

В. В. ОВЧИННИКОВ

ДӨНЕКЕРЛЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ТҮРЛЕРІ

*«Білімді дамытудың федералды институты»
Федералды мемлекеттік мекемесі
тарапынан бастапқы кәсіптік білім бағдарламаларын
жүзеге асыратын білім беру мекемелеріндегі
оқу үрдісінде қолдану үшін
оқу құралы ретінде
Ұсынылған.*

Пікірді тіркеу нөмірі №186 28 сәуір, 2009 жыл

4-басылым, стереотипті



**Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2014**

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТКББ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру бойынша қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті аппарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dckg.kz

Рецензенттер:

Мәскеу қаласының «№ 26 Құрылыс колледжі» орта кәсіптік білім беру мемлекеттік мекемесінің жоғары санатты оқытушысы Л. М. Карпухина;

«Республикалық политехникалық колледж» Білім министрлігінің орта кәсіптік білім беру мемлекеттік мекемесінің жоғары санатты оқытушысы Г. Н. Сидоренко

Овчинников В. В.

О-355 Дәнекерлеудің заманауи түрлері: орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы / В. В. Овчинников. — 4- басылым, стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2014. — 208 б.

ISBN 978-601-333-027-3(каз.) ISBN 978-5-4468-1433-6(рус.)

Қатты қалпында дәнекерлеу және балқыта дәнекерлеудің физикалық және техникалық негіздері, дәстүрлі және арнайы тәсілдерін қолдану салалары мен қолданылу келешектері қарастырылған. Бірқатар конструкциялық материалдарды дәнекерлеудің негізгі технологиялық параметрлері мен түзімдері келтірілген. Типтік дәнекерлеу конструкцияларын дайындаудың технологиялық сызбалары берілген.

Бұл оқу құралын «Дәнекерлеуші» мамандығы бойынша «Кез келген кеңістіктегі жағдайда әр түрлі болаттардан, түрлі-түсті металдар мен олардың балқымаларынан, шойыннан жасалған тетіктер мен бөлшектерді дәнекерлеу және кесу» (МДК.02) ПМ.02 кәсіби модулін меңгеру барысында қолдануға болады.

Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.791(075.32)

КБЖ 30.61я722

© Овчинников В. В., 2011

© «Академия» оқыту-баспа орталығы 2011

ISBN 978-601-333-027-3(каз.) © Көркемдеу. «Академия» баспа орталығы, 2011

ISBN 978-5-4468-1433-6(рус.)

Дәнекерлеу — заманауи өнеркәсіптің жетекші технологиялық үрдістерінің бірі. Өлемдегі болат прокатының үштен екісіне жуығы дәнекерленген конструкциялардың өндірісіне жұмсалады. Қазіргі таңда дәнекерлеудің озық тәсілдерін ойлап шығаруда, жоғары үнемділіктегі дәнекерлеу конструкцияларын жасауда, көптеген арнайы болаттардың, түрлі-түсті металдар мен олардың балқымаларының және басқа да материалдардың дәнекерленуін игеруде айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді.

Дәнекерлеу жұмыстарының жалпы көлемінің басым бөлігі дәстүрлі дәнекерлеу (балқыту арқылы) тәсілдері болып табылатын электр-доғалық (жұмыстың жалпы көлемінің 70 ... 80 %-ы), түйіспелі және газбен дәнекерлеуге тиесілі.

Өзара жалғанатын дайындамаларды балқытумен қатар жүретін дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдері өнеркәсіптің машина жасау, электр-техникалық, электрондық және басқа да салаларында жаңа өте төзімді, коррозияға қарсы, магнитті және басқа да арнайы материалдардан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуге әрдайым мүмкіндік бере бермейді. Бұл металдың балқытылуы, қайта кристалдандану үрдісінің дамуы мен дәнекерлеудің термиялық циклімен шартталған фазалық өзгерістері мұндай материалдардың құрылымының қайтымсыз өзгерістеріне және өз қасиеттерін жоғалтуына әкеп соғатынымен түсіндіріледі.

Балқыта дәнекерлеудің көмегімен әртектес материалдарды жалғау барысында туындайтын елеулі қиындықтар химиялық әртектіліктің дамуына, әлсіз интерметалидті фазалардың пайда болуына алып келетін ортақ араласу үрдістерін шектеудің мүмкін еместігімен байланысты.

Соңғы жылдарда жасап шығарылған қызуға төзімді материалдарды (күю материалдары, никель материалдары, дисперсті-нығайтылған материалдар, құрамдас материалдар) іс жүзінде балқыта дәнекерлеуге келмейді.

Дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдері ұшу аппараттарының салмағын азайту, олардың тораптарының сууы немесе қыздыру, шудың деңгейін азайту және т.б. үшін қажетті үлкен көлемді, қабырғалары жұқа, көп қабатты конструкцияларды жасап шығаруға мүмкіндік береді.

Дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерімен қатар арнайы тәсілдері де сәтті қолданылып, дамып келе жатыр. Бұл атау айтарлықтай дәрежеде

шартты болып табылады және ең бастысы, олардың сирек қолданылуымен байланысты, ал бірқатар жағдайларда қондырғылардың қымбат құнына және жүзеге асырудың техникалық күрделілігіне байланысты. Қолданылу аясының салыстырмалы түрде шағын болғанына қарамастан, өнеркәсіптің әр түрлі салаларының (аэроғарыш, машинажасау, радиоэлектроника, металлургия салаларының) дамуындағы дәнекерлеудің арнайы тәсілдерінің мәнін асыра бағалау қиынға соғады.

Техниканың заманауи жай-күйі сирек металдарға, балқымаларға және бейметал материалдарға деген ұсыныстың артуымен сипатталады. Перспективалық конструкцияларда жоғары деңгейлі қызуға төзімділікке, қызуға беріктікке, коррозияға төзімділікке және кейбір ерекше қасиеттерге ие металдар кеңінен қолданылып келеді. Авиациялық және ғарыштық техниканың ары қарай дамуы меншікті беріктігі жоғары ұзындығы жағынан ұзын және қалыңдығы жағынан жұқа болып келетін жоғары дәлдікті жұқа қабырғалы қатпарлы конструкцияларды жасап шығарумен байланысты.

Дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерін жетілдіру әрдайым қажетті қасиеттерге ие конструкцияларды алуды қамтамасыз ете алмайды, кей жағдайларда олар жарамсыз немесе тиімсіз болып қалады. Мұндай жағдайларда дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерін қолдану ұтымдырақ. Мәселен, биметалдарды алу барысында металл табақтарды бүкіл ауданы бойына жалғау жұқарта дәнекерлеудің көмегімен орындалады; электронды өнеркәсіпте ұсақ бөлшектерді жалғауды лазерлік немесе ультрадыбыстық дәнекерлеу арқылы орындаған жөн; қалған пішіннің бұзылуын қатаң шектеу барысында беріктігі жоғары балқымалардан жасалған жауапты күш бөлшектерін жалғау барысында, әдеттегідей, электронды-сәулелік дәнекерлеуді таңдайды.

Агрессивтік ортада кең ауқымды температураларда жұмыс істейтін жаңа конструкциялық материалдардан жасалатын үнемді, берік және төзімді дәнекерлі конструкцияларды жасап шығару жақын келешектің маңызды ғылыми-техникалық міндеті түрінде көрініс табады. Бұл міндетті шешу дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерін дамыту және жетілдірумен, арнайы тәсілдерін жасап шығару және ендірумен тікелей байланысты.

БАЛҚЫТА ДӘНЕКЕРЛЕУДІҢ ДӘСТҮРЛІ ТӘСІЛДЕРІ

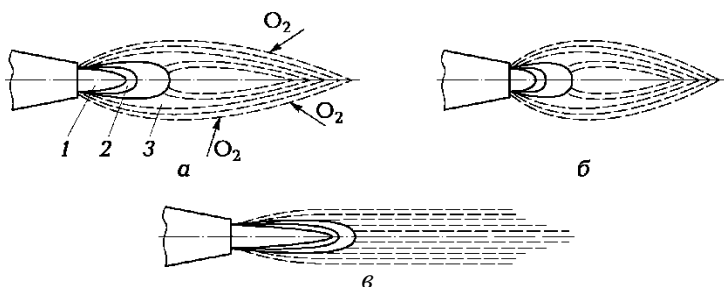
1.1. ГАЗЖАЛЫНМЕН ДӘНЕКЕРЛЕУ

Тәсілдің ерекшелігі. Газжалынмен дәнекерлеу балқыта дәнекерлеу тәсілдері тобына жатады. Газжалынмен дәнекерлеудің елеулі айырмашылығы – металдың бірқалыпты және баяу қызуы – кей жағдайларда тәсілдің кемшілігі болса, кей жағдайда оның артықшылығы болып табылады. Осы ерекшелігінің өзі-ақ оның негізгі қолданыс аясын анықтайды: шағын қалыңдықтағы болаттарды (0,2 ... 5 мм), түрлі-түсті металдарды, шойынды, арнайы және аспаптық болаттарды дәнекерлеу, балқыма жұмыстары.

Жөндеу жұмыстарының көптеген түрлерін орындауда қажетті жабдықтардың әмбебаптығының, салыстырмалы түрде қарапайымдылығының және ықшамдылығының арқасында газжалынмен дәнекерлеуді қолданған абзал. Сонымен қатар, металды газ жалынымен салыстырмалы түрде баяу қыздыру металдың қалыңдығы артқан сайын дәнекерлеудің өнімділігін төмендетеді, ал қалыңдығы 8 ... 10 мм-ден асқан жағдайда, әдетте, газбен дәнекерлеу экономикалық тұрғыдан тиімсіз болып табылады. Баяу қыздырған кезде дәнекерлеу науасына жапсарлас негізгі металдың үлкен көлемі қызады, бұл дәнекерленетін бөлшектердің бүрісуін, қыртыстануын туғызады.

Дәнекерлеу жалынының түзілуі. Жану – қатты, сұйық немесе газ тәріздес жанғыш заттың оттегімен немесе ауамен қосылысының реакциясы. Газды дәнекерлеу үшін жанғыш газдардың жану үрдісі маңыздырақ болып табылады. Жанғыш газдың жану үрдісі сол жану үрдісі жүріп жатқан шарттарға тәуелді белгілі бір температурада тұтануынан басталады. Егер жану кезінде бөлінетін жылу жанғыш қоспаның жаңа мөлшерлерінің жануын сүйемелдеу үшін және қоршаған ортаның жоғалтқан жылуының орнын толтыру үшін жеткілікті болса, газдың сыртқы көздердің көмегімен ары қарай да қызуына қажеттілік болмайды.

Ацетиленнің жану үрдісінің өтуіне қарай дәнекерлік ацетиленді оттегі жалынының белгілі бір пішіні болады (1.1-сурет).



1.1-сурет. Қалыпты (а), мол оттегіге ие тотықтырғыш (б) және мол ацетиленге ие көміртектендіргіш (в) дәнекерлеу жалынының пішіні мен құрылымы: 1 — өзек; 2 — ортаңғы аймақ; 3 — факел (сыртқы аймақ)

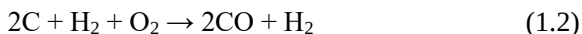
Жалын өзегінің ішкі бөлігінде мүштіктен келіп тұратын газ қоспасының тұтану температурасына дейін біртіндеп қызуы жүзеге асады. Жалынның өзегінде келесі реакция бойынша ацетиленнің термиялық ыдырауы жүзеге асады:



Ацетиленнің ыдырауы өзекте шілтерге берілетін оттегінің болуының есебінен жылдам жүзеге асады.

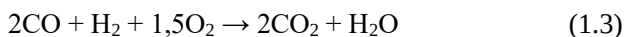
Түзілген көміртегі жалын өзегінің сәулеленуін туындата отырып, оны жұқа қызған қабатымен қоршайтын ұсақ қатты бөлшектер болып табылады. Температурасы шамамен 1 500 °С болатын өзектің қабыршағы дәнекерлеу жалынының ең жарық бөлігі болып табылады. Өзектің сыртқы түрі бойынша көзбен шолу арқылы жалынның құрамы мен шілтердің дұрыстығын анықтайды.

Жалынның ортаңғы аумағында қоспаның құрамында оттегінің болуына байланысты төмендегі реакция бойынша көміртегінің жартылай тотығуы жүзеге асады:



Осы кезде бөлінетін жылу қоспаның қызуына және онда тотығу үрдісінің өтуінің жеделдеуіне ықпал етеді. 1.2-суреттен байқалып тұрғанындай, жалынның ортаңғы аумағы ең жоғарғы температурамен сипатталады.

Жалынның факелінде (сыртқы аумағында) көміртегі және сутегі оксидінің ауадан келіп түсетін оттегімен өзара әрекеттесуі барысында келесі реакция бойынша олардың жанып бітуі жүзеге асады:



Сонымен қатар, көп мөлшерде жылу бөлінеді. Алайда, факел аумағы көлемінің үлкен болғандығынан, ондағы температура ортаңғы аймақтағыдан төмен болады.

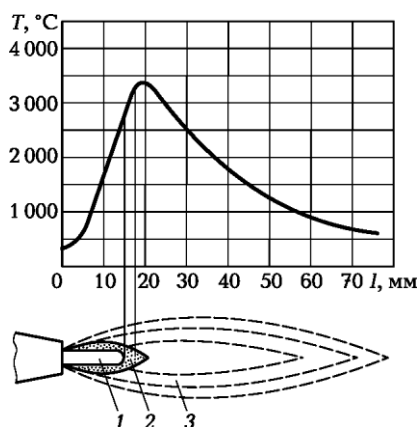
Қалыпты жалынның түзілуі (1.1 а-суретті қараңыз) және ацетиленнің толығымен жанып кетуі үшін оның әрбір мөлшеріне шілтерге соншалықты мөлшерде оттегі беру керек, яғни, қатынасы $\beta = V_{\kappa}/V_a = 1,1 \dots 1,3$ болуы тиіс. $\beta > 1,3$ болғанда, металды

тотықтандыратын артық мөлшерде оттегісі бар тотықтандырғыш жалын пайда болады. Бұл жағдайда жалынның өзегі қысқарады, үшкірлене бастайды, кескіндері онша айқын емес (1.1 б-суретті қараңыз), солғындау тартады да, көкшіл

реңкке ие болады. Келіп түсетін оттегінің (артық ацетилен болған кезде) мөлшері азайған жағдайда көміртектендіргіш жалын түзіледі (1.1 в-суретті қараңыз). Сондай-ақ ортаңғы аймақтың көлемі ұлғаяды, өзек көмескі тарта бастайды, ал оның ар жағынан жасылдау түсті «ацетиленді қауырсын» пайда болады. Ацетилен елеулі дәрежеде артық болған кезде көміртегінің бөлшектері сыртқы аймақта да пайда болады да, жалын түтей бастайды, ұзарады және қызғыш реңкке боялады. Құрамында көмірсутегі бар ацетиленді алмастырғыштардың – газ жалындарының құрылымының ацетиленді оттегі жалынының құрылымынан аса қатты айырмашылығы жоқ, бірақ жарық өзегінің айқындылығы төмендеу болады, бұл жалынның құрамын сыртқы түріне қарап реттеуді қиынға соқтырады.

Дәнекерлеу қосылысының түзілуі. Шілтердің жалынның әсерінен қызуы кезінде жалғанатын бөлшектердегі металдың жергілікті балқуы орын алады. Жиіктердің балқыған металы қондырылатын металмен бірге қатты металмен белгіленетін шекараларда орналасқан дәнекерлеу науасын құрайды. Балқыған метал бөлшектердің ернеулерін дымқылдандырады, олардың бетін жауып тұрған үлдірді жояды және атомаралық өзара әрекеттесу күшінің пайда болу ықтималдығын туғызады.

Дәнекерлеу үрдісінде газ жалыны жалғанатын бөлшектердің



1.2-сурет. Ацетиленді оттегі жалыны осі бойынша T температурасының таралуы:

1 — ядро; 2 — ортаңғы аймақ; 3 — факел (сыртқы аймақ); l — жалынның ұзындығы

ернеулері бойымен жылжиды. Олармен бірге дәнекерлеу науасы да жылжып отырады. Дәнекерлеу науасының ретті сууы мен металының қатуы нәтижесінде дәнекерлеу қосылысы пайда болады.

Жалғанатын бөлшектердің көлемімен салыстырғанда дәнекерлеу науасының көлемі кіші болып табылады, сондықтан, жылудың қарқынды түрде бөлінуі орын алады. Дәнекерлеу науасының металын сұйық калпында сақтап тұру үшін және дәнекерлеу үрдісінің қалыпты жағдайда өтуі үшін жоғары температура мен қыздыру көзінің жоғары жылу қуаттылығы қажет.

Қолданылатын материалдар. Газжалынмен дәнекерлеу кезінде оттегі, жанғыш газдар, қоспасым және флюстер қолданылады.

Оттегі — кеңінен тараған элемент — газға айналған күйінде мөлдір, түссіз, иіссіз және дәмі жоқ, жанбайды, бірақ, жану үрдісіне белсенді атсалысады.

Жанғыш газдар және булар оттегімен бірге тұтану кезінде кеңжарылғыштық шегіне ие жарылғыш қоспалар түзеді. Мұндай қоспалардағы жарылғыш толқынның таралуы 3 000 м/с және одан да жоғары жылдамдықпен жүреді.

Өлемдегі оттегіні өнеркәсіптік жолмен алудың негізгі тәсілі – оны жақсылап суыту мен ауаны тазарту тәсілі арқылы атмосфералық ауадан бөліп алу. Газбен дәнекерлеу үшін түрлі жанғыш газдар қолданылады, олардың техникалық оттегімен жануы кезінде газ жалынының температурасы 2 000 °С-дан асады. Олар (сүтегіден басқалары) химиялық құрамы жөнінен көміртегі қосылыстары немесе әр түрлі көміртегілердің қоспасы болып табылады.

Көбінде газжалынмен дәнекерлеу үшін ацетилен қолданылады, оның жануы барысында оттегіде басқа жанғыш газдардың жануы кезіндегіге қарағанда жоғарырақ температурадағы жалын пайда болады.

Ацетилен қанықпаған қатардың көмірсүтегі болып табылады. Оның химиялық формуласы C_2H_2 , құрылымдық формуласы $H - C \equiv C - H$. атмосфералық қысым кезінде және қалыпты температурада ацетилен — түссіз газ болып табылады. Техникалық ацетиленнің құрамында қосындылардың болуы салдарынан өзіндік өткір иісі болады.

Температурасы 20 °С және қысымы 0,1 МПа болған кезде ацетиленнің тығыздығы $\rho = 1,09 \text{ кг/м}^3$. Атмосфералық қысымы 1 атм және температурасы -82,4 ... -83,6 °С болғанда ацетилен сұйылады, ал температура -85 °С және одан төмен болған кезде, кристалдар түзе отырып, қатты күйге өтеді. Сұйық және қатты ацетилен үйкелістен, механикалық немесе гидравликалық соққыдан және детонатордың әрекеттінен оңай жарылады. Ацетиленді алудың негізгі тәсілі кальций карбидін қайта өңдеу болып табылады, бұл – айтарлықтай ауыр, қымбат әрі энергия шығынды тәсіл. Соңғы жылдары ацетиленді

алудың үнемдірек және жоғары өнімділікті тәсілдері ойлап шығарылып, өнеркәсіпке тез ендірілуде, яғни, табиғи газдан оттегімен қосындыда метан пиролизімен және сұйық жанғыш заттардың (мұнайдың, керосиннің) доғалық разрядтың әсерінен ыдырауымен алынады. Ацетиленді табиғи газдан алу оны кальций карбидінен алумен салыстырғанда 30 ... 40 %-ға арзанырақ болады. Дәнекерлеу мен кесу кезінде қолданылатын пиролизді ацетиленнің қасиеттері жөнінен кальций карбидінен алынатын ацетиленнен айырмашылығы жоқ.

Қысымдағы ацетиленді сақтау және тасымалдау үшін ацетонмен қанықтырылған арнайы кеуекті масса толтырылған баллондар қолданылады. Ацетон ацетилен үшін жақсы еріткіш бола отырып, баллонға құйылатын ацетиленнің көлемін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді және оның жарылғыш қауіптілігін азайтады.

Кей кездерде ацетилен басқа жанғыш газдармен алмастырылады.

Алмастырғыш газдарды қыздыратын жалынның жоғары температурада болуы талап етілмейтін жағдайларда қолданған жөн: тез балқитын металдарды (алюминий, магний мен олардың қорытпалары, қорғасын) дәнекерлеу, жоғары температуралы және төмен температуралы жапсыра дәнекерлеу, беттік шыңдау, жұқа болатты дәнекерлеу, оттегілік бөлгіш және беттік кесу кезінде қолданған дұрыс.

Ацетиленді алмастырғыштың коэффициенті дегеніміз – қыздырылатын металға бірдей жылулық әсер ету кезінде V_3 алмастырғыш газ шығынының V_a ацетилен шығынына қатынасы: $\psi = V_3/V_a$. Тәжірибе жүзінде қолданылатын ацетиленнің басқа жанғыш газдармен алмастырылуындағы коэффициенттер мәндері 1.1-кестеде берілген.

Сутегі қалыпты жағдайларда – ең жеңіл газдардың бірі (ауадан 14,5 есе жеңіл), түссіз және иіссіз газ. Сутегі оттегі және сутегімен қосылған кезде орасан күшке ие жарылғыш қосынды болып табылатын шатырлауық газ түзеді.

Метан — түссіз және иіссіз газ, ауадағы шоғырлану дәрежесі 5 ... 15 % болғанда жарылғыш қауіпті – көптеген табиғи жанғыш газдардың

1.1-кесте. Ацетиленнің басқа жанғыш газдармен алмастырылуындағы коэффициенттер мәндері

Болатты кесу	Сутегі	Метан	Техникалық пропан	Кокс газы	Тақтатас газы	Мұнай газы
Бөлгіш	5,2	1,6 ... 1,8	0,6	3,2 ... 4,0	4,0	1,2
Беттік	—	4,0	1,0 ... 1,2	5,0	6,0 ... 8,0	1,8... 2,4

басты құрамдас бөлігі болып табылады және мұнай мен тас көмір өндірісі мен қайта өңделуі кезінде көптеген мөлшерде бөлініп шығады. *Пропан* — мұнай өнімдерін қайта өңдеу кезінде алынатын өткір иісті түссіз газ. Бутанды да дәл осындай тәсілмен алады, бутан - 0 °C температурада сұйылатын түссіз және иіссіз газ, ауадағы шоғырлануы 1,5 ... 8,5 % болғанда жарылғыш қауіпті болып табылады. Дәнекерлеу үшін көбінде мұнайды қайта өңдеудің жанама өнімі ретінде алынатын техникалық пропан (пропан мен бутанның қосындысы) қолданылады. Пропан, бутан немесе олардың қосындысы дәнекерлеу орнына болат баллондарда, сұйық күйінде, 1,6 МПа қысымда беріледі.

Кокс газын тас көмірді кокстау үрдісі кезінде алады. Кокс газының орташа құрамы: 50 ... 59 % H_2 ; 25 ... 30 % CH_4 ; 1,8 ... 3,0 % C_2H_4 және басқа да шектелмеген көмірсутектер; 5 ... 7 % CO ; 6 ... 13 % N_2 және CO_2 ; 0,5 ... 0,8 % O_2 .

Тақтатас газын жанғыш тақтатастарды газдандыру кезінде алады.

Кокс және тақтатас газдарының оттегімен қосындысындағы жалынның температурасы 2 000 °C-ты құрайды.

Кокс және тақтатас газдары газжалынмен дәнекерлеу бекеттеріне құбыр жүйесі арқылы беріледі және тез балқитын металдарды дәнекерлеуде, пісіруде, бөлгіш және беттік оттегілік пен оттегілі-флюстік кесу кезінде қолданылады.

Мұнай газы дегеніміз — мұнай, мұнай өнімдері мен мазуттың 720 ... 740 °C температурадағы реторталарындағы газ тәріздес өнімдердің термиялық ыдырауының қосындысы. Газдың шығуы — 1 кг мұнайға 0,35 ... 0,4 м³. Құрамы мұнайдың құрамына және оның қайта өңделу түзіміне тәуелді. Баллондарға құйылу кезінде газ жартылай сұйық күйде болады. Газды іріктеу кезінде оның құрамы, ең алдымен, ұшпа құрамдастардың булануының салдарынан өзгереді. Бұл газдардың жалын температурасы 2 297 °C-ты құрайды.

Сұйық жанармай (бензин және керосин) да кей кездері ацетиленнің орнына қолданылады. Ол жанғыш газдарға қарағанда қол жетімдірек, арзанырақ және қауіпсіздеу. Сұйық жанармай арнайы жалынмен қыздыру кезінде шілтердің өзінде буға айналады да, бұл шілтерлердің құрылымын күрделендіреді. Дәнекерлеу үшін октандық саны төмендеу бензинді, мәселен, А-66 бензинін қолданған дұрыс. Механикалық бөлшектерден, шайырлы заттардан және судан тазарту үшін киіз бен күйдіргіш натрийдің шақпақтары ($NaOH$) арқылы алдын-ала сүзіп тазартылған, жарықтандыратын керосин қолданылады.

Газжалынмен дәнекерлеу үшін қолданылатын *қоспасым* да, доғалық дәнекерлеудің барлық түрлеріндегідей қолданылады (МЕМСТ 2246—70 сәйкес): диаметрі 0,3 ... 12 мм болатын 6 марка төмен көміртексті, 30 марка қосындыланған, 41 марка көпқоспалы суық тартылған болат сым. Сым міндетті таңбалануымен салмағы 80 кг-дан

аспайтын орам түрінде жеткізіледі. Болат сымның таңбалануы оның диаметрінің сандық белгіленуінен, құрамындағы көміртегінің сандық белгіленуінен (пайыздық үлес бойынша), «Св» (дәнекерлеуге арналған) әріптерінен, қоспалауыш элементтердің әріптік белгіленулерінен (болаттарды таңбалау кезіндегі сияқты: «Б» — ниобий, «В» — вольфрам, «Г» — марганец, «Д» — мыс, «Н» — никель, «С» — кремний, «Ф» — ванадий, «Х» — хром, «Ц» — цирконий, «Ю» — алюминий) және олардың пайыздық құрамының сандық белгіленуінен (сандардың болмауы сол элементтің 1 %-дан кем екенін білдіреді) тұруы тиіс. Таңбаланудың соңындағы «А» әрпі құрамындағы күкірт пен фосфор бойынша сымның металының тап-таза екендігін білдіреді, ал «АА» — тазалау деңгейінің жоғары екендігін көрсетеді; бұл әріптерден кейінгі «О» сымның мысқа айналдырылғанын білдіреді.

Шойынды дәнекерлеу үшін мақсатына сәйкес таңбаланатын шойын шыбықшалар қолданылады: «А» — бұйымды жалпы қыздыру арқылы газбен дәнекерлеу үшін (ыстық дәнекерлеу), «Б» — жергілікті қыздыру арқылы газбен дәнекерлеу үшін, «Н4-1» және «Н4-2» — қабырғасы қалың құймаларды төмен температурада газбен дәнекерлеу үшін, «Б4» және «Х4» — тозуға төзімді балқыма қаптау үшін.

Алюминийді, мысты және жезді дәнекерлеу үшін дәнекерленетін материалдың құрамына сәйкес келетін сымдар немесе табақтан кесілген тілкемдер қолданылады. Жезді дәнекерлеу кезінде, ең дұрысы, мырыштың булануына кедергі болатын және дәнекерлеу науасын сұйылта отырып, газ жалынының балқыту қабілетін арттыратын кремний мен қалайы қосылған арнайы қоспасымдарды қолданған жөн. Мыс қоспаларды дәнекерлеу кезінде дәнекерлеу сымына борды енгізу оны өз-өзінен қождама бөлгіш етеді. Түзілетін бор ангидриді (B_2O_3) мыс пен мырыш оксидтерін (CuO және ZnO) қожға ауысатын борқышқылды тұзбен байланыстырады, бұл флюстерсіз дәнекерлеуге мүмкіндік береді.

Газжалынмен дәнекерлеу үшін кез-келген қоспа материал мына жалпы талаптарға жауап бере алуы тиіс: балқыту температурасы негізгі металдың балқу температурасынан аспауы тиіс; беті тегіс әрі таза болуы қажет (қақсыз, тотсыз және басқа да ластануларсыз); жай, шашырамай балқу қасиеті болуы шарт және негізгі металдың құрамы мен қасиеттеріне жақын болып келетін жік металының химиялық құрамы мен механикалық қасиеттерін қамтамасыз ете білуі керек; зиянды қоспалар құрамының аз болуы шарт.

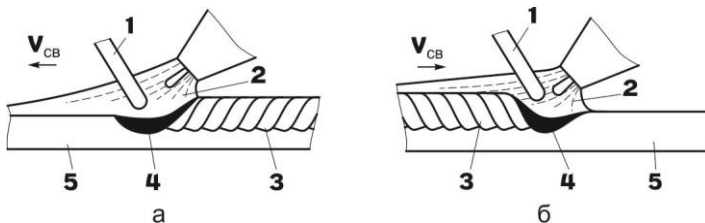
Флюстер газжалынды дәнекерлеу кезінде дәнекерленетін металды тотығудан қорғау үшін және дәнекерлеу жігінің қасиеттеріне кері әсерін тигізетін оксидтер мен басқа да химиялық заттарды дәнекерлеу науасы металынан жою үшін, дәнекерленетін металдың бетіндегі оксидтерді ыдыратуы үшін қолданылады. Флюстер дәнекерленетін

жиектерге дәнекерлеу үрдісі кезінде немесе алдын-ала берілетін ұнтақтар немесе пасталар түрінде қолданылады.

Дәнекерлеу флюстеріне бірқатар технологиялық және металлургиялық талаптар қойылады: қождың жік металында қалып қоймай, дәнекерлеу науасының бетіне шығуы үшін тығыздығы негізгі және қоспа материалдың тығыздығынан төмен болуы қажет; тез балқушылығы негізгі әрі қоспа металдың тез балқушылығынан жоғары болуы керек; металдың қызған бетінде жақсы жайылу қабілеттілігі және жоғары дәрежеде сұйық аққыштығы болуы шарт; жоғары реакциялық қабілеті мен оксидтерді белсенді түрде қышқылдандыру мүмкіндігі, оларды тез балқығыш қосындыларға өзгерту немесе оксидтерді жою үрдісі дәнекерлеу науасы қатқанға дейін аяқталатындай етіп еріту мүмкіндігіне ие болуы керек; дәнекерлеу кезінде түзілетін қождың металды тотығудан және қоршаған атмосфераның газдарымен өзара әсерлесуінен жақсылап қорғау, сонымен қатар суығаннан кейін металдан оңай бөліну қасиеті болуы шарт. Сондай-ақ, флюс дәнекерлеу үрдісі барысында улы газдар бөлмеуі және дәнекерлеу қосылысының коррозиясына жол бермеуі қажет. Флюстің қасиеттері газ жалынының жоғары температурасының әсерінен өзгермеуі тиіс. Флюс қымбат әрі тапшы болмауы керек.

Дәнекерлеу технологиясы. Қолмен газжалынды дәнекерлеу екі тәсілмен: оң және сол тәсілдер арқылы жүзеге асырылады (1.3-сурет).

Сол тәсіл арқылы дәнекерлеу оңнан солға қарай жүргізіледі, дәнекерлеу жалыны бөлшектердің әлі дәнекерленбеген жиектеріне бағытталады, қоспасым жалынның алдында жүріп отырады. Бұл тәсіл жұқа әрі тез балқитын металдарды дәнекерлеу кезінде қолданылады. Бөлшектердің жиектері балқыту алдында қыздырылады: осылайша оларды қорыту оңайырақ болады, дәнекерлеуші дәнекерленетін түйісу орны пен науаны жақсы көріп отыратындықтан, жіктің сыртқы пішіні жақсы болып шығады.



1.3-сурет. Сол (а) және оң (б) тәсілдер арқылы газжалынмен дәнекерлеу сызбасы: 1 — қоспасым; 2 — газ жалыны; 3 — дәнекерлеу жігі; 4 — дәнекерлеу науасы; 5 — дәнекерленетін түйісу жері; V_{CB} — дәнекерлеу бағыты

Оң тәсіл арқылы дәнекерлеу солдан оңға қарай жүргізіледі, жалын дәнекерленіп қойған жікке бағытталады, қоспасым шілтердің соңынан жүріп отырады. Бұл тәсіл дәнекерлеу науасының оттегіден және ауа азотынан қорғалуынан жақсырақ қамтамасыз етеді (өйткені, науаның құйрық бөлігі мен кристалданатын метал жалынның қалыпқа келтіруші аумағымен жабылады), кристалдану кезіндегі металдың баяу сууы сол тәсіл кезіндегіден азырақ болады, сонымен бірге жалын жылуының таралуын қамтамасыз етеді. Нәтижесінде дәнекерлеу жігінің сапасы артады.

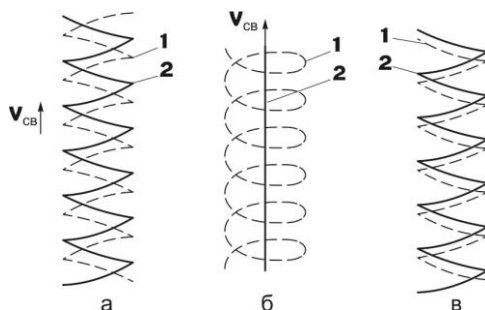
Қалың жиектерді өңделу бұрышы 90, а 60 ... 70°-тан кем болмауы мүмкін. Соның есебінен балқытылатын металдың мөлшері мен бөлшектердің шалыстығы кемиді, сондай-ақ, дәнекерлеудің өнімділігі 20 ... 25 %-ға артады. Оң тәсілмен дәнекерлеу кезіндегі газдардың шығыны сол тәсілмен дәнекерлеуге қарағанда 15 ... 20 %-ға кем.

Оң тәсіл жиектерінің қалыңдығы 5 мм-ден асатын бөлшектерді дәнекерлеу кезінде және жылу өткізгіштігі жоғары металдарды дәнекерлеу кезінде қолданылады. Жиектерінің қалыңдығы 3 мм-ден кем болатын бөлшектерді дәнекерлеу кезінде сол тәсілді қолданған тиімдірек.

Қалыңдығы 5 мм-ден асатын бөлшектерді оң тәсілмен дәнекерлеу үшін арнайы тәсіл қолданылады — *жоғары қуаттылықтағы жалынмен дәнекерлеу тәсілі*. Бұл кезде әдеттегіге қарағанда қуаттылығы екі есе артық шілтер ұштығы қолданылады және ацетилені 7 ... 10 %-ға артық болатын көміртектендіргіш жалын орнатылады. Жиектер балку температурасына дейін қыздырылады, сонымен бірге олардың беткі қабаты көміртегімен байытылады да, нәтижесінде оның балку температурасы 1 200 °С-қа дейін төмендейді. Жиектер ери («терлей») бастаған кезде түйіскен жердің аумағына балку температурасына дейін қыздырылған қоспасым енгізіледі. Сұйық қоспа материалы жиектердің көміртектендірілген беткі қабатын ерітіп, дәнекерлеу қысондысын түзеді. Жиектер металдың әлсіз көміртектендірілген қабатын түзілуінің алдын алу үшін азғана тереңдікте ерітіледі. Сипатталған бұл тәсіл дәнекерлеудің жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді, бірақ, дәнекерлеушінің біліктілігінің жоғары болуын талап етеді.

Газжалынмен дәнекерлеу кезінде жіктің қалыптасуы үшін шілтер мүштігі мен қоспасым ұшының қозғалыс траекториясы үлкен маңызға ие (1.4-сурет). Бұл траекториялар көлденең ирең пішінді немесе шиыршық тәріздес болуы мүмкін, сымның ұшы мен мүштік бірдей немесе әр түрлі қозғалуы мүмкін. Бірақ, кез-келген жағдайда бұл қозғалыстардың сипаты дәнекерленетін жиектердің біркелкі еруін және науа металының араласуын қамтамасыз етуі тиіс. Сымның ұшы мен шілтер мүштігінің қозғалыс сипатын таңдау жіктің қалыптасу сипатын анықтайды.

Газжалынмен дәнекерлеу түзімі параметрлеріне жалынның қуаттылығы, оның құрамы, қоспасымның диаметрі, оның шығыны жатады. Дәнекерлеу түзімін таңдау металдың жылуфизикалық қасиеттеріне, дәнекерленетін бөлшектердің өлшемдері мен пішіндеріне, дәнекерлеу тәсіліне және дәнекерлеу жігінің кеңістіктегі күйіне байланысты.



1.4-сурет дәнекерлеу кезінде жіктің қалыптасуы үшін шілтер мүштігі мен қоспасым ұшының қозғалыс траекториясы:

a — сол жақ дәнекерлеу кезінде иректелген тәсілі; *б* — сымның спиралді қозғылысы және түзу сызықты — оң жақ дәнекерлеу кезінде шілтер; *в* — иректел бөлгенде оң жақ дәнекерлеу кезінде жиегінің қалыңдығы 8-мм ден артық болады; 1 — қоспасым ұшының қозғалыс траекториясы; 2 — шілтер мүштігі қозғалыс траекториясы

Жалынның M қуаттылығы, л/ч, s дәнекерленетін жиектің мм қалыңдығына пропорционал:

$$M = k_n s, \quad (1.4)$$

мұндағы k_n — пропорционалдылық коэффициенті — қалыңдығы 1 мм болатын нақты металды дәнекерлеу үшін қажетті ацетиленнің меншікті шығыны. k_n коэффициенті тәжірибелік жолмен белгіленген: көміртекті болат, шойын мен жез үшін — 100 ... 130 л/(ч • мм), қосындыланған болат пен алюминий қосындылары үшін — 75 л/(ч • мм), мыс үшін — 150 ... 200 л/(ч • мм).

Шілтер ұштығын таңдау жалынның қуаттылығына тәуелді.

Жалынның құрамы оттегі шығынының жанғыш газ шығынынан қатынасы бойынша анықталады және көз мөлшермен — жалынның сыртқы пішіні бойынша орнатылады.

Болаттарды дәнекерлеу үшін қоспасымның диаметрі d дәнекерленетін жиектердің s қалыңдығына қарай анықталады: дәнекерлеудің сол тәсілі үшін $d = (s+1)/2$, оң тәсілі үшін — $d = s/2$. Жіктің бір кума метрін дәнекерлеу үшін қажетті қоспа металдың массасы m жиектредің қалыңдығының

квадратына пропорционал:

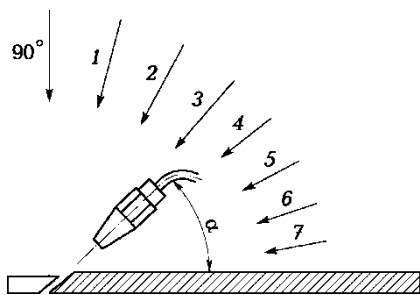
$$m = k_n s^2. \quad (1.5)$$

Қалыңдығы 5 мм-ге дейінгі жиектерді дәнекерлеу кезіндегі k_n коэффициенті келесі түрде қабылданады: болаттар үшін 12, мыс үшін 18, жез үшін 16, для алюминий үшін 6,5. Егер жиектердің қалыңдығы 5 мм-ден артық болса, онда k_n -нің бұл мәндері 20 ... 25 %-ға азаяды.

Шілтер мүштігінен шығатын газ қоспасы дәнекерлеу науасына механикалық қысым көрсетеді және металды науаның шеттеріне қарай ығыстыра отырып және оны құйрық бөлігіне лақтыра отырып, жіктің пішініне әсер етеді. Жалынның қуаттылығы жоғары болғанда мүштіктен өтетін газдың жылдамдығы жоғары, ал жалын «қатаң» болады. Өте «қатаң» жалын металдың науадан үрленуіне, жіктің әлсіреуіне және тілікшелердің пайда болуына әкеп соқтыруы мүмкін. Өте «оқұмсақ» жалын кері тепкілерге себеп болуы мүмкін.

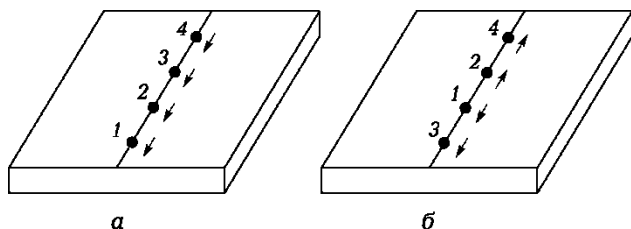
Газдың өту жылдамдығынан бөлек, жалынның науаға қысымы шілтер мүштігінің дәнекерленетін жиектердің бетіне қарай көлбеулігінің α бұрышына да тәуелді. Бұл бұрыш дәнекерленетін бөлшектің қалыңдығына қарай тағдалады (1.5-сурет). α бұрышы неғұрлым үлкен болса, қысым да соғұрлым көбірек болады да, жиектер де соғұрлым тез қызады. Сондықтан, жұқа табактарды дәнекерлеуді шілтер көлбеулігінің аз бұрышынан, ал қалың табактарды көп бұрышынан жүзеге асыру қажет. Қоспасымының көлбеулігі, әдетте, бөлшек бетіне қарай 30 ... 40°-ды құрайды.

Дәнекерлеу кезінде сымның ұшын оттан шығармау керек – бұл металдың тотығуын арттырады. Шілтердің жалынын бөлшектердің түйіскен жеріне дәнекерленетін жиектердің жалынның қалыпқа келтіруші аумағында орналасатындай етіп бағыттау қажет. Жалынның өзегі металға тимеуі керек – бұл жіктің көміртектенуін туғызады және



Позиция №	Дәнекерленетін табактардың қалыңдығы, мм	Бұрыш $\alpha, \dots^\circ$
1	15 және одан жоғары	80
2	10..15	70
3	7..10	60
4	5..7	50
5	3..5	40
6	1..3	30
7	1 и менес	20

1.5-сурет. Дәнекерленетін табактардың s қалыңдығына қарай шілтер мүштігі көлбеулігінің α бұрышының таңдауы



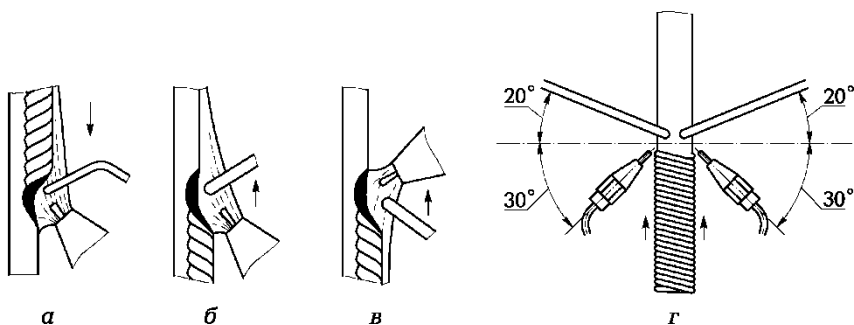
1.6-сурет. Жиектен керісатылы дәнекерлеу кезінде (а), табақтың ортасынан сатылы дәнекерлеу кезінде (б) ұзын тік сызықты жіктер аумағын дәнекерлеу кезектілігі (1 — 4)

кері тепкіге әкеп соқтыруы мүмкін.

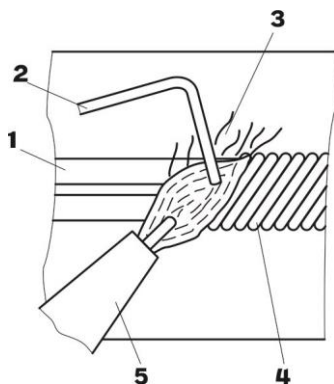
Алдын-ала тазаланған жиектермен бірге құралған бөлшектер сол бөлшектерді қажетті күйінде ұстап тұруы және олардың арасында тұрақты әрі біркелкі саңылауды қамтамасыз етуі үшін қысқа жіктердің, яғни, тұтқыштардың көмегімен жалғанады.

Жалғанатын жиектердің қалыңдығына қарай тұтқыштардың ұзындығы 5 ... 30 мм, ал тұтқыштардың қадамы 50 ... 500 мм болуы мүмкін. Олар дәнекерлеу қандай түзімде орындалса, сол түзімде орындалады. Дәнекерлеу кезінде толық дәнекерленбей қалуын болдырмау үшін тұтқыш жіктерді мұқият дәнекерлеу қажет.

Кез келген кеңістік жағдайындағы ұзын тік сызықты жіктерді орындау барысында пішіннің өзгеру дәрежесін азайту үшін сатылы және керісатылы дәнекерлеу әдісі қолданылады. Бұл үшін бөлшектердің түйіскен жерлері бірнеше телімге бөлінеді де, берілген кезектілікпен дәнекерленеді (1.6-сурет). Кезекті телімді дәнекерлеу кезінде алдыңғысын 10 ... 20 мм-ге баса жабылады.



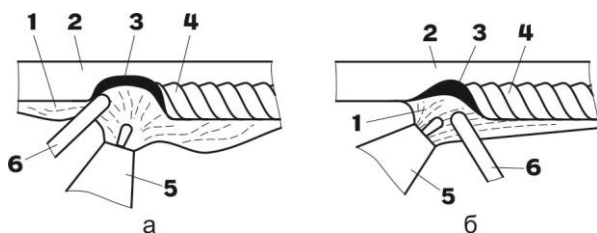
1.7-сурет. Жұқа табақтардың тік жіктерін орындау: а — жоғарыдан төмен қарай оң тәсіл арқылы; б, в — төменнен жоғарыға қарай сол тәсіл арқылы; г — сағылау бойымен екілік білік арқылы (төменнен жоғарыға қарай оң тәсіл арқылы)



Төменгі жіктер еш қиындықсыз кез келген тәсіл арқылы орындалады, 1.8-сурет. Көлденең жіктерді оң тәсілдің көмегімен орындау:
1 — дәнекерленетін түйісу орны; 2 — қоспасым; 3 — газ жалыны; 4 — дәнекерлеу жігі; 5 — шілтер мүштігі

өйткені, жіктің сапасының жақсы болуы ауырлық күшінің есебінен қамтамасыз етіледі. Табақтардың қалыңдығы аз болған жағдайда, тік жіктер жоғарыдан төмен қарай оң тәсіл арқылы және төменнен жоғары қарай сол тәсіл арқылы орындалады (1.7-сурет). Қалыңдығы 20 мм-ге дейінгі табактарды дәнекерлеу барысында тік жіктерді жиектерді көмкермей-ақ, табактың қалыңдығының жартысына тең саңылау бойымен екілік біліктің көмегімен орындауға болады. Дәнекерлеу жұмысы төменнен жоғарыға қарай екі дәнекерлеуші тарапынан жүзеге асырылады. Көлденең жіктер оң тәсіл арқылы орындалады (1.8-сурет). шілтердің мүштігі төменде орналасады, ал қоспа — жік осіне қарай бұрышта қалыптасатын науаның үстінде орналасады. Бұл науа металының ағып кетуіне жол бермеуге септігін тигізеді.

Бәрінен төбелік жіктерді дәнекерлеу қиынырақ (1.9-сурет). бұл жағдайда еру басталғанға дейін бөлшектердің жиектерін қыздыру қажет және осы сәтте түзіліп келе жатқан науаға қоспасымды енгізу керек. Оның ұшы тез ериді.



1.9-сурет. Төбелік жіктерді сол (а) және оң (б) тәсілдер арқылы орындау:
1 — газ жалыны; 2 — дәнекерленетін түйісу орны; 3 — дәнекерлеу науасы; 4 — дәнекерлеу жігі; 5 — шілтер мүштігі; 6 — қоспасым

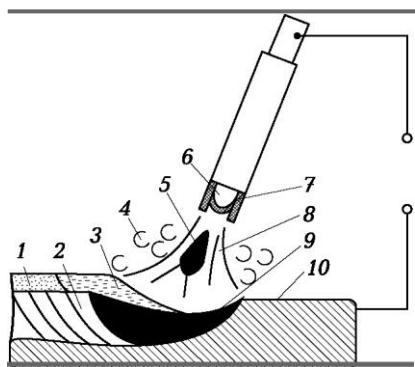
Метал науада жалынның газдарының қысымымен ұсталып тұрады. Түйіскен жердің кеңістіктегі кез-келген қалпында қалыңдығы 5 мм-ден артық бөлшектердің көпқабатты дәнекерленуі қызу аумағының шағындау болуына себеп болады, астыңғы қабаттардың суарылуын қамтамасыз етеді. Әр қабаттағы біліктің түйіскен жерлері бір-біріне сәйкес келіп қалмауы үшін, көпқабатты жікті қысқа телімдер түрінде орындаған жөн. Әрбір алдыңғы қабатты одан кейінгісін дәнекерлемей тұрып тазалап отыру қажет.

1.2.

БҮРКЕУЛІ ЭЛЕКТРОДТАРМЕН ҚОЛДАН ДОҒАЛЫҚ ДӘНЕКЕРЛЕУ

Тәсілдің ерекшеліктері. Бүркеулі электродтармен қара және түрлі-түсті металдардан және түрлі қоспалардан тұратын конструкциялар дәнекерленеді. Доғалық дәнекерлеудің оңтайлы қолданыс саласы – қолдың жетуіне қиын жерлерде орналасқан және кеңістіктегі түрлі қалыпта, жіктері аса ұзын болмайтын қалыңдығы 2 мм-ден асатын элементтердің метал конструкцияларын дайындау.

Дәнекерлеудің бұл тәсілінің негізгі артықшылығы – әмбебаптығы



1.10-сурет. Электродпен бүркеулі қолмен доғалық дәнекерлеу сызбасы:

1 — қож қабыршығы; 2 — дәнекерлеу жігі; 3 — сұйық қож үлдірі; 4 — газ қорғанысы; 5 — электродты метал тамшысы; 6 — электрод; 7 — электродты жабын; 8 — дәнекерлеу доғасы; 9 — дәнекерлеу науасы; 10 — дәнекерленетін бөлшектің негізгі металы

мен жабдықтарының қарапайымдылығында, ал кемшілігі болса, тоқ тығыздығының төмен ұйығарынды мәндерімен және жіктің қалыптасуы, негізінен, электродты металдың есебінен жүзеге асытынымен шартталатын өнімділігінің төменділігінде.

Электродпен бүркеулі қолмен доғалық дәнекерлеу сызбасы 1.10-суретте көрсетілген. Доғаның пайда болуы дәнекерленетін металға электрод ұшының тиюімен электрлі дәнекерлеу тізбегінің қысқа уақытқа тұйықталуы кезінде жүзеге асады. Дәнекерлеу үрдісі барысында электродтың балқуының шамасына қарай, қажетті пішіндегі және қимадағы

жікті жасау үшін бір мезгілде қосындының бойымен жылжып отыруымен бірге, түйіскен жерге көлденең жылжытыла отырып, бұйымға жақындатылады.

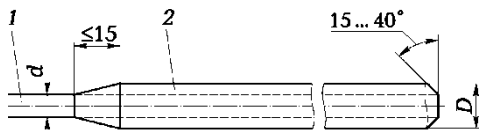
Бүркеулі электродпен дәнекерлеу кезінде сояу мен жабынның балқуы орын алады. Еріп жатқан жабын қож бен газдарды түзеді. Қож қабаты металды оттегімен және ауа азотымен әсерлесуден қорғайды. Газдар балқу аумағынан (доға аумағынан) ауаны ығыстырады да, еріген металдың ауамен байланысқа түсуінен қосымша қорғанысты қамтамасыз етеді.

Көбінде тікелей әсерлі электр доғасымен қолдан дәнекерлеу кеңінен қолданылады. Әдетте, тоқ 90 ... 350 А-ға тең, доғаның кернеуі 18 ... 30 В-ға тең болғанда, ұзындығы электродтың 0,5 ... 1,1 диаметрінен аспайтын қысқа доғамен дәнекерлеу кезінде үздік нәтижелерге жетуге болады. Доғаның ұзындығы ұзын болған жағдайда, электродты металдың тотығуы мен шашырауы артады да, толығымен дәнекерлену тереңдігі азаяды.

Электродты жабындар. Қолдан доғалық дәнекерлеуге арналған бүркеулі электрод (1.11-сурет) бетіне жабынның жұқа қабаты сүрілген дәнекерлеу сымынан жасалған, ұзындығы 450 мм-ге дейінгі сояу болып табылады. Ұзындығы 20 ... 30 мм болатын телімдегі электродтың сол ұшы жабыннан босатылғандықтан, оның электродты ұстағышта қысуға және электр контактісінің болуына мүмкіндік береді. Екінші ұшының бүйіржағы да дәнекерлеудің басында бұйымның электродқа жанасуы арқылы доғаны туғызу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін жабыннан босатылған.

MEMCT 946—75 бойынша D/d қатынасымен сәйкес жұқа ($D/d < 1,2$) — М, орташа ($1,2 < D/d < 1,45$) — С, қалың ($1,45 < D/d < 1,8$) — Д және аса қалың ($D/d > 1,8$) — Г жабынды электродтар бар.

Электродты жабын иондануды күшейту, қоршаған ортаның жағымсыз әсерлерінен қорғау және дәнекерлеу науасы металының металлургиялық өңделу мүмкіндігі үшін электродқа жағылған заттектердің қоспасы болып табылады. Жабынға иондаушы, газ және қож түзуші, қоспалаушы, қышқылсыздандырушы, электродты жасап шығару кезінде оның технологиялылығын анықтайтын байланыстырушы құрамдастар мен қорамалау құрамдастары енгізіледі.



1.11-сурет. Қолдан доғалық дәнекерлеу үшін бүркеулі электродтың сызбасы: 1 — электродты сымнан жасалған сояу; 2 — жабын; d — электродты сымның диаметрі; D — электрод диаметрі

Иондаушы (тұрақтандырушы) құрамдастар доғаның тұрақты жануына

септігін тигізеді.

Олардың құрамында иондалу әлеуеті төмен элементтер, мәселен, калий және кальций (бордың, дала шпаты мен граниттің құрамына кіретін калий мен кальций), натрий және т.б. элементтер бар.

Газ түзуші құрамдастар доға аумағы мен дәнекерлеу науасының газ қорғанысын қамтамасыз етеді. Оларға органикалық (крахмал, ас ұны, декстрин және т.б.) және бейорганикалық (әдетте карбонаттар: мәрмәр CaCO_3 , магнезит MgCO_3 және т.б.) заттар кіреді. 200 °C-тан асатын температурада электродтың маңындағы органикалық заттардың, шамамен 900 °C температурада бейорганикалық заттардың (карбонаттардың) ыдырауы (диссоциациясы) нәтижесінде дәнекерлеу науасының үстінде балқыған металдың тотығуынан сақтайтын газ қорғанысын қамтамасыз ететін газды бұлт түзіледі.

Қож түзуші құрамдастар электродты жабындарға сұйық қождарды алу үшін енгізіледі. Қож түзуші құрамдастар ретінде кендер мен минералдар: ильменит, рутил, дала шпаты, кремнезем, гранит, мәрмәр, плавик шпаты қолданылады.

Қоспалаушы құрамдастар жік металының механикалық сипаттарын жақсартуға, оның жылу төзімділігі мен тозу төзімділігін, коррозияға төзімділігін және басқа да қасиеттерін арттыруға арналған. Қоспалаушы элементтер ретінде хром, марганец, титан, ванадий, молибден, никель, вольфрам қолданылады. Қоспалаушы элементтер жабынға ферроқорытпалар мен таза металдар түрінде енгізіледі.

Қышқылсыздандырушы құрамдастар дәнекерлеу науасының бетінде оксидтері түрінде орналасқан еріген металдың бөлігін қайта қалпына келтіру (қышқылсыздандыру) үшін қолданылады. Қышқылсыздандырушы құрамдастарға темірден гөрі (болаттарды дәнекерлеу кезінде) оттегі мен басқа элементтерге көбірек ұқсайтын элементтер мен жік металынан алып тастауы талап етілетін оксидтер жатады. Көбіне көп қышқылсыздандырушылар электронды жабынға ферроқорытпалар түрінде енгізіледі.

Байланыстырушы құрамдастар жабынның ұнтақ тектес құрамдастарын нығыздау кезінде электрод сояуында мықтап сақталатын біртекті қоймалжың массамен байланыстыру үшін, кептірілгеннен және тесілгеннен кейін мықты жабын түзуі үшін қолданылады.

Барлық электродты жабындарға бірдей талап қойылады: олар доғаның тұрақты жануын қамтамасыз етуі тиіс; тиісті химиялық құрамы мен қасиеттерге ие жік металын алу; электродты сояу мен жабынның баяу әрі біркелкі балқуы; жіктің ұсақ тесіктерсіз, қож кірмелерсіз және басқа да ақауларсыз жоғары сапада қалыптасуы; суығаннан кейін қождың жік бетінен оңай бөлініп алынуы; дәнекерлеу кезіндегі санитарлық-гигиеналық еңбек шарттарының қанағаттанарлық болуы.

Электродты жабындардың түрлері МЕМСТ 9466—75 стандартымен бекітілген, оған сәйкес электродтардың келесі түрлері бар: қышқыл жабынды (А), негізгі жабынды (Б), целлюлозалық жабынды (Ц), рутил жабынды (Р) және басқа да түрлермен жабынды (П). аралас түрдегі жабын болған жағдайда тиісті екілік белгілеу қолданылады. Егер жабынның құрамында темір ұнтағы 20 %-дан көп болса, онда жабын түрінің белгіленуіне «Ж» әрпі қосылады.

Қышқыл жабынды электродтарда (А) қож түзуші негізді темір (гематит Fe_2O_3) және марганец (MnPO_2) кендері, сондай-ақ, кремнезем (SiO_2) құрайды. Балқыған металдың газ қорғанысы электродтың балку үрдісі кезінде жанатын органикалық құрамдастар тарапынан жүзеге асырылады. Мұндай жабынды электродтар кремний және басқа да элементтермен қоспаланған болаттарқарқынды түрде қышқылданатындықтан, оларды дәнекерлеу үшін жарамсыз болып табылады. Құрамындағы кремнийдің мөлшері көп болып табылатын көміртектілігі төмен болаттарды дәнекерлеу кезінде ұсақ тесіктердің пайда болуы ықтимал. Дәнекерлеу кезінде құрамында марганец пен кремний оксидтері бар уытты шаң көп бөлінеді де, металдың қатты шашырауы орын алады.

Негізгі жабынды электродтарда (Б) қож түзуші құрамдастар карбонаттар (мәрмәр, бор, магнезит) және кальций фторидтері (мәселен, плавик шпаты CaF_2) болып табылады. Балқытылған металдың газ қорғанысы жабынның қыздырылуы мен балқытылуы барысында түзілетін көмірқышқыл газы мен көміртегі оксиді тарапынан қамтамасыз етіледі. Қышқылсыздандырғыштар ретінде жабынның құрамында ферромарганец, ферросилиций, ферротитан және ферроалюминий болуы мүмкін.

Мұндай жабындар балқытылған металды оттегіге өте ұқсас элементтермен қоспалауға мүмкіндік береді. Дәнекерлеу науасына марганец пен кремнийдің ферромарганец пен ферросилицияға өтуі кезінде жүзеге асырылатын марганец пен кремнийді қоспалау қосындыға жоғары деңгейде беріктік береді. Жабынға қоспалау үшін метал ұнтақтарды енгізуге болады. Оның құрамында кейіннен қожға бөлінетін күкірт пен фосфорды байланыстыратын кальций қосындысының көп мөлшерде болуы құрамындағы күкірт пен фосфордың аз мөлшерде болуымен балқытылған металдың жоғары деңгейде тазалығын қамтамасыз етеді.

Целлюлоза жабынды электродтардың (Ц) құрамында органикалық құрамдастардың (целлюлоза, өсімдік ұны, т.с.с.) 50 %-ына дейін болады, бұл газдардың көп мөлшерде түзілуін туындатады. Қож түзуші құрамдастар ретінде рутил, карбонаттар мен алюмосиликаттар жиі қолданылады, кейде асбест ($\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$), ал балқытылған металды қышқылсыздандыру үшін ферромарганец қолданылады.

Рутил жабынды электродтарда (Р) қож түзуші негізді құрамында

рутилдің 45 %-ына дейін бар (TiO_2) рутил концентраты; алюмосиликаттар (слюда $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, дала шпаты $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, каолин $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ және т.б.), карбонаттар (мәрмәр CaCO_3 және магнезит MgCO_3) құрайды. Балқытылған металдың газ қорғанысы 5 %-ға дейінгі органикалық қосындыларды енгізу және карбонаттардың диссоциациясы арқылы қамтамасыз етіледі.

Рутил жабынды электродтар жақсы дәнекерлеу-технологиялық қасиеттерге ие бола отырып, негізгі металға жатық түрде өту арқылы жіктің қалыптасу шарттарын, балқыманың аз шашырауын, қождың оңай бөлінуін, кеңістіктегі кез-келген қалыпта дәнекерлеуді, доғаның тұрақты және ауыспалы тоқта тұрақты жануын қамтамасыз етеді.

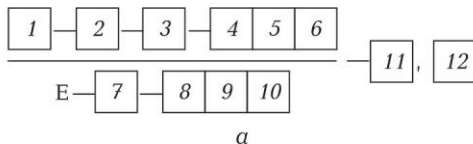
Электродтардың жіктелуі және шартты белгіленулері. Қолдан доғалық дәнекерлеуге арналған электродтар стандарттарда келесі белгілері бойынша жіктеледі: дәнекерлеуі үшін арналған метал; жабынның қалыңдығы мен типі; жік металының механикалық қасиеттері.

МЕМСТ 9466—75 стандартына сәйкес 116 тип электродтар шығарылады. Болаттарды дәнекерлеу мен балқытуға арналған электродтар мақсатты қолданылуына қарай келесі сыныптарға бөлінген: сыныптар: У — ажырауға (беріктік шегіне) қарсы уақытша кедергісі бар көміртекті және азқоспалы конструкциялық болаттыр $\sigma_{\text{в}} < 600 \text{ МПа}$ (60 кгс/мм^2); Л — қоспаланған конструкциялық болаттарды дәнекерлеу үшін $\sigma_{\text{в}} > 600 \text{ МПа}$; Т — жылуға төзімді болаттарды дәнекерлеу үшін; В — ерекше қасиеттері бар жоғары қоспалы болаттарды дәнекерлеу үшін; Н — ерекше қасиеттері бар беткі қабаттарды балқыма қаптау үшін. Бұл стандартта электродтардың өлшемі, қалыңдығы мен типтері, шартты белгіленулері, жалпы техникалық талаптар, электродтарды қабылдау ережелері мен сынау әдістері белгіленген.

Кеңістіктегі дәнекерлеудің немесе балқыма қаптаудың ұйғарынды қағидалары бойынша электродтар төрт түрге бөлінеді: барлық қалыптар үшін — индекс 1; жоғарыдан төмен қарай тік қалыптан басқа барлық қалыптар үшін — 2; төменгі, тік жазықтықтағы көлденең және төменнен жоғары қарай тік қалыптар үшін — 3; төменгі және төменгі «қайықша» қалыптар үшін — 4. Электродтар дәнекерлеу кезінде қолданылатын тоқ түріне қарай, сондай-ақ, оның кереғарлығына (тұрақты тоқ кезінде) немесе дәнекерлеу доғасының қорек көзінің бос жүрісінің номиналды кернеуіне (жиілігі 50 Гц ауыспалы ток кезінде) қарай белгіленеді. Электродтардың белгіленуі 1.2-кестеде берілген.

Электродтың шартты белгіленуі белгілі бір тәртіппен орналасқан мәліметтерді қамтуы тиіс (1.12-сурет). Мұндай толық шартты белгілеу заттаңбаларда немесе электродтар салынған қораптардың, орамдардың немесе жәшіктердің таңбалануында міндетті түрде көрсетіледі, сонымен қатар, барлық құжаттамаларда келтіріледі.

1.2-кесте. Дәнекерлеу тоғының тегі мен кереғарлығына қарай электродтардың белгіленуі			
Ұсынылатын кереғарлық постоянного тока	Дәнекерлеу корек көзінің бос жүрісінің кернеуі		Электродтарды белгілеу
	Номиналды	Ауытқулар шегі	
Кері	50	±5	0
Кез-келген			1
Тура			2
Кері			3
Кез-келген	70	±10	4
Тура			5
Кері			6
Кез-келген	90	±5	7
Тура			8
Кері			9



Э46А—УОНИ 13/45—3,0—УД2 — ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75
 Е—432 (5)—Б10
 б

1.12-сурет. МЕМСТ 9466—75 стандартына сәйкес көміртекті және азқоспалы конструкциялық болаттарды дәнекерлеу үшін қолданылатын жабынды электродтарды шартты белгілеу құрылымы (а) мен Э64А типтес электродтарды таңбалау үлгісі (б):

1 — типі; 2 — маркасы; 3 — диаметрі; 4 — электродтың мақсаты; 5 — жабынның қалыңдығы; 6 — электродтар тобы; 7 — балқытылған металдың сипаттамаларына және жік металының сипаттамаларына сәйкес индекстер тобы (МЕМСТ 9466—75, МЕМСТ 10052—75 немесе МЕМСТ 10051—75 бойынша); 8 — жабынның түрі; 9 — дәнекерлеудің кеңістіктегі ұйғарынды қалыптары; 10 — дәнекерлеу кезінде қолданылатын тоқ түрі, тұрақты токтың кереғарлығы және жиілігі 50 Гц ауыспалы токтың дәнекерлеу доғасының корек көзінің бос жүрісінің номиналды кернеуі; 11 — болаттың сыныбы бойынша стандарт (МЕМСТ 9466—75); 12 — электрод типінің стандарты (МЕМСТ 9467—75, МЕМСТ 10051—75, МЕМСТ 10052—75)

Дәнекерлеу технологиясы. Қолмен доғалық дәнекерлеуге жиектерді дайындау газ кескіштердің немесе метал өндегіш қол аспабының көмегімен жүзеге асырылады. Түйіскен жерлерде жиектердің бір-бірінен асып түсуіне А рұқсат етіледі:

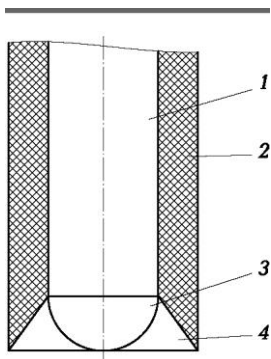
$$A = 0,ls. \quad (1.6)$$

Өзінен қалындау бөлшекте әркелкі қалыңдықтағы табақтарды аралық дәнекерлеу кезінде табақтың бір жағынан немесе екі жағынан да қисайтылуы жүзеге асырылады. Қалыңдығы 6 ... 8 мм-ге дейінгі табақтарды бір жағынан аралық дәнекерлеуге болады, қалыңдығы 12 ... 14 мм-ге дейінгі табақтарды жиектерін көмкермей-ақ, екі жағынан аралық дәнекерлейді. Қалыңдығы 15 мм-ден асатын табақтар, әдетте, жиектері көмкеріліп барып дәнекерленеді. Жиектерді бөлшектеу жіктің ықтимал аз көлемінде электродты еркін игеру мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Сондай-ақ, жиектерді бөлшектеу арқылы дәнекерлеу екі жағынан орындала алады. Бұл, қайта дұрысырақ, өйткені, балқитын металдың көлемі, электродтар шығыны, бөлшекке бөлінетін жылу мөлшері, сонымен бірге оның пішінінің өзгеру деңгейі азаяды.

Доға пайда болған кезде, электрод пен дәнекерленетін бұйымның арасындағы кернеу 60 В, ал, кейбір маркалы электродтар үшін 70 В-дан сирек болуы қажет. Доғаның туындауы электрод ұшының бұйымға қысқа мерзімді жанасуы арқылы жүзеге асады. Тұтанудың негізгі екі тәсілі бар: «шоқу» («клевком») және «шағу» («чирком»).

Бірінші тәсілді қолдану кезінде электродтың бүйіржағымен дәнекерленетін жерге жай ғана соққылайды, сонан соң, электродты 4 ... 5 мм-ге жоғарыға немесе жанына қарай алыстатып, оны дәл сондай биіктікке көтереді. Екінші тәсілді қолдану кезінде қозғалыстың соңында бүйіржақ жиектің астында қалатындай етіп электродтың бүйіржағымен шағады.

Доғаны туғызудың екінші тәсілі жаңа ғана ауыстырылған электродта қолданылады. Доға пайда болғаннан біршама уақыттан кейін еріген электродтың бүйіржағының жабынында қалқа пайда болады (1.13-сурет). доғаның қайта пайда болуы кезінде электрод бүйіржағын дәнекерленетін бөлшекке қатты ұру арқылы қалқаны бұзып жіберген жөн. Егер доға пайда болған сәттегі электрод бүйіржағы мен жиектің арасындағы ара қашықтық 5 ... 6 мм-ден көп



1.13-сурет. Ерітілген электродтың бүйіржағы: 1 — сояу; 2 — жабын; 3 — сояудың ерітілген бүйіржағы; 4 — жабынның қалқасы

болатын болса, доға туындамауы да мүмкін. Электродты жұлып алу кезінде, корек көзі доғаның пайда болуы үшін қажетті кернеудің 20 ... 25 В-ға дейін жылдам өсуін қамтамасыз ету қажет.

Доға пайда болғаннан кейін, оны жиектердің балқуын қамтамасыз етіп, балқыған металдың керекті көлемін алатындай етіп, жылжытып отыру қажет. Бұл үшін доғаның ұзындығы тұрақты түрде демеліп отырады да, электрод балқу дәрежесіне қарай бұйымға біркелкі жеткізіледі. Доға ұзындығының кемуі жіктің қалыптасуын нашарлатумен қатар, электродтың бөлшекке қарсы қысқа тұйықталын туғызуы мүмкін. Доғаның ұзындығының артуы толығымен дәнекерлену тереңдігінің азаюына, электрод металының шашырауына, жік металында газдардың еруін арттыруға, оның сапасының төмендеуіне және ұсақ тесіктердің пайда болуына әкеп соқтырады.

Электродтың тік сызықты ілгерілемелі қозғалысы кезінде жіктің ені e , әдетте, мынаны құрайды:

$$e = (0,8 \dots 1,5)d_3, \quad (1.7)$$

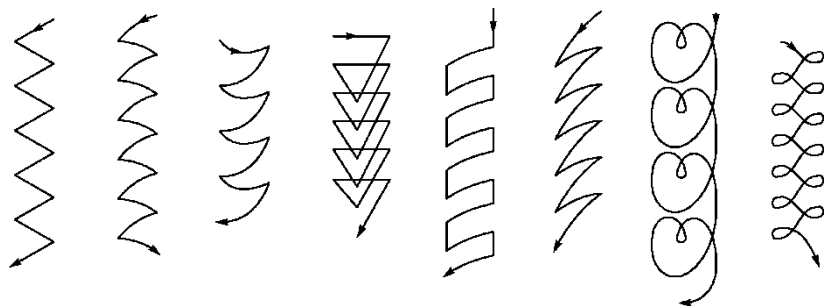
мұндағы d_3 — электрод сояуының диаметрі.

Мұндай жіктер бөлшектеу арқылы түбірлі түйіскен жерлерді дәнекерлеу немесе жұқа металды дәнекерлеу кезінде дұрысырақ. Қалыпты түрде қалыптасқан жік, әдетте, ендірек болады:

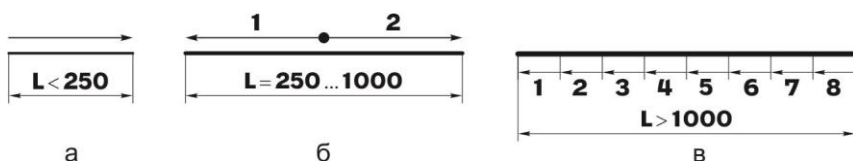
$$e = (3 \dots 5)d_3. \quad (1.8)$$

Электродтың ұшын түрлі траекториялар бойынша жікке көлденең жылжытып отыру арқылы жікті ұлғайтуға қол жеткізуге болады (1.14-сурет).

Ұзындығы 250 мм-ге дейінгі жіктер шартты түрде қысқа деп есептеледі, 250 ... 1 000 мм — орташа, 1 000 мм-ден асатын жіктер — ұзын болып саналады. Басым жағдайларда, қолмен доғалық дәнекерлеу кезінде қысқа және орташа жіктер орындалады. Қысқа жіктер «өткелді» дәнекерлеу арқылы, ал орташа жіктер пішінін өзгерту ықтималдығы



1.14-сурет. Дәнекерлеу кезіндегі электрод ұшының жікке көлденең қозғалысының траекториясы



1.15-сурет. Түрлі ұзындықтағы жіктерді орындау тәсілдері:

a — «өткелді»; *б* — ортасынан шеттеріне қарай; *в* — керісатылы; 1 — 8 — жіктерді орындау кезектілігі

болған жағдайда ортасынан шеттеріне қарай дәнекерлеу немесе, ұзын жіктер секілді, кері сатылы тәсілмен дәнекерлеу орындалады (1.15-сурет).

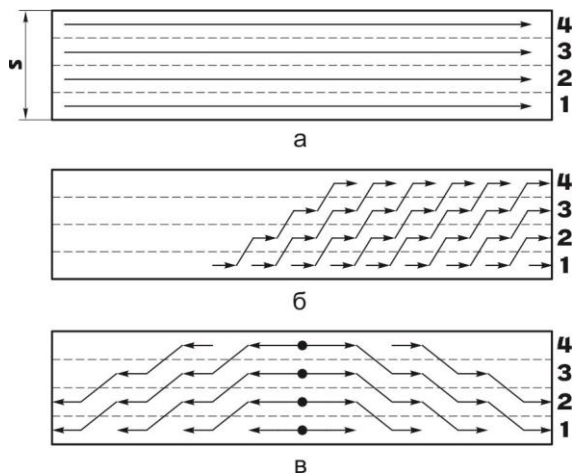
Соңғы жағдайда жік бірнеше телімдерге бөлінеді, ол телімдер әрбір кезекті телімнің алдыңғы телімді баса жабуымен қатар, жалпы дәнекерлеу бағытына қарсы бағытта кезектілікпен дәнекерленіп отырады. Телімдердің ұзындығын бүкіл телім бір электродпен дәнекерленетіндей етіп (100 ... 300 мм) тандаған жөн және бір телімнен екінші телімге өту электродты ауыстырумен қатар келгені дұрыс, өйткені бұл уақытты үнемдейді.

Дәнекерлеу кезіндегі өткелдер саны қосындылардың түйісетін жерлері жиектерінің қалыңдығына немесе бұрыштық қосылыс жігі катетінің берілген шамасына тәуелді (1.3-кесте).

Егер әрбір өткелден металға деген жылу әсерін азайту қажет болғанда, мәселен, коррозияға төзімді болаттарды дәнекерлеу кезінде, өте қалың бөлшектерді көп өтпелі дәнекерлеу кезінде бөлшектеулерді толтыруды жіңішке біліктердің көмегімен енгізуге болады. Егер қатты қызған кезінде болат өз қасиеттерін жоғалтуға бейім болмаса, онда бөлшектеулерді толтыруды жалпақ біліктердің көмегімен енгізуге болады.

1.3-кесте. Түйіспелі және бұрыштық қосындыларды дәнекерлеу барысындағы өткелдердің санын таңдау

Түйіспелі қосындылар		Бұрыштық қосындылар	
Жиектердің қалыңдығы, мм	Қайта дәнекерлеусіз өткелдер саны	Жік катетінің шамасы, мм	Қайта дәнекерлеусіз өткелдер саны
2	1	2	1
4	1	6	1
6	1 ... 2	8	1
8	2 ... 3	10	1 ... 2
10	2 ... 3	12	3
12	3 ... 4	14	3 ... 4
14	3 . 5	16	4 . 5
16	4 . 6	18	5 . 6
18	5 . 6	20	5 . 6
20	5 ... 7	22	6 . 7



1.16-сурет. Көп өтпелі дәнекерлеу барысында бөлшектеуді толтыру тәсілдері: *а* — шашыраңқы түрде; *б* — каскадты; *в* — төбешік түрінде; 1 — 4 — қабаттардың сандары; *s* — жиектің қалыңдығы

Кернеуді азайту мен бөлшектердің пішінін өзгерту дәрежесін төмендету үшін бөлшектеулерді толтыруды шашыраңқы түрде, каскадты және төбешік түрінде енгізуге болады (1.16-сурет). Каскадты тәсілді қолдануда бөлшектердің түйіскен жерлері қысқа телімдерге бөлшектенеді де, әрбір келесі телімді дәнекерлеу аяқталған кезде жік алдыңғы телімнің бұрын салынған, бірақ әлі суып үлгермеген қабатына түсіріледі. Төбешік түрінде дәнекерлеу каскадты тәсілдің бір түрі болып табылады және ортасының шеттерімен түйіскен жерлеріне түсіріледі; екі дәнекерлеуші қатар жұмыс істегенде жақсы нәтижеге қол жеткізіледі.

Егер жіктің соңында доғаны бірден кесіп тастаса, онда дәнекерлеу науасының кратері жікте шұңқыр түрінде қалып қояды. Кратерде металды отырту кезіндегі металдың кристалдануы барысында жарықшақтар, қабыршақтар және басқа да ақаулар пайда болады. Сондықтан, жікті аяқтаған сәтте біршама уақытқа электродтың жылжытылуын тоқтатып, сонан соң, оны доға үзілгенге дейін біртіндеп көтеру қажет.

Дәнекерлеу түзімдері. Дәнекерлеу түзімі деп қажетті өлшемдердегі, пішіндердегі және сападағы дәнекерлеу жігіне қол жеткізуді қамтамасыз ететін дәнекерлеу үрдісінің негізгі сипаттамаларын айтады.

Қолмен доғалық дәнекерлеу кезіндегі негізгі параметрлер: электродтың диаметрі, дәнекерлеу тоғының күші, доғаның кернеуі, дәнекерлеу жылдамдығы, токтың түрі мен кереғарлығы. Қосымша

1.4-кесте. Түрлі қосылыстардың қолдан доғалық дәнекерленуі кезінде ұсынылатын диаметрлер

Жиектердің қалыңдығы (тұйыпелі қосылыс кезінде), мм	Жік катетінің шамасы (бұрыштық және таврлық қосылыс кезінде), мм	Электродтың ұсынылатын диаметрі, мм
1,5...2,0	—	1,6...2,0
3,0	3,0	3,0
4,0...8,0	4,0...5,0	4,0
9,0...12,0	—	4,0...5,0
13,0...15,0	6,0...8,0	5,0
16,0...20,0	—	5,0...6,0
20,0	—	6,0...8,0

параметрлер қатарына мыналар жатады:

Доғаның ұзындығы, амплитуда, электрод ұшы тербелісінің жиілігі мен формасы. Дәнекерлеу түзімінің параметрлерін анықтау дәнекерленетін жиектердің қалыңдығы мен қосылыс түріне қарай электрод диаметрін таңдаудан басталады (1.4-кесте). Бұрыштық және таврлық қосылыстарды дәнекерлеу кезінде жік катетінің шамасы бір өткел үшін 8 мм-ден артық бола алмайды, өйткені ауырлық күшінің есебінен метал жіктің пішінін, бұрмалай отырып, сереге ағады. Сонымен қатар, шамадан тыс балкуы және қабырғаны тілімдеуі де мүмкін.

Катеттер шамасы үлкен болған жағдайда көп өтпелі дәнекерлеу қолданылады. Бірінші өткел, әдетте, басқа өткелдерге қарағанда, диаметрі кіші электродпен орындалады.

Дәнекерлеу тоғының күші электродтың диаметріне d_3 қарай таңдалады:

$$I = (20 + 6d_3)d_3,$$

немесе жеңілдетілген формула бойынша таңдалады

$$I = 40d_3.$$

Бұл – дәнекерленетін материалға және қосындының ерекшеліктеріне қарай түзетіліп отыратын тоқ күшінің нысана шамасы. Мәселен, жоғары қоспалы болаттарды дәнекерлеу кезінде металдың қатты қызып кетуін азайту үшін тоқ күші 20 ... 30 %-ға азайтылады. Минималды тоқ электродтың бүйіржағының қызуы мен балкуын қамтамасыз ете алуы қажет; максималды тоқ электродты ұзына бойы қыздырмауы және жабынның түсуін туындатпауы керек.

Тоқ күшін өлшеу кезінде еру тереңдігі өзгереді. Тоқ күшін арттырған кезде, доғаның қысымы да артады, сұйық металдың көп мөлшері доғаның астынан ығыстырылады, еру тереңдігі артады.

Доғаның кернеуі қорек көзінің, электрод пен бұйым материалының

сипаттамаларына тәуелді. Оны доғаның ұзындығын өзгерте отырып, өзгертуге болады. Әдетте, доғаның кернеуі 20 ... 30 В-ны құрайды. Доғаның ұзындығын арттыру есебінен оның кернеуін арттыру тоқ күшінің төмендеуіне және толығымен дәнекерлену тереңдігіне және жік енінің ұлғаюына апарып соғады.

Қолдан доғалық дәнекерлеудің жылдамдығы дәнекерлеушінің біліктілігіне байланысты және, әдетте, 4 ... 8 м/сағ аралығында таңдалады. Дәнекерлеу жылдамдығы артқан сайын толығымен дәнекерлену тереңдігі мен жіктің ені азая түседі. Жылдамдың ықпалының орны тоқ күшінің артуымен толтырылады.

Болат бөлшектерді тұрақты тоқпен дәнекерлеу кезінде жіктің қалыптасуын нашарлататын магнитті үрлеуді ескеру қажет. Доға электрод тарапынан түзілген контурдан бөлшекпен және беретін электрод ұстағышпен үрленеді. Сондықтан, дәнекерлеу кезінде электрод ұстағышты дәнекерлеу аумағында іске қосқан жөн, мүмкін болса, ауыспалы тоқтағы дәнекерлеуді қолданған дұрыс және, егер, жіктің қалыптасу шарттарына сәйкес мүмкін болса, электродты бөлшектің бетіне 90°-қа жуық бұрышпен орналастырған жөн.

Төменгі қалыптағы түйіскен жерлердің жіктерінің дәнекерлеуін, әдетте, тігінен 15 ... 30° бұрышта жылжу бағыты бойынша бұрышы алдына келтіріле отырып, электродты көлбеу ұстаған күйде жүргізеді. Бұл сұйық металдың қож қабатымен біркелкі жабылуын қамтамасыз етеді және доғаның алдында қождың балқымаған металға қарай ағуының алдын алады. Электродтың жылжуына кері бағытта бұрышы артына келтірілген электродтың көлбеулігі балқу тереңдігін арттыру қажет болғанда қолданылады. Сонымен бірге доғаның астынан оның қысымы арқылы дәнекерлеу науасы металының көп мөлшері ығыстырылады да, бұл балқуды арттырады, алайда, жіктің сапасын төмендетіп, оның қорғанысын әлсіретеді.

Төменгі қалыптағы дәнекерлеу кезіндегі негізгі қиындық – түйіскен жердің артқы жағынан біркелкі ерітілуі. Тоқ күші жеткіліксіз болған жағдайда немесе доғаның ұзындығы ұзын болған кезде, толығымен дәнекерленбеу туады; ал тоқтың шамадан тыс күші күйіп кетуге және балқыманың салбырап қалуына себеп болады. Сол себепті жауапты қосындыларда түйіскен жерлерді жіктің артқы шетінен қайта дәнекерлеу қажет немесе бөлшектердің жиектерінің астына орнатылған төсемелерде дәнекерлеу керек. Бұл тоқ күшінің артуына мүмкіндік береді де, өнімділік арта түседі. Төсеме мыс, мыс-флюсті (флюс толтырылған арықшасы бар), кермаикалық, болат немесе дәнекерленген металдан орындалған болуы мүмкін. Бұрыштық және таврлы жіктерді дәнекерлеу кезіндегі ең жақсы қалып «қайықша түріндегі» қалып болып табылады.

Кеңістіктегі кез-келген қалыпта төменнен басқасын дәнекерлеу кезінде

негізгі мәселе ауырлық күшінің әсерінен сұйық метал мен қождың ағып кетуі болып табылады. Бұл жіктің пішінін бқрмалап, оның қорғанысын әлсіретеді, тиісінше, сапасын да төмендетеді. Ауырлық күшіне доға қысымының күші және дәнекерлеу науасындағы сұйық металдың беттік созылу күші қарсы тұрады. Беттік созылу дәнекерлеу науасы көлемінің азаюымен квадраттық тәуелділік бойынша артады. Тиісінше, ауырлық күшінің ықпалын дәнекерлеу науасының көлемін азайту арқылы кемітуге болады. Бұл үшін төбелік, тік және көлденең қалыптарда дәнекерлеу кезінде төменгі қалыпта дәнекерлеу кезіндегіге қарағанда диаметрі аздау (4 мм-ден кем) электродты таңдау керек. Егер, электрод металдың уақыт бірлігінде ерітілетін мөлшерінің аздау көлемін қамтамасыз ете алса - $10 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{сағ})$ аспаса, ол дұрысырақ болады. Мұндай еру коэффициенттеріне ВИАМ-25, УОНИ-13 электродтары ие.

Тік жіктерді дәнекерлеу электродтың төменнен жоғарыға немесе жоғарыдан төменге жылжып отыруы күйінде орындалады. Төменнен жоғарыға қарай дәнекерлеу қолайлырақ. Дәнекерлеу науасы түзілгеннен кейін электродты біршама көтеріп, бұрышын жікке қатысты алға қарата орналастырған жөн. Сонымен бірге қата бастаған металл электрод металының тамшылары бойында тұратын сөре тәріздес түзілімді түзеді. Жоғарыдан төменге қарай дәнекерлеу барысында доға жіктің жоғарғы нүктесінде пайда болады. Дәнекерлеу науасы түзілгеннен кейін электродты балқытылатын металдың бағытында $10 \dots 15^\circ$ -қа көлбеулете орналастырған жөн. Дәнекерлеу жұмыстарын ұсақ көлденең тербелістермен мейлінше қысқа доғалар арқылы жүргізеді.

Көлденең жіктерді дәнекерлеу тік жіктерді дәнекерлеуге қарағанда қиынырақ. Әдеттегідей, бір беткі жиектің қиғашталуымен V- және К-тәріздес бөлшектеулер қолданылады. Дәнекерлеу тоғының күші мейлінше аз болуы қажет.

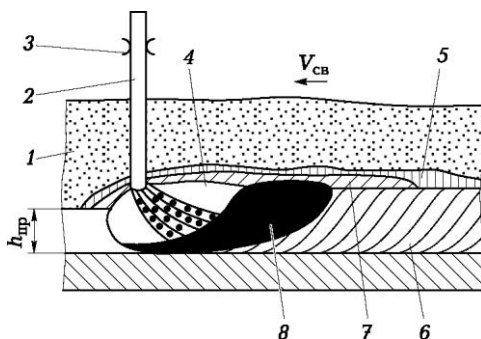
Бәрінен де төбелік жіктерді дәнекерлеу қиын. Электрод металы тамшыларын көшіру шарттарын жеңілдету үшін дәнекерлеуді төменгі қалыпта дәнекерлеуге қарағанда $20 \dots 25 \%$ -ға аз тоқ күшімен қысқа доғаларда жүргізу қажет. Төмен түзімдер мен жұмыстың қолайсыздығы төбелік қалыпта дәнекерлеудің өнімділігін бірден төмендетеді, сол себепті мүмкіндігінше, одан аулақ болған жөн.

1.3.

ФЛЮС ҚАБАТЫНЫҢ АСТЫНДАҒЫ АВТОМАТТЫ ДОҒАЛЫ ДӘНЕКЕРЛЕУ

Әдістің ерекшеліктері. Флюс қабатының астындағы автоматты доғалық дәнекерлеу сұйыққоймаларды және жұқа қабырғалы мұнай құбырларын дайындауда кең қолданылады. Бұл әдістің өндірісте көп

Дәнекерлеу науасындағы балқыған металдың кристаллдануы 8 дәнекерлеу жігінің 6 пайда болуына әкеледі. Қатқан флюс жіктің үстіндегі кождық қабыршақтың 5 қалыптасуына әкеледі. Балқыған флюс көпіршік құрайды және дәнекерлеу науасының бетін жабады, сөйтіп балқыған металды ауамен өзара әрекеттен сақтайды. Балқыған металл мен қабыршақтың арасындағы өзара металургиялық әрекет талап етілетін химиялық құрамдағы жік металын алуға мүмкіндік береді.



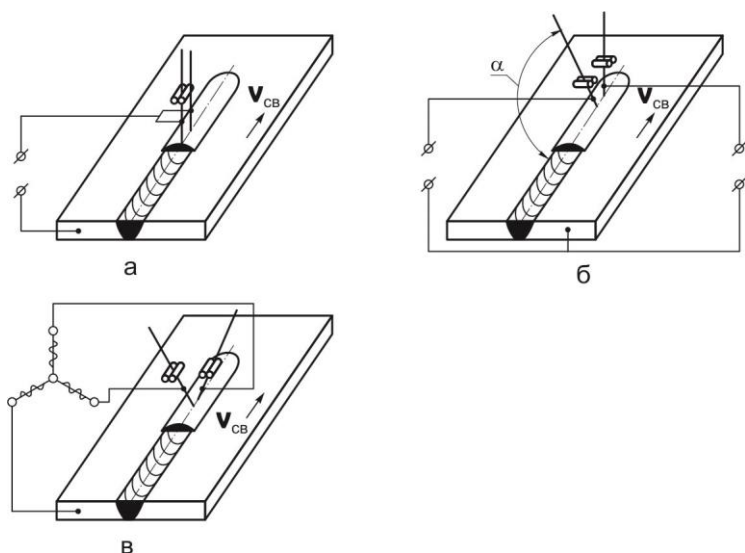
1.17-сурет. Флюс қабатының астындағы дәнекерлеу: 1 – флюс қабаты; 2 – электродтық сым; 3 – сырғанаушы түйіс; 4 – газдық көпіршік; 5 – қождық қабыршақ; 6 – дәнекерлеу жігі; 7 – балқыған флюс; 8 – дәнекерлеу нағасы

Электродтық сымға 2 ағынды әкелу доғадан 70 мм дейінгі ара қашықтықтағы сырғанаушы түйіс 3 (электродтың ұшып шығуы) арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдай электродты қатты қыздырмай дәнекерлеу ағынын 2000 А дейін қолдануға мүмкіндік береді. Дәнекерлеу ағынының тығыздығы $200 - 250 \text{ А/мм}^2$ жетеді, соның нәтижесінде негізгі металдың балку тереңдігі және электродтық сымның еру жылдамдығы жоғарылайды, яғни, өнімділіктің жоғары дәрежесіне қол жетеді.

Флюс қабатының астындағы дәнекерлеу ауыспалы және тұрақты ағында орындауға болады. Электродтық сымды доғаға әкелуді және доғаның жікке қатысты орын ауыстыруын арнайы тетіктер қамтамасыз етеді.

Кейбір жағдайларда екі немесе көп доғалы флюс қабатының астындағы дәнекерлеуді қолданған пайдалы. Бұл жағдайда барлық доғалар бір орыннан қуат алады немесе әр доғаның өзінің қуат көзі болады.

Қосарланған (жарылған) электродпен (1.18-сурет, а) дәнекерлеу барысында доғалар бір көзден қуат алады. Бұл балқытылған электродтың мөлшерін жоғарылату есебінен дәнекерлеу өнімділігін бір шама арттырады.



1.18-сурет. Флюс қабатының астындағы қосарланған дәнекерлеу барысындағы жіктің қалыптасу (а), екі доғалық дәнекерлеу (б), үш фазалық доғапен дәнекерлеу (в) сызбалары.

Электродтар дәнекерлеу бағытына қатысты тізбектеліп немесе перпендикуляр орналасуы мүмкін. Тізбектеліп орналасуда балку тереңдігі біршама ұлғаяды, перпендикулярда – азаяды. Электродтардың орналасуының екінші нұсқасы жиектердің

арасындағы саңылау тым үлкен болғанда дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Электродтардың арасындағы қашықтықты өзгерте отырып жіктің пішінін және өлшемін реттеуге болады. Бұл тәсілдің кемшілігі доғаның жануында орын алатын шамалы тұрақсыздық.

Екі доғалық дәнекерлеу барысында (1.18-сурет, б) екі электрод қолданылады. Доғалар жалпы дәнекерлеу науасын немесе бөлектелген науаларды қыздыра алады (жіктің металы бірінші доғаның қыздыруынан кейін толығынан кристалданған соң). Әдетте екі электрод та бөлектенген науаларды қыздыру барысында дәнекерленуші жиектердің жазықтықтарына перпендикуляр болып келеді. Доғалардың арасындағы қашықтықты өзгерте отырып дәнекерлеудің ысыту кезеңін реттеуге болады, бұл шындалған болаттан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуде маңызды.

Екі доғалық дәнекерлеу жоғары жылдамдықтарда жүргізілуі мүмкін, ал бір доғалық дәнекерлеуде жоғары ағынды қолдану жік шеттерінің тілінуіне, ерімеуіне, қосылмауына әкеледі. Екі доғалық дәнекерлеуде екінші доға бөлек науаны қыздыра отырып, алға қарай қисайтылған электродымен (бұрышы $\alpha = 45^\circ - 60^\circ$) бірінші доға қалыптастырған жікті ішінара қайта ерітеді, сөйтіп тіліксіз, кеңейтілген белдемшені жасайды. Доғаларды қуаттандыру үшін әр текті ағындарды қолдану (бір доға үшін – айнымалы, басқасы үшін – тұрақты) магниттік үрлеуді азайтуға мүмкіндік береді.

Айнымалы тоқты қолдану арқылы дәнекерлеуде үш фазалық доға пайда болады (1.18-сурет, в): бір доға электродтар арасында жанады (тәуелсіз доға), басқа екеуінің әрқайсысы – өзінің электроды мен ерігілетін заттың арасында. Барлық доғалар бір балқу кеңістігінде жанады. Әр доғатеі ағынды реттей отырып, еритін электродтық материалдың мөлшерін және негізгі металдың балқуын өзгертуге болады. Балқыған металдың мөлшерін өзгерту үшін әр доғатеі ағынды реттеу, электродтық материалдардың үлкен санын керек ететін жіктерді орындауда ыңғайлы. Тәсілдің кемшілігі – электродтарды беру жылдамдығын дәл үйлестіру қажеттілігі.

Қолданылатын материалдар. Флюс қабатының астындағы дәнекерлеуде электродтық сым және флюс қолданады. Электродтық ретінде еріту арқылы дәнекерлеудің басқа да тәсілдерінде қолданылатын сымда пайдаланады. Сондай-ақ таспаны түтікшеге айналдырып, ішіне флюсті тығыздап толтырған ұнтақтық сым да қолданылуы мүмкін. Соңғы уақыттарда сыртқы қабығы пластмассадан және өзегі флюс пен темірдің ұнтағынан тұратын композиттік сымдар жасалуда. бұл сымның құндылығы ондағы гигроскопиялық қасиеттің толығынан болмауы.

Дәнекерлеу флюсі электродтық металдың тамшыларын және дәнекерлеу науасындағы сұйық металды ауаның әсерінен жақсы сақтауы керек; доғаның қалыпты жануын, жіктің сапалы болуын және қатқан соң жіктен тез ажырайтын қождық қабыршақтың қалыптасуын қамтамасыз ету керек; жік металының берілген химиялық және механикалық құрамын сақталуын қамтамасыз ету керек. Еріген кезде флюстен газдар мен шаңның үлкен мөлшері бөлінбеу керек.

Флюстер қолдану мақсаты, химиялық құрамы және дайындалу тәсілі бойынша сыныпталады.

Флюстер қолдану мақсаты бойынша үш топқа бөлінеді: көміртектіленген және қоспаланған болатты дәнекерлеу үшін, жоғары деңгейде қоспаланған болатты дәнекерлеу үшін, түсті металдарды және қоспаларды дәнекерлеу үшін. Бұл топтардың ішінде флюстер бөлшектерінің өлшемі бойынша ажыратылуы мүмкін. Электродтық сымның диаметріне байланысты соған сәйкес флюстер пайдаланылады: сымның диаметрі неғұрлым үлкен болса, флюстінде бөлшектері соғұрлым ірі болып келеді.

Химиялық құрамы бойынша сәйкес келетін оксидтердің ара қатынасына байланысты флюстер қышқыл және негізгі болып бөлінеді.

Жасалу тәсілі бойынша флюстер ерітілген және ерітілмеген болып бөлінеді. Ерітілмеген флюстер шихта компоненттерін ерітусіз дайындалады. Ерітілмеген флюстерге керамикалық және табиғи минералдарды майдалау арқылы жасалған флюстер жатады. Керамикалық флюстер электродтық жабындар сияқты тура сондай элементтерден жасалады. Оларды сұйық шыныда араластырады, сонан соң біріктіреді және бөлшектейді. Бұл флюстердің кемшілігі – түйірлердің мықты еместігі (қалдықтың, майда сынықтардың көптігі) және заттардың меншікті салмақтарына байланысты, оларды араластыру барысында бір-бірінен бөліну нәтижесінде орын алатын әртектілік мүмкіндігі.

Ерітілген флюстерде жоғары кремнилік және марганцтық флюстер АН-348А және ОСЦ-45 жиі қолданылады. Бұл флюстер құмды (Ю_2), марганцтық кенді (МПО), плавиктік шпатты (CaF_2), магнезитті (MgO) бірге еріту арқылы дайындалады. Флюстің сұйық ерітіндісін, оның қырлануын қамтамасыз ете отырып, құйма қалыпқа немесе суға құяды.

Төмен қоспаланған және төмен көміртектіленген болаттарды дәнекерлеу үшін жақсартушы қоспалаушы флюстер қолданылады; жоғары қоспаланған болатты дәнекерлеу үшін – фторид кальций сияқты оттегісіз бірлестіктерден тұратын бейтарап флюстер қолданылады. Алайда, мұндай флюстерді қолдану арқылы жасалатын жіктер белсенді компоненттері бар флюстермен құралатын жіктерден біршама нашар болады. Ерітілген флюстер шыны тәріздес және пемзо тәріздес болады,

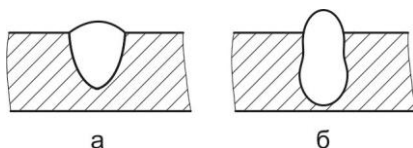
және бөлшектерінің түрлері және тотықсыздану дәрежесі бойынша ажыратылады. Шыны тәріздес флюс дәнекерленген орынды жақсы қорғайды, бірақ пемзо тәріздес флюсті қолдануда жіктің сапасы жақсы болып шығады.

Жік металының химиялық құрамы флюстің химиялық белсенділігіне және электродтық сымның құрамына тәуелді. Сондықтан нақты болаттан жасалған конструкцияны дәнекерлеу үшін флюсті және сымды бірге таңдау қажет, яғни флюс – сым жүйесін таңдау қажет. Жүйені таңдаудағы өлшем – жік металының құрамында 0,2 – 0,4 % кремний мен марганец болу керек. Мысалы, көміртектес және төмен қоспаланған болаттан жасалған конструкцияны дәнекерлеу үшін үш негізгі жүйені қолдануға болады:

- төмен көміртектіленген сым (Св-08, Св-08А) және жоғары марганцтық, жоғары кремнийлік флюс (35 - 40 % MnO және 40 - 45 % SiO_2). кремнимен және марганецпен қоспалау флюстің есебінен жүреді;
- құрамында 2 % дейін марганец бар төмен көміртектіленген сым (мысалы, Св-20Г2) және құрамында азғантай марганец бар жоғары кремнийлік флюс (40 – 42 % SiO_2 және 15 % жоғары емес MnO). Жіктің марганецпен қоспалануы сымның есебінен, ал кремнимен байытылуы – флюстің есебінен орын алады.
- орта марганецтелген сым (мысалы, 30 % MnO) және орта марганецтелген жоғары кремнийлік флюс (шамамен 30 % MnO и 40 – 45% SiO_2). Марганец жікке сымнан және флюстен, кремний – флюстен өтеді. Қоспалаушы элементтердің жікке өтуі дәнекерлеу түзімінің параметрлеріне де тәуелді. Дәнекерлеу науасының айналасында балқыған флюс неғұрлым көп болса, одан жікке соғұрлым көп қоспалаушы элементтер өтеді.

Дәнекерлеу технологиясы. Флюс қабатының астындағы автоматты доғаті дәнекерлеудің негізгі параметрлері болып табылатындар: дәнекерлеу токтың күші, оның түрі және кереғарлығы, доғаның кернеуі, дәнекерлеу жылдамдығы, электродтық сымды беру жылдамдығы және диаметрі. Қосымша параметрлеріне электродтың ұшып шығуы (оның бүйіржағынан шілтірдің мүштігіне дейінгі қашықтық), электродтың немесе заттың қисайтылу бұрышы, флюстің маркасы, өңдеу түрі және шетжақтарын дайындау, дәнекерлік жалғаудың түрі сияқтылар жатады.

Дәнекерлеуші ток күшінің ұлғаюына байланысты доғаның қысымы өседі, нәтижесінде сұйық метал дәнекерлеу науасынан қарқынды түрде ығыстырылады және доға негізгі металға тереңдеп енеді. Негізгі металдың балку тереңдігі артады, доға қысқарады және оның қозғалысы баяулайды.



1.19-сурет. Қалыпты (а) және жоғары (б) ағын күші жағдайындағы дәнекерлеу жігінің түрі.

Нәтижесінде дәнекерлеу науасының көлемінің ұлғаюына қарамастан жіктің ені өзгерусіз қалады. Жіктің тереңдігі ұлғаяды, бірақ жалпақ болмайды 1.19-сурет. Мұндай жіктің дөңестігінің биіктігі үлкен болып келеді, себебі уақыт бірлігінде балқытылған электродтық металдың мөлшері артады. Мұндай жіктерге сызаттар тез түседі және дірілдік салмақтарда нашар жұмыс істейді. Оның үстіне, қалған шарттардың өзгерусіз жағдайындағы ағын күшінің өсуі балқыған флюстің мөлшерін азайтады.

Дәнекерлеу тоқтың өзгермейтін күші жағдайында электродтық сым диаметрінің ұлғаюымен бірге электродтың бүйір жағында және дәнекерлеу науасының бетінде доғаның кезуі де күшейеді, нәтижесінде дәнекерлеу науасының ені ұлғаяды, балку тереңдігі азаяды. Дәнекерлеу тоқтың өзгермейтін күші жағдайында электродтық сым диаметрінің кемуі, керісінше, балку тереңдігінің ұлғаюына және жік жалпақтығының азаюына әкеледі.

Дәнекерлеу тоқтың өзгермейтін күші жағдайында доғатегі кернеудің жоғарылауымен бірге доғаның ұзындығы және қозғалмалылығы ұлғаяды, қорытындысында жіктің ені көбейеді және күшею биіктігі азаяды. Балку тереңдігі азғана кемиді.

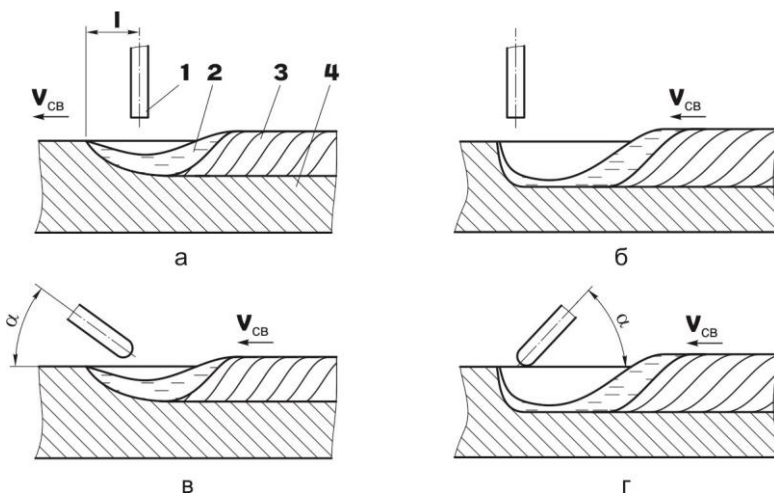
Осылайша дәнекерлеу тоқтың күші және доғатегі кернеу жіктің формасына қарама-қарсы ықпал жасайды. Сондықтан жіктің оптималды түрін алу үшін дәнекерлеу ағынының ұлғаюы дәнекерленуші бөлшек қалыңдығының ұлғаюымен бірге міндетті түрде доға кернеуінің сәйкесінше көтерілуімен қабат жүру керек.

Дәнекерлеу жылдамдығының ұлғаюымен доға бағаны бір шетке қисаяды, дәнекерлеу бағытына қарама-қарсы жаққа, доғаның астынан сұйық метал көбірек ығыстырылады және оның қалың қабаты азаяды. Доғаның астындағы сұйық металдың ыстыққа қарсылығы жоғары болғандықтан балқымаған металға доғатен келетін жылуға кедергі жасайды. Сондықтан дәнекерлеу жылдамдығын ұлғайту барысында алғашында балку тереңдігі байқалады. Дәнекерлеу жылдамдығы ары қарай ұлғая берсе жалпы (погонная) энергияның азаю әсері басым бола бастайды, қорытындысында дәнекерлеу тереңдігі және жікның қима

ауданы кемиді. Дәнекерлеу жылдамдығының ұлғаюымен ($U_{\text{дөн}}$) жіктің басқа өлшемдері де кемиді, енін қосқанда (1.20-сурет). Сондай-ақ, электродтан дәнекерлеу науасының алдыңғы шетіне дейінгі қашықтық та (l) азаяды.

Электрод бұрышын алға қисайтып дәнекерлеу барысында сұйық металл доғаның астынан ығыстырылады, балку тереңдігі ұлғаяды, артқа қисайтқан бұрышта – азаяды. Егер электрод тік орналасып зат қисайтылса және дәнекерлеу төменнен жоғары жүргізілсе («төбеге қарай»), онда балкыту тереңдігі ұлғаяды. «Төбенің астына қарай» дәнекерлеуде балку тереңдігі азаяды, бірақ жік ендірек болады.

Дәнекерленуші заттың жиектерінің қалыңдығы және оның бастапқы температурасы да жікның қалыптасуына ықпал жасайды: қыздырылған бөлшектерді дәнекерлегенде жалпақ және төмен жік алынады, суық заттарды дәнекерлегенде жік әлдеқайда жіңішке және биік. Қалыңдығы аз бөлшектерді дәнекерлеумен салыстырғанда, қалыңдығы жоғары бөлшектерді дәнекерлегенде жіктер жіңішке және биік болады. Егер дәнекерленуші заттың балку тереңдігі оның қалыңдығының, шамамен 75% құраса, онда оның қалыңдығының салыстырмалы түрдегі азғантай жергілікті азаюы (мысалы, қасқалша немесе кырналу) дәнекерлеу қалыңдығының секірмелі түрдегі ұлғаюына және күйіктеспеге әкелуі мүмкін.



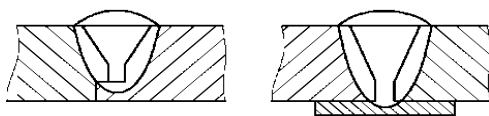
1.20. сурет. Аз (а) және үлкен (б) дәнекерлеу жылдамдығындағы, электрод бұрышын алға (в) және артқа (г) қисайтып дәнекерлеу барысындағы дәнекерлеу науасының түрі:

1 – электродтық сым (электрод); 2 - дәнекерлеу науасы; 3 – дәнекерлену жікы; 4 – дәнекерленуші бөлшек; а - электродтық сымның қисаю бұрышы; l – электродтан дәнекерлеу науасының алдыңғы шетіне дейінгі қашықтық.

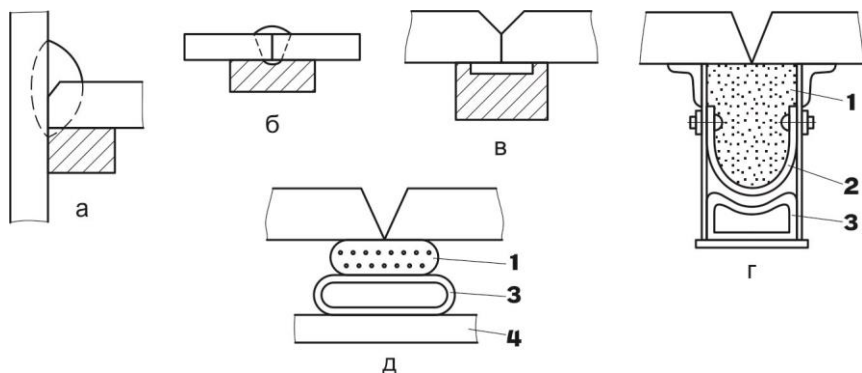
Түйістік жіктерін әдетте бір жүріп өткенде орындауға тырысады, бірақ шыңдалған немесе кейбір жоғары қоспаланған болаттарды дәнекерлеуде бірнеше рет жүріп өту талап етіледі, себебі дәнекерленуші бөлшекке келетін жылу мөлшерін шектеу керек. Оның үстіне қалыңдығы үлкен бөлшектерді, жиі болып тұрады, бір жүріп өткенде дәнекерлеу мүмкін емес. Егер болат қатты ысуға сезімтал болмаса, қалыңдығы 20 мм дейінгі түйістік қосылыстарды бір жүріп өткенде бір жақты жікпен, жиектерін өңдемей дәнекерлеуге болады. Ені 5 – 6 мм болатын бөлшектердің түйістерін толығынан жабысуын қамтамасыз ету үшін дәнекерлеуді саңлауы бойынша жүргізеді. Егер саңлау болмаса, онда қалыңдығы 14 мм дейінгі бөлшектерді жиектерін өңдемей біржақты дәнекерлеуге болады.

Дәнекерлеу барысында күйіктеспені болдырмау және жете пісуді қалыптастыру үшін біржақты жалғасулар «құлыпқа» немесе қалушы болат төсемге дәнекерленеді (1.21-сурет). «Құлыпқа» қалың қабырғалы цилиндрлік ыдыстардың және диаметрі үлкен емес құбырлардың шеңберлік жалғасулары дәнекерленеді, екі жағынан дәнекерлеу мүмкін емес, қалыңдығы 10 мм дейін баратын метал беттердің түйістік жалғасулары – қалушы төсемге. Төсемге дәнекерлеу барысында төсем ішінара балқиды және жиектің төменгі жағына жабысып қалады.

Қалушы төсем әдетте дәнекерленуші материалдың өзінен жасалады. Сондай-ақ асбест және мыс төсемдер де қолданылады, дәнекерлеуден кейін олар алынып тасталады. Түйістер кейде кері жағынан отқа төзімді материалмен жабылады. Флюстік жастықта дәнекерлеу барысында түйістің кері жағына флюстік қабат қыстырылады, ол балқыған металдың ағып кетуіне мүмкіндік бермейді. Жеткізе пісірудің формасы және қимасы түйістегі саңлаудың біртегістігімен және арнайы құрылғылардың көмегімен флюстік жастықты қысатын күші арқылы анықталады (1.22-сурет).



1.21-сурет. «Құлыпқа» (а) және қалушы болат төсемге (б) дәнекерлеудегі жеткізе пісірудің қалыптасу сызбасы.



1.22-сурет. Жеткізе пісіруді қалыптастыру қондырғысының сызбасы.

а, б, - түйістік және бұрыштық жікдар үшін мыстық төсемдер; в – арықшасы бар мыс төсем; г, д – төгілген және қалыпталған флюс жастықтары; 1 – флюс; 2 – брезент төсем; 3 – үрілген құбырішек; 4 – ұстап тұрушы тактайша.

Жастықты ақырын қысып тұрған жағдайда жік әлсіз және кері белдемі дөңес болып шығады. Тым қатты қысқан кезде жіктің кері жағы ойыс болып қалуы мүмкін. Қалыңдығы 10 мм дейін баратын метал табактарын дәнекерлеуде флюс жастықтары ауа берілетін құбырішектердің көмегімен қысылады. Темір табактардан жасалған салмақты құрылымдарды дәнекерлеу барысында (қалушы болат төсемге) флюстік жастық дәнекерленуші құрылымның өзінің салмағымен қысылады. Флюстік жастықтар дәнекерлеу барысында (1.6-кесте) жіктің жоғары сапасын қамтамасыз етеді.

1.6. кесте. Көміртектес құрыштардан жасалған жалғасуларды флюс жастығында дәнекерлеу түзімі

Темір беттерінің қалыңдығы, мм	Түйістігі саңлаудың ені, мм	Дәнекерлеу ағынының күші, А	Доға кернеуі, В		Дәнекерлеу жылдамдығы, м/с
			Айнымалы ағында	Кері жақты тұрақты ағында	
10	3...4	700 ... 750	34...36	32...34	30
12	4...5	750 ... 800	36...40	34...36	27
14	4...5	850 ... 900	36...40	34...36	25
16	5...6	900 ... 950	38...42	36...38	20
18	5...6	950 . 1 000	40...44	36...40	17
20	5...6	950 . 1 000	40...44	36...40	15

Төсем қолдана алмайтын немесе дәнекерлеуді біртегіс емес саңлау бойынша жүргізетін жағдайда жік түбірінің кері жағынан немесе негізгі өткел жағынан алдын ала жапсырып қойып флюс қабатының астындағы дәнекерлеу қолданылады.

Бір электродпен дәнекерлеуді сағатына 45 м/сағ жылдамдығымен жүргізуге болады. Кейбір жағдайларда одан жоғары жылдамдықтар керек,

мысалы, үлкен диаметрдегі дәнекерлеу құбырларын өндіруде. Бұл жағдайда жылдамдықтың ұлғаюын доғаның қуатын арттыру арқылы алуға болады. Алайда дәнекерлеу ағынының күші 1300 – 1500 А асатын болса тіліксіз және сонымен қатар балку тереңдігі жеткілікті болатын сапалы жікды алуға болмайды.

Дәнекерлеу жылдамдығын тек екі доғаті дәнекерлеуде арттыруға болады. Электродтарды тек жік өсінің бойына орналастыру керек: бірінші – тік (бұл жеткізе пісірудің қажетті тереңдігін қамтамасыз етеді), екінші – қозғалыс бағытына кері артқа қисайтып (бұл жіктің енін және жік металының негізгі металға бірқалыпты өтуін қамтамасыз етеді). Екі доға те тәуелсіз тұрақты ағынның кері жақты қуат көздерінен күш алады. Осындай әдіспен дәнекерлеу жылдамдығын 120 м/сағ дейін көбейтуге болады. Екі доғамен қалыңдығы 14 мм дейін баратын металдың түйістік жалғасуларын бір жүріп өткенде дәнекерлеуге болады, айтылатын жағдай, түйісте саңлау болу керек. Дәнекерлеуді флюстік немесе флюстік-мыстық төсем үстінде жүргізу керек. Дәнекерлеу жылдамдығын 140 м/сағ асыру үшін бір уақытта қатарынан үш доға қолданылды. Түйістік қосылыстардың екі доғалы дәнекерлеуінің түзімі 1.7 кестеде келтірілген.

1.7 кесте. Екі доғаті дәнекерлеуде түйістік жалғастарды біріктіру түзімі

Беттердің қалыңдығы, мм	Саңлау ені, мм	электрод диаметрі, мм	Электродтар орналасуы	Дәнекерлеудің ағын күші, А	Доға кернеуі, В	Дәнекерлеу жылдамдығы м/ч
8	3...4	3...4	Тік	800...850	36...40	80
			Қисайтылған	850...870	46...48	80
8	3...4	4...5	Тік	1 500...1 550	45...50	120
			Қисайтылған	1 000...1 100	42...48	120
14	4...5	5...6	Тік	2 000...2 100	40...42	120
			Қисайтылған	1 700...1 800	56...60	120

Флюс қабатының астында дәнекерлеу кезде доға тудыру, дәнекерленіп жатқан конструкцияға алдын ала тұйықталған электрод кезінде дәнекерлеу тоғын қосу жолы мен жүзеге асырылады. Егер доғаның кернеуі бойынша сымды беру жылдамдығын автоматты түрде реттеу қолданылса, онда тоқты қосқанда электродтық сым қысқа уақытқа жоғары жылжиды және сол арқылы доғаны тудыруға әрекеттеседі, сонан соң қайта

айналып белгіленген жылдамдықпен доғаға беріледі. Сым беретін тұрақты жылдамдық кезінде доға аралығы қысқа тұйықталған тоқ бір сәтте қыздыратын, дәнекерленуші конструкцияда тұйықталған электродтың бүйір жағындағы қосылғыштың жарылу нәтижесінде пайда болады.

Дәнекерлеу барысында электрод бағытының түйіс өсі бойынша немесе белгіленген бағыт бойынша дәлдігін қадағалау қажет. Флюс қабатының астындағы дәнекерлеуде доға көрінбегендіктен электродтың белгіленген бағыты көрсеткіштер бойынша (штифт немесе жарықтық дақ) немесе электродтың алдында онымен бірге бір сызықпен жылжушы көшірмелі дөңгелек бойынша анықталады. Бұл жағдайда көшірмелі дөңгелек жиек бойынша қозғалады. Сондай-ақ, фотоэлементтері бар құрылғылар да қолданылады.

Жік біткен кезде кратерді жаба дәнекерлеу техникасы автоматтың конструкциясына байланысты. Егер дәнекерлеу қозғалыссыз автоматы бар және дәнекерленуші конструкциясымен бірге жылжитын қондырғыларда жүзеге асырылатын болса, онда доға жіктің соңына жақындағанда конструкцияның жылжуын тоқтады және, ағынды өшірмей, электродтық сым беруді доғаның өзі табиғи түрде үзілгенге дейін тоқтатады. Егер дәнекерлеу тракторы қолданылса, ал дәнекерленуші конструкция қозғалыссыз болса, онда доға жікның соңына жақындағанда трактордың қозғалысын тоқтатады және біршама уақыттың барысында дәнекерлеуді сол орында жалғастырады. Сонан соң ағынды сөндірмей сым беруді тоқтатады, доға созылып барып өзі үзіледі.

Кейбір жағдайларды қалыңдығы 40 мм асатын темір беттерді дәнекерлеу үшін автоматты бір өтуші дәнекерлеу қолданылады. Бұл жағдайда дәнекерлеу науасының көлемі және тереңдігі үлен болып келеді, газдардың бөлінуі қиындайды, майда тесіктердің пайда болу ықтималдылығы ұлғаяды. Сондықтан темір беттерді күшті доғалары бар бір өтуші дәнекерлеуде жоғары газ өткізгіш қасиеті бар флюстер және жуан, диаметрі 8 – 12 мм болатын электродтық сым қолданылады. Тостақ тәріздес жақсы жік алу үшін дәнекерлеуді жоғары кернеуде жүргізеді, онда ыстық сызаттардың пайда болуы мүмкіндігі аз.

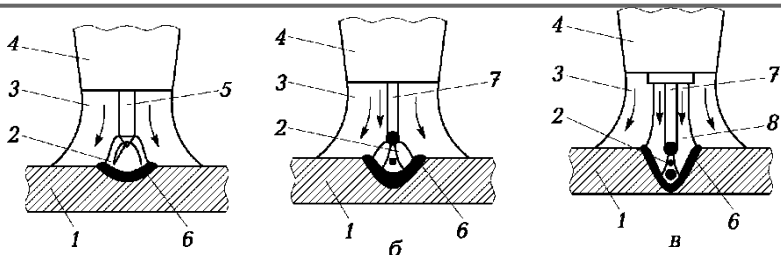
1.4.

ОРҒАЙТЫН ГАЗДАР ОРТАСЫНДАҒЫ ДОҒАЛЫҚ ДӘНЕКЕРЛЕУ

Әдістің ерекшеліктері. Доғалық дәнекерлеуде сапалы жалғауларды алу үшін доға аумағын және балқыған металды ауаның зиянды әсерінен қорғау қажет. Қорғайтын газдар ортасындағы дәнекерлеуде доға аумағын және балқыған металды қорғау үшін шілтер көмегімен берілетін газ қолданылады. Қорғайтын газдар ортасындағы дәнекерлеуді еритін немесе ерімейтін электродтар арқылы орындауға болады (1.23-сурет). Ерімейтін электродтармен

дәнекерлеуде доға электрод пен дәнекерленуші бөлшектің арасында жанады. дәнекерлеу барысында электрод ерімейді және жікқа түспейді. Доға дәнекерленуші жиектерді бойлап қозғала отырып оларды балқытады. Доғаның алыстауына қарай балқыған метал, бөлшектердің жиектерін біріктіретін жікті құрай отырып қатайды

Еритін электродпен дәнекерлеуде доға, оған үздіксіз беріліп тұратын электродтық сым мен дәнекерленуші бөлшектің арасында жанады. Доға сымды және дәнекерленуші жиектерді балқытады, нәтижесінде жалпы



1.23-сурет. Қорғайтын газдар ортасындағы дәнекерлеу сызбасы

а – ерімейтін электродпен; б – еритін электродпен; в – екі ағынды газдағы еритін электродпен; 1 – бөлшек; 2 – доға; 3 – қорғау газының сыртқы ағыны; 4 – сопло; 5 – сопло; 5 – ерімейтін электрод; 6 – дәнекерлеу науасы; 7 – электродтық сым; 8 – қорғау газының сыртқы ағымы.

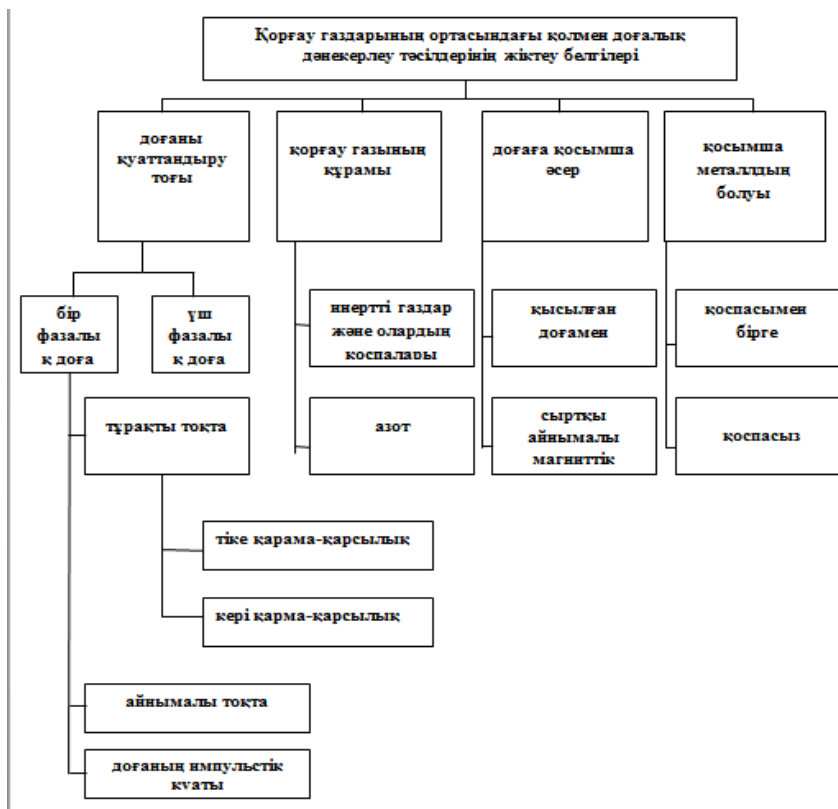
дәнекерлеу науасы құралады. Доғаның орын ауыстыруына қарай дәнекерлеу науасы жиектерді біріктіретін жік құрай отырып қатайды.

Қорғайтын газдар ортасындағы дәнекерлеудің дәстүрлі әдістерін дамытуда бірқатар жаңа тәсілдер табылып жасалды: импульстік-доғалық, вибро-доғалық. Еритін электродпен жасалатын қорғаушы газдар ортасындағы доғалық колмен дәнекерлеу тәсілінің жіктеу белгілерін жүйелеу 1.24-суретте келтірілген.

Ерімейтін электродпен жасалатын қолдық аргондық-доғалық дәнекерлеу түзімінің негізгі параметрлері – бұл доға ағыны, дәнекерлеу жылдамдығы және қорғау газының шығыны; еритін электродпен – доға ағыны, қорғау газының шығыны, дәнекерлеу жылдамдығы және электродтық сымды беру жылдамдығы.

Қорғайтын газдар ортасындағы доғалық дәнекерлеудің артықшылықтары ретінде, ыстық аумағының әсерін барынша азаюын және дәнекерленген түйіннің аз ғана өзгеруін қамтамасыз етуші, доға энергиясының жоғары тығыздығын; процестің жоғары өнімділігін; балқыған металды қорғау, әсіресе инерттік газдарды қорғау ортасы ретінде қолданғанда, тиімділігін; флюстерді немесе басқа жағатын заттарды

қолдану қажеттігінің болмауын; әртүрлі кеңістіктік жағдайда дәнекерлеу мүмкіндігін айтуға болады.



1.24-сурет. Еритін электродпен жасалатын қорғаушы газдар ортасындағы доғалық қолмен дәнекерлеу тәсілдерінің жіктеу белгілерін жүйелеу

Қолданылатын материалдар. қорғаушы газдар ортасындағы дәнекерлеуде инертті және белсенді газдар, электродтар және дәнекерлеу сымы қолданылады.

Инертті газдар (аргон, гелий және олардың қоспалары) дәнекерлеу барысында дәнекерленуші бөлшектердің металымен өзара араласпайды.

Аргон – бұл түссіз улы емес газ, ауадан бір жарым есеге дейін ауыр. Элементтердің көпшілігімен аргон химиялық байланысты түзбейді. Аргон металдың сұйық түрінде де немесе қатты түрінде де, онда ерімейді.

Аргон болат баллондарда жіберіледі, тасымалданады және сақталады, бұл баллондарда ол газ тәріздес жағдайда 15 МПа қысымында немесе қатты суытылған сұйық жағдайда ($T < -186^\circ\text{C}$, $p = 0,1 - 1$ МПа) болады.

Көміртектестенген қоспаланған болаттардан жасалған конструкцияларды еритін электродпен дәнекерлеу үшін қолданатын аргонның құрамында 1 – 5% оттегі болады.

Гелий – бұл түссіз улы емес, иіссіз және дәмсіз газ, аргоннан және ауадан әлдеқайда жеңіл, қатты денелер арқылы жақсы өте алады. Гелийді негізінен табиғи газдарды сұйылту арқылы өндіреді. Дәнекерлеу үшін тазалығы өте жоғары А сұрыпындағы гелий қолданылады.

Гелий болат баллондарда тасымалданады және сақталады, бұл баллондарда ол газ тәріздес жағдайда 15 МПа қысымында немесе қысымы 2 МПа аспайтын сұйықтатылған жағдайда болады. Гелий аргоннан көп қымбат, сондықтан оны химиялық тұрғыдан алғанда таза және белсенді металдарды және қоспаларды, сондай-ақ алюминий мен магнийдің негізіндегі қоспаларды дәнекерлеуге қолданады.

Тәжірибеде кейде аргон мен гелийдің қоспалары пайдаланылады (50 % Ag + + 50 % He и 40 % Ag + 60 % He), олар екі бөлек баллондардан алынған газдарды араластыру жолымен жасалады.

Белсенді газдар (көмірқышқыл газы және оның оттегі мен азоттан алынған қоспалары) дәнекерлеу барысында дәнекерленуші бөлшектердің металымен өзара байланысады.

Азот – бұл түссіз улы емес газ. Дәнекерлеу жұмыстарында азот кеңінен қолданылмайды. Ол мысты және оның қоспаларын дәнекерлеу үшін қолданылады, оларға қатысты азот инертті газ болып табылады. Басқа көптеген металдарға қатысты азот белсенді газ болып табылады, ол көбінесе зиянды болып келген он қолданбауға тырысады.

Балқымайтын электродтар көбінесе вольфрамдық сояу түрінде болып келеді. Вольфрамдық электродтар МЕМСТ 23949 – 80 талаптарына сәйкес болуы керек және құрамында оксидтің лантаны (ЭВЛ), иттрий (ЭВИ), диоксидтің торіі (ЭВТ) сияқты белсендіруші қосымшалар болуы мүмкін. Бұл қосымшалар жағуды жеңілдетеді, доғаның жануын ұстап тұрады және электродтың эмиссиялық төзімділігін жоғарылатады. Көп қолданылатыны диаметрі 0,5 – 10 мм болатын ЭВЛ и ЭВИ электродтары, олар максималды ағындық салмақтарға шыдамды. Вольфрамдық электродтардың тотығуына және тез құруына байланысты, оны құрамында оттегі бар газдарды қорғауға пайдаланбайды.

Дәнекерлеу сымы болаттан, алюминиден және оның қоспаларынан, мыстан және оның қоспаларынан жасалуы мүмкін.

Болат конструкцияларды дәнекерлеуде негізінен суық тартылған болат дәнекерлеу сымы (75 маркалы сымның дайындалуын қарастыратын МЕМСТ 2246 – 70 бойынша) пайдаланылады. МЕМСТ 2246 – 70 сәйкес дәнекерлеу сымы қоспалану деңгейіне байланысты төмен көміртектіленген, қоспаланған және жоғары қоспаланған болып бөлінеді.

Төмен көміртектіленген сымның 6 маркасы шығарылады: Св-08 (дәнекерлеуші сым ДС-08), Св-08А (дәнекерлеуші сым ДС-08А), Св-08АА (дәнекерлеуші сым ДС-08АА), Св-08ГА (дәнекерлеуші сым ДС-08ГА), Св-10ГА (дәнекерлеуші сым ДС-10ГА) и Св-10Г2 (дәнекерлеуші сым ДС-10Г2).

Дәнекерлеуші сымның шартты белгілерінде сымның диаметрі және маркасы; сым жасалған болатты қорытып шығару әдісін сипаттайтын индекс; сымның қолданылу мақсаты және оның үстінің түрі; МЕМСТ нөмірі.

Сымның үстіңгі беті таза және тегіс, кемшіліксіз (сызат, қыртыс, қабық, бүдір, қабыршақ, жапырылған) және кірсіз (қақ, тотық, май) болу керек. Сымның үстіңгі бетінде сызықіз (соның ішінде созылық), тырнау, жергілікті шұбарлану және жекелеген жаншылулардың болуы мүмкін. Бұл көрсетілген кемшіліктер сымның диаметріне қатысты алғанда көрсетілген ауытқудан аспау керек.

Алюминиді немесе оның қоспаларын балқытып жасалатын дәнекерлеуде негізінен тартылған және нығыздалған (пресстелген), алюминиден және алюминдік қоспалардан жасалған (14 маркалы сымның дайындалуын қарастыратын МЕМСТ 7871 – 75) дәнекерлеу сымы қолданылады.

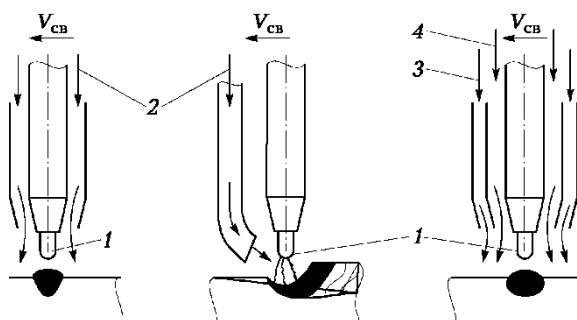
Сымның сопақтығы (овалдылығы) оның диаметріне қатысты алғанда көрсетілген ауытқудан аспау керек. Диаметрі 4 мм және одан да кем сымның үстіңгі беті химиялық өңдеуге жатады. Өңдеуден соң сым бетінің бұдырлығы $Ra < 2,5$ мкм болып (МЕМСТ 2789 – 73 бойынша) жарқырап тұру керек.

Мыстан және оның қоспаларынан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуде мыстың және оның қоспаларының негізінде жасалған дәнекерлеу сымы және шыбықтар қолданылады (МЕМСТ 16130 – 72 бойынша).

Балқымайтын электродпен дәнекерлеу технологиясы. Балқымайтын электроды бар доғалы дәнекермен әртүрлі кеңістіктік жағдайдағы, түрлі типтердегі жалғасуларды дәнекерлеуге болады. Бұл әдісті қалыңдығы 4 – 5 мм және одан да жуан табақтарды дәнекерлегенде қолданған орынды. Дәнекерлеу қосымша металсыз (жік жиектердің балқу нәтижесінде қалыптасады) және доғаның аумағына дәнекерлеу сымы ретінде берілетін қосымша металмен

орындалады. Әдетте дәнекерлеуді доға кернеуі 22 – 34 В және доғаның ұзындығы 1,5 – 3 мм болғанда жүргізеді. Электрод соңының шүмектен ұшып шығуы 3 – 5 мм аспау қажет, ал бұрыштық жіктерді және түйіскен жердегі жікті өңделуімен дәнекерлеуде – 5 – 7 мм.

Қалыңдығы 10 мм дейін баратын табақтарды қолмен дәнекерлеу сол жақ тәсілімен орындалады. Қорғау газының ағымы дәнекерлеу науасының бүкіл аумағын және қоспа сымның қыздырылған бөлігін мығым қамту керек. (1.25-сурет). Қалыңдығы аз болатын табақтарды дәнекерлеуде шілтер мен жиектің арасындағы бұрышты кеміту керек.



1.25-сурет. Сол жақ тәсілмен дәнекерлеу аумағындағы орталықтағы (а), жанындағы (б) және екі концентрлік (орталығы біреу, шоғырлас) (в) газдық ағымдардың сызбасы:

1 – электрод; 2 – қорғау газы; 3, 4 – қорғау газының сыртқы және ішкі ағымдары.

Қалыңдығы 10 мм асатын табақтарды дәнекерлеу оң жақ тәсілімен орындалады, ал шілтер мен жиектің арасындағы бұрыш 90^0 жуық болу керек. Шілтердің бұлайша орналасуын бұрыштық жалғасуларды дәнекерлеуде қолдануға кеңес беріледі. Сым доғаның бағанына емес жанынан кіргізіледі. Металдың жұқа табақтарын дәнекерлеуде сыммен алға-артқа бағытталған қимылдарды орындайды. Көп қабатты жіктерді орындауда жекелеген білікшелерді бөлшектердің барлық еніне жатқызудың қажеті жоқ деп кеңес беріледі.

Балқымайтын электродпен дәнекерлеуде балқыған метал доғалық аралық арқылы өткізілмейді, бұл доғаның жану жағдайын жақсартады және жану тұрақтылығын арттырады.

Қосымша метал қажеттілігіне қарай дәнекерлеу науасының бас жағына қарай беріледі. Дәнекерлеуші дәнекерлеу шілтерінің қозғалысын және қоспа сымның берілуін өзі қолмен бақылайды. Еритін электродпен дәнекерлеуден айырмашылығы қосымша

металдың балқуы дәнекерлеу ағынының күшіне қатты тәуелді емес. Науаға берілетін қосымша металдың мөлшері жіктің қалыптасуына қатысатын қосымша металдың талап етілетін үлесін қамтамасыз ету шарттарымен анықталады. Түйіскен жерлердегі жалғасуларды, жиектерін бөлшектемей, дәнекерлеуде қосымша метал негізінен жіктің дөңесін шығару үшін қажет.

Балқымайтын электродпен дәнекерлеудің негізгі кемшіліктері – төмен өнімділік, дәнекерлеушінің үлкен тәжірибесінің және жоғары квалификациясының қажеттілігі, доғаның жарықтық және жылулық радиациясынан қорғандық қосымша шараларын қолдану қажеттілігі.

Балқымайтын электродпен дәнекерлеу тікелей қарама-қарсылықта (электродта «минус») жүргізіледі. Оратылған доғада теріс қуатталған электрондардың ағымы теріс электродтан (шілтерден) оң қуатталғанға (дәнекерленуші бөлшекке) қарай қозғалады, ал оң қуатталған иондар – электродқа.

Кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеуде жылудың шамамен 70% анодта шоғырланған, және бұл жылудың үлкен бөлігі дәнекерлеу аумағына беріледі.

Тікелей қарама-қарсылық жіңішке тығыздалған доғаны алуға мүмкіндік береді, ол терең балқыуды және дәнекерлеудің жоғарғы жылдамдығын қамтамасыз етеді. Доғаның жылу энергиясының аз бөлігін алушы электрод, айнымалы тоқтағы дәнекерлеумен немесе кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеумен салыстырғанда аз температурада болады. Бұл өз кезегінде балқымайтын электродтың диаметрін азайтуға және қорғау газдарының шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеуде электрондардың ағымы теріс электродтан оңға қарай қозғалады, бірақ бұл жағдайда, дәнекерленуші бөлшектен электродқа қарай. Демек, балқымайтын электродтың айналасындағы доғада жылудың көп бөлігі шоғырланған. Электрод кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеуде, тікелей дәнекерлеудегіге қарағанда, жылуды әлдеқайда көп алады, сондықтан электродтың қатты қызуының алдын алу үшін диаметрі үлкейтілген электродтарды қолдануға және дәнекерлеу тоғының күшін азайтуға тура келеді. Дәнекерленуші бөлшек кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеуде жылуды аз алады, нәтижесінде балку тереңдігі азаяды.

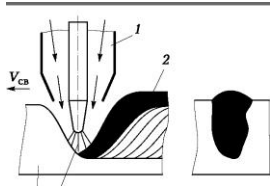
Кейбір түсті металдардың (мысалы, алюминий және магний) сыртында тотық үлдірі тез пайда болады. Алюминиді дәнекерлеуден бұрын оның сыртындағы тотық үлдірді кетіру керек, оның еру температурасы негізгі металды еріту температурасынан қайда жоғары. Тотық үлдірді механикалық (мысалы, щеткалармен) немесе химиялық (өңдеу) әдістермен кетіруге болады, бірақ үлдір

кетірілген соң-ақ, дәнекерлеуді қиындатып, метал қайта тотыға бастайды.

Метал сыртындағы тотық үлдірді кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеукезінде доғаның өзі де кетіре алады. Тікелей қарама-қарсылықта дәнекерлеукезінде оң қуатталған иондар дәнекерленуші бөлшектің негізгі металынан электродқа қарай қозғалса, енді олар электродтан бөлшекке қарай жылжиды. Бөлшектің бетіне жеткілікті күшпен соғыла отырып, олар жұқа тотық үлдірін уатады және ыдыратады, сонысымен бөлшектің бет жағын тазалайды.

Кері қарама-қарсылық доғасында маңызды технологиялық қасиет бар: оның әсерімен дәнекерленуші жиектердің беттері тазаланады және тотыққан жерлер кетіріледі. Үстіңгі тотықтарды кетіру үрдісі катодтық тозандандыру деп аталады (катодтық тазалау). Бұл аталған қасиет алюминиден, магнийден, бериллиден және олардың қоспаларынан жасалған, үстіңгі жағында әртүрлі тотық үлдірлері пайда болуға бейім, бөлшектерді айнымалы токпен дәнекерлеуде пайдаланылады. Үлдірді кетіру дәнекерлеу тоғының кері қарама-қарсылығымен жартылай кезеңде жүреді, бұл кезде дәнекерленуші бөлшек катод болып табылады. Сонымен, айнымалы токта балқымайтын электродпен дәнекерлеуде тіке және кері қарама-қарсылық доғасының артықшылықтары жүзеге асады және электродтың төзімділігі және дәнекерленуші бөлшектердің бетіндегі тотықтардың қиратылуы қамтамасыз етіледі.

Доғаның козуы және жануы үшін қажет болып табылатын негізгі шарт — доғалық аралықтағы газдың иондалуы. Иондалу дегеніміз бұл бейтарап атомдардан және молекулалардан оң және теріс иондардың құрылу үрдісі. иондалған газ — электр тоғының жақсы өткізгіші.



1.26-сурет. Батырылған доғаның балқымайтын электродымен дәнекерлеу.

1 — қорғау газының ағымы; 2 — дәнекерлеу науасы; 3 — доға; 4 — дәнекерленуші бөлшек.

Егер электродтарға жоғары кернеуді қосса, онда иондалу басталады. Ол кезде газдағы бос электрондар электр өрісімен қуаланады және үлкен энергиямен қуаттанып бейтарап атомдарды және молекулаларды иондарға жару мүмкіндігін алады.

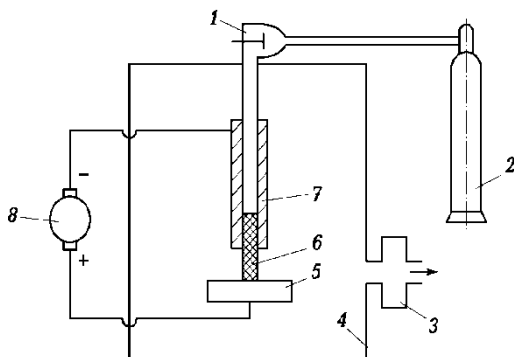
Қорғау газының ортасындағы дәнекерлеуде доға бөліп шығаратын жылу газды иондау үшін жеткілікті. Бірақ айнымалы синусоидалды токтағы дәнекерлеуде доға бөлетін жылудың нөлдік мәнінен токтың өту кезінде, ток жеткіліксіз болады және доға өшеді. Айнымалы синусоидалды токтағы дәнекерлеуде доғаның

өшуін болдырмау үшін және электродтың дәнекерленуші бөлшекке қысқа тұйықталмай доғаның козуын жеңілдету осцилляторлар қолданылады. Осциллятор – бұл жоғары кернеудің және жиіліктің қайнар көзі, ол электрод пен дәнекерленуші бөлшектің арасында ұшқындық ажыратуды жасауға қабілетті. Электрод аралық ұзындығы 1 мм болатын саңлауды тесіп өту үшін ауада шамамен 1 – 3 кВ кернеу қажет, ал аргонда тесіп өту кернеуі төмен болуы мүмкін.

Балқымайтын электродпен дәнекерлеудің түрлері.

Қорғаушы газдар ортасындағы балқымайтын электродпен дәнекерлеу түрлерінің бірі батырылған доғамен дәнекерлеу әдісі (1.26-сурет), онда диаметрі жоғары электрод және жоғарылатылған дәнекерлеу тоғы қолданылады. Жалғау түйіске жиектерді өңдеусіз және саңлаусыз жиналады. қорғау газын шүмек арқылы 40 – 50 л/мин дейін беруді ұлғайтқанда 1 газ доғаны айналдыра қысады, бұл доғаның температурасын көтереді. Плазматрондағы сияқты, доға арқылы өткен газ қызына отырып, өзінің көлемін ұлғайтады және плазманың қасиеттеріне ие болады. Қорғау газының және доғаның қысымы 3, доғаның астынан балқыған металды ығыстырып шығара отырып оның негізгі металға тереңдеуіне жағдай жасайды.

Осылайша доға, балқыған металда пайда болған қуыста жанады. Бұл жағдайда электродтың түсірілуі (қойылуы) солай, доға металдың үстіңгі бетінен төмен жерде жанады (металға батырылған доға). Кристалдану кезінде дәнекерлеу науасы жікті құрайды. Бұл тәсілмен қалыңдығы 36 мм дейін баратын, титаннан, алюминиден, жоғары қоспаланған болаттан және басқа да металдардан жасалған конструкцияларды екі жағынан дәнекерлеуге болады (дәнекерленуші конструкцияның тығыздығы аз болған сайын оның қалыңдығы да ұлғаяды).



1.27-сурет. Қуыс балқымайтын электродпен (катодпен) вакуумда дәнекерлеу:

1 – мөлшерлеуші қондырғы; 2 – инертті газ баллоны; 3 – насос; 4 – вакуумдық камера; 5 – дәнекерленуші бөлшек; 6 – доға; 7 – қуыс электрод; 8 – тоқ көзі.

Осы кезде ерекше, бөшкетәріздес түрдегі жік шығады, оның себебі доға металдың жоғарғы жазықтығынан төмен жанады.

Батырылған доғамен дәнекерлеуді тік жағдайда жоғарыға қарай да орындауға болады.

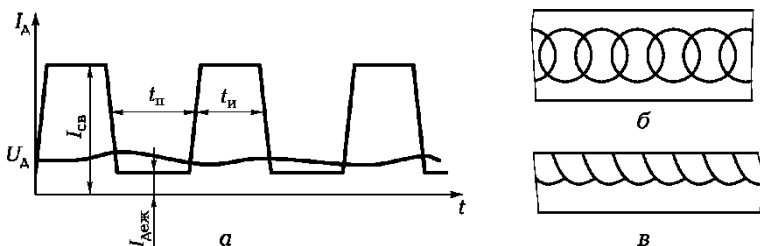
Бұл жағдайда дәнекерлеу науасында балқыған метал төмен қарай аға бастайды, оны кристаллдаушы (сумен салқындатылатын, мыстан жасалған темірқорам) ұстап тұрады және жік құрауға мәжүбірлейді. Толық балқытпай бір жағынан немесе екі жағынан екі рет өтіп, әрқайсысында толық балқытпай, дәнекерлеуге де болады. Батырылған дәнекерлеуде жіктің жарамсыз учаскелерін шығару үшін кіріс және шығыс тақтайшалары орнатылады: бастапқы (толық емес дәнекерлеу) және соңғы (отырғызылатын бақалшық (усадочная раковина)).

Балқымайтын электродпен дәнекерлеу түрлерінің тағы бірі вакуумда қуыс электродпен (катодпен) дәнекерлеу (1.27-сурет).

Доғаны вакуумда қоздыру және ұстап тұру қиын, себебі әлсіз қуатсыздану камераның қабырғаларына өтеді. Газдың дозаланған мөлшерін электрод қуысына беру электродтың ішкі бетіндегі катодтық дақты тұрақтандырады. Ішкі қуыстағы катодтың қозғалысы электродтың қызуын жап-жарық сәуле шашуға дейін әкеледі. Ток күші 50А жоғары болғанда доға өзінің бүкіл ұзындығында цилиндрлік формадағы көгілдір разряд болып көрінеді.

Электрод қуысына берілген газ иондалу арқылы плазмалық қасиеттерге ие болады. Электрод қуысына берілген газдың мөлшері камерадағы газдың қысымын 50мм сын. бағ.аспауын қамтамасыз ету керек. Дәнекерлеудің бұл тәсілін қолдану балқыған металдағы газдарды және қоспалаушы элементтердің қалдықтарын кетіруге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл арқылы қалыңдығы 15 мм дейін баратын әр түрлі металдардан және қоспалардан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуге болады.

Жұқа металл табактарды дәнекерлеу үшін импульстік доға қолданады.



1.28-сурет.

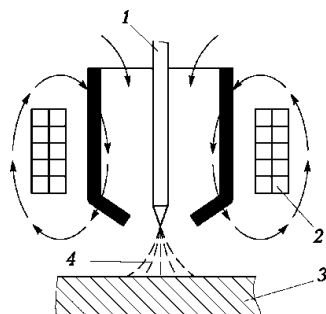
доғадағы ток күшінің I_d және кернеудің U_d импульстік аргондық-доғалық дәнекерлеуде (а) өзгеруі және дәнекерленуші табак жазықтығындағы (б) және табактың кесілу бойындағы (в) жік пішіні:

I_d – доғадағы ток күші; $I_{св}$ – импульстегі доғаның ток күші; $I_{кез}$ – кезекші түзімдегі (үзіліс) доғаның ток күші; B_n – импульстің ұзақтығы; B_n – үзілістің ұзақтығы; i_d – доға кернеуі.

1.29-сурет.

Үздіксіз жанушы доғаның сыртқы магниттік өрісінің әсерімен доғалық дәнекерлеудің ауытқу немесе орын ауыстыру сызбасы:

1 – электрод; 2 – электромагниттің катушкасы;
3 – дәнекерленуші бөлшек; 4 – доға.



Бұл тәсіл импульстік аргондық-доғалық дәнекерлеу деп аталады (1.28-сурет). Негізгі металл уақыттың белгілі бір интервалында тұрақты тоқтың жекелеген импульстары арқылы дүркіндеп жанатын доғамен балқытылады. Доғаның жануында (E_n) үлкен үзіліс болса доғалық аралықтағы газдың иондалуы төмендейді, бұл доғаның қайтадан қозуын қиындатады. бұл кемшілікті болдырмау үшін дербес қуат көзі бар екінші кезекші доға (әдетте күші аз) үнемі дайын тұрады. Осы доғаға негізгі (импульстік) доға қойылады. Кезекші доға электродтың термоэлектрондық эмиссиясын (шығару) ұстап тұрады және негізгі дәнекерлеу доғасының тұрақты пайда болуын қамтамасыз етеді.

Бұл жағдайда жік бірін-бірі жауып тұратын жекелеген нүктелерден тұрады. Жауып тұру көлемі дәнекерленуші бөлшектің қалыңдығына, дәнекерлеу тоғының күшіне және кезекші доғаның тоғына, дәнекерлеу жылдамдығына және т. б. тәуелді. Ток күшінің және оның импульс ұзақтығының ұлғаюымен бірге жіктің ені және балку тереңдігі де ұлғаяды. Жіктің өлшемдері негізінен тоқтың импульсіне қарағанда оның күшіне көп тәуелді болып келеді. Шеңберге жақын орналасқан жекелеген нүктелердің қолайлы формасы балқыған металдың дәнекерлеу науасынан (күйіктеспеден) ағып шығу мүмкіндігін азайтады. Сондықтан дәнекерлеуді төсемсіз асулы тұрған күйде де орындауға болады, оған қоса барлық кеңістіктік жағдайда және жақсы сапасымен.

Тәжірибеде үздіксіз жанушы доғаның ауытқуы немесе орын ауыстыруы үшін сыртқы магниттік өріс (1.29-сурет) қолданылады. Дәнекерлеу доғасына параллель немесе перпендикуляр орналасқан сыртқы айнымалы немесе тұрақты магниттік өріс П-тәріздес электр магниттері арқылы жасалады. Бұл жағдайда доғаны дәнекерлеу бағытына қатысты кез келген жаққа қисайтуға болады. Доға дәнекерлеу бағытына қарай ауытқығанда (магниттік өріс те дәнекерлеу бағытына параллель болады) электрод бұрышын алға қисайтып дәнекерлеудегідей нәтиже байқалады. Бұл жағдайда балку тереңдігі

азаяды. Доға кері бағытта ауытқыса, электрод бұрышын алға қисайтып дәнекерлеудегідей балқу тереңдігінің ұлғаюы байқалады.

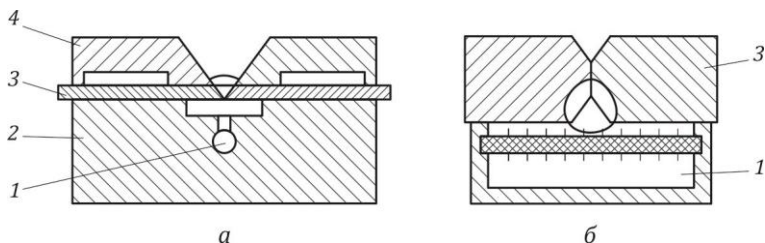
Айнымалы сыртқы магниттік өрісте доға оның жиілігімен тербеледі. Қорытындысында дәнекерленуші конструкцияға жылуды кіргізу шарттары өзгереді, атап айтқанда, оның үстіңгі жақта бірқалыпты таралуы. Доғаның дәнекерлеу бағытына көлденең тербелуі барысында жіктің ені ұлғаяды және балқу тереңдігі кемиді, бұл жұқа металл табактардан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсілді әртектес металдардан жасалған конструкцияларды дәнекерлеуде қолданған ыңғайлы.

Дәнекерлеу ваннасындағы балқыған металлға берілетін тербелістер оның кристалдану сипатын өзгертеді, бұл жік металының түйірлерін майдалауға және оның қасиеттерінің жақсаруына мүмкіндік береді. Аталған дәнекерлеу тәсілі жікте ірі түйіршікті құрылымның қалыптасуына бейім металдардан (алюминиден, мыстан, титаннан және олардың қоспаларынан) жасалған конструкцияларды дәнекерлеуде қолданылады. Қарастырылған тәсілді беріктігі жоғары болаттар мен қоспалар конструкцияларын да дәнекерлеуде қолданудың бай тәжірибесі жинақталған.

Балқымайтын электродтарды қалыңдығы 0,1 – 6 мм болатын металл табактарды дәнекерлеуде қолданған орынды. Бірақ оларды қалыңдығы одан да жоғары табактарға қолдануға болады. Бұл дәнекерлеу қоспасыз да (жік жиектердің еру нәтижесінде қалыптасады) және алдын ала өңдеуге жатқызылған немесе дәнекерлеу аумағына қоспа сым ретінде қосымша берілетін қоспа металмен де орындалады. Бұрыштық және түйістік жіктер барлық кеңістіктік жағдайда қолмен, жартылай автоматты және автоматты түрде орындалады.

Электродтың жұмыс ұшының ластануы оның төзімділігін (балқу температурасы төмендеу вольфрам қоспасы қалыптасады) төмендетеді және жіктің сапасын нашарлатады. Сондықтан доғаны негізгі металлға тигізбей қоздыру керек немесе осциллятордың көмегімен қоспа сымға немесе көмірлі электродпен доғалық аралықты тұйықтау арқылы. Дәнекерлеу тоғының күші дұрыс таңдалса электродтың жұмыс істейтін ұшы көп шығындалмайды және қайрау пішіні ұзақ сақталады.

Жіктің сапасы көп жағдайда ауаның дәнекерлеу аумағынан ысырылу дәрежесімен анықталады. Қорғау газдың қажетті шығыны дәнекерленуші бөлшектің қалыңдығына және оның металының құрамына, дәнекерлік жалғаудың түріне және дәнекерлеу



1.30-сурет. Жіктің кері кері жағын ауа әсерінен қорғау үшін қажет төсемдер: бір жакты а) және екі жакты б) белсенді металдардан алынатын конструкцияларды дәнекерлеу:

1 – қорғаушы газ беретін арықша; 2 – мыс төсем; 3 – дәнекерленуші бөлшек; 4 – қысушы аспап.

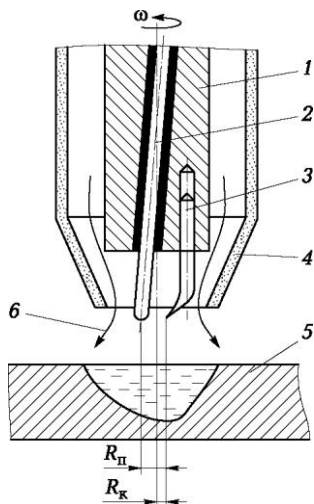
жылдамдығына байланысты орнатылады. Қорғау газының ағыны дәнекерлеу барысында дәнекерлеу науасының бүкіл аумағын, қоспа шыбықтың қыздырылған бөлігін және электродты сенімді түрде қамту керек. Дәнекерлеудің жоғары жылдамдығында қорғау газ ағынын ауа ығыстыруы мүмкін. Бұл жағдайда қорғау газ шығынын ұлғайту қажет.

Белсенді металдардан шығатын конструкцияларды дәнекерлеуде жік түбіріндегі жақсы жеткізілген пісірімді алу ғана емес, сонымен қатар оның кері жағының ауа әсерінен қорғалуын да қамтамасыз ету керек (1.30-сурет). Бұған мыстан немесе басқа материалдан жасалған, қорғаушы инертті газ жүретін арықшалары бар төсемдерді қолдану арқылы қол жеткізуге болады.

Қалыңдығы 10 мм дейінгі табақтарды түйістіріп жалғауда қолмен істелетін дәнекерлеуді оңнан солға қарай жүргізеді (сол жақ тәсіл). Жұқалау табақтарды дәнекерлеуде шілтердің және табақ бетінің арасында 60° бұрыш орнатылады. Қалыңдау табақтарды дәнекерлеуде оң жақ тәсіл қолданылады; шілтердің және табақ бетінің арасында, бұрыштық жалғауларды дәнекерлеудегідей, 90° бұрыш орнатылады.

Жұқа табақтарды қолмен дәнекерлеуде қоспа шыбықты алға-артқа қозғалта отырып доғаның бағанына емес біршама шетінен кіргізеді; қалыңдау табақтарды дәнекерлегенде – алдына және көлденеңіне қарай қозғалтады. көп қабатты жіктерді жасауда жекелеген білікшелерді өндеудің бүкіл еніне қоюдың қажеті жоқ деп кеңес беріледі.

Автоматты және жартылай автоматты дәнекерлеуде электродты табақтың бетіне перпендикулярлы орналастыру керек. Табақ беті мен қоспа сымның (әдетте диаметрі 2 – 4 мм) арасындағы бұрыш 90° жуық болуы керек. Көп жағдайда дәнекерлеу бағытын



1.31-сурет. Айынушы балқымайтын электродпен автоматты дәнекерлеу сызбасы:

- 1 – электрод ұстағыш;
- 2 – қоспа сым;
- 3 – балқымайтын электрод;
- 4 – шүмек;
- 5 – дәнекерленуші бөлшек;
- 6 – аргон ағыны;

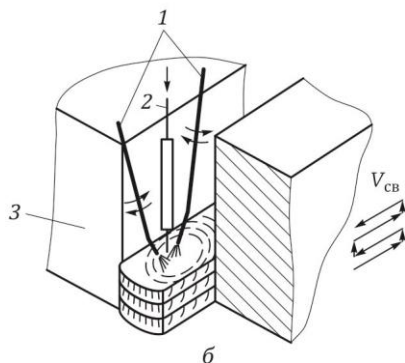
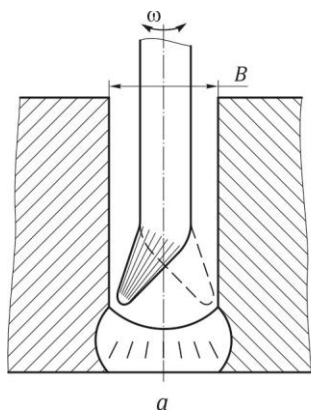
Ясым – қоспа сымның айыну радиусы;

Яұшы – электродтың жұмысшы ұшының айыну радиусы;

ю – электрод айынуының бағыты.

таңдағанда қоспа сым доғаның алдында тұрады (дәнекерлеу науасының бас жағына беріледі).

Бірақ қисық сызқты пішін бойынша дәнекерлегенде қоспа сымды берудің бұл сызбасы ыңғайсыз, себебі айналыстарда жікті қалыптастыру өте күрделі.



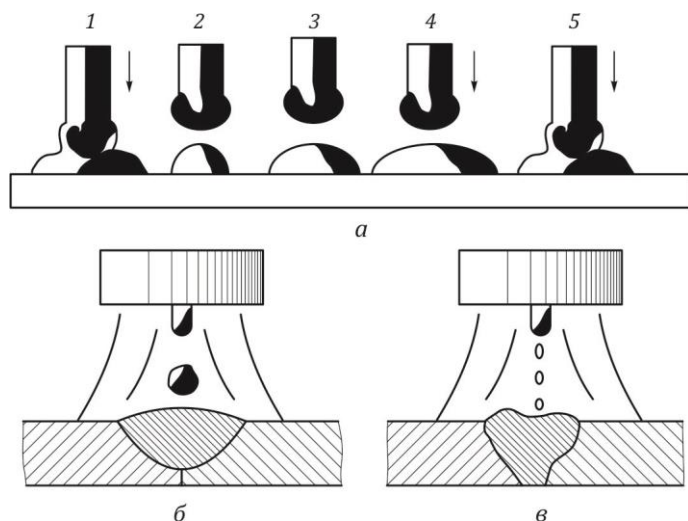
1.32-сурет. Балқымайтын сканерлеуші (а) бір және (б) екі электродтармен жарық саңлауы бойынша дәнекерлеу сызбасы:

- 1 – электродтар;
- 2 – қоспа сым;
- 3 – дәнекерленуші бөлшек;
- Ю - электрод айынуының бағыты; В – жиікті өңдеу ені.

Бұл жағдайда қоспа сымды дәнекерлеу науасына беру тік түрде жүзеге асырылады. Бұл кезде жіктің қисық сызықты учаскелері дәнекерлеу шілтері бұрылмаса да дәнекерленеді. Дәнекерлеу барысында балқымайтын электродты электрод ұстағышпен бірге қоспа сымның төңірегінде айналдырып тұру қажет (1.31-сурет).

Қазіргі кезде қалың табақтарды балқымайтын сканерлеуші электродтармен жарық саңлауы бойынша дәнекерлеу кеңінен қолданыс тапты (1.32-сурет). Молынан балқытылатын металдың мөлшерін қысқарту есебінен дәнекерлеудің өнімділігі көп жоғары арттырылады. Бірақ бұл жағдайда жиектің өңделуі толық балқымауы мүмкін, бұл жікте балқымай қалудың қалыптасуына әкелуі мүмкін. Бұл жағдайда бір немесе екі бағытталушы, қайырылған ұшы бар электрод қолдануға болады, оның ұшы саңлауда бұрыла алады. Доғаны оның біртіндеп ұзаруы арқылы ұзу керек, ал автоматты дәнекерлеуде – дәнекерлеу тоғының күшін азайту арқылы. Электрод тотығуын алдын ала ескерту үшін және кратердегі балқыған металды қорғау үшін қорғау газын беруді доға үзілген соң 5 – 10 с тоқтатады. Құбырышектерді ауадан босату үшін қорғау газын доғаның козуына 15 – 20 с қалғанда қосады.

Балқитын электродпен дәнекерлеу технологиясы. Балқитын электродпен дәнекерлеу барысында жік негізгі және қосымша металдың (электродтық сымның) балкуының нәтижесінде құралады. Жіктің пішіні және өлшемдері



1.33-сурет. Электродтың балку және электродтық металдың дәнекерлеу науасына өткізудің негізгі формалары:

а) доғалық аралықты кезеңдеп қысқа тұйықтау; б) тамшылық; в) ағындық; 1 – 5 электродтық металды доғалық аралықты кезеңдеп қысқа тұйықтауда өткізу үрдісінің сатылары.

дәнекерлеудің жылдамдығына, электродтың және дәнекерленуші бөлшектің кеңістіктік жағдайына ғана емес, сонымен қатар электродтық металдың балқуына және дәнекерлеу науасына өтуіне де тәуелді.

Электродтың балқу және электродтық металдың дәнекерлеу науасына өту сипаты негізінен электродтың материалымен, қорғау газының құрамымен, дәнекерлеу тоғының тығыздығымен анықталады. Балқитын электродпен дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілінде электродты балқыту және электродтық металды дәнекерлеу науасына өткізудің негізгі үш формасын (1.33-сурет) атауға болады: доғалық аралықты кезеңдеп қысқа тұйықтау, тамшылық және ағындық.

Доғалық аралықты кезеңдеп қысқа тұйықтап дәнекерлеу диаметрі 0,5 – 1,6 мм болатын, кернеуі 15 – 22 В қысқа доғадағы электродты сымдармен жасалады. Доғалық аралықтың кезекті қысқа тұйықталуынан соң (1, 2 сатылар) жоғарыға тарту күшімен электродтың бүйір жағындағы балқыған метал тамшыға болып жиналады; доғаның ұзындығы және кернеуі максималды шамаға жетеді. Бұл үрдістің барлық сатыларында электродты сымды беру жылдамдығы тұрақты, ал оның балқу жылдамдығы өзгереді (мысалы, 3 және 4 сатыларда ол беру жылдамдығынан аз болады). Нәтижесінде электродтың бүйірі тамшымен бірге дәнекерлеу науасына (доғаның ұзындығы және кернеуі азаяды) қысқа тұйықталуға дейін жақындайды (5 саты). Доғалық аралықты қысқа тұйықтауда дәнекерлеу тоғының ккүші бірден өседі және электрлік магнит күшінің қысушы қимылы артады, олардың бірлескен әрекеттерінің ықпалымен электрод пен дәнекерленуші бөлшектің арасындағы сұйық металдың қосқышы үзіледі. Доғалық аралықтың қысқа тұйықталу кезінде балқыған электродтық материалдың тамшысы дәнекерлеу науасына өтеді. Ары қарай үрдіс қайталана береді.

Доғалық аралықтың кезеңдеп тұйықталуы жиілігі 90 – 450 секунд арлығында өзгеріп тұруы мүмкін. Электродты сымның әр диаметрі үшін оның материалына және пайдаланатын қорғау газына байланысты дәнекерлеу тоғының өзінің диапазоны болады, сол диапазонда доғалық аралықты қысқа тұйықтау арқылы дәнекерлеу мүмкіндігі туындайды. Түзімнің қолайлы параметрлерінде дәнекерлеуді әр түрлі кеңістіктік жағдайларында жасау мүмкін болады, ал электродтық материалдың шашырау шығыны 7% аспайды.

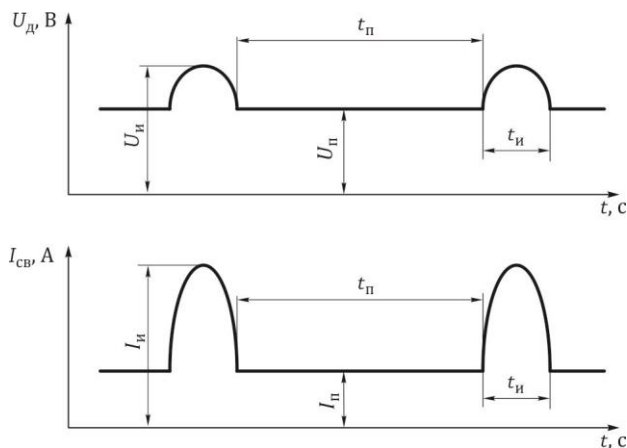
Дәнекерлеу тоғының және доға ұзындығының ұлғаюы электродтың балқу және электродтың өту сипатының өзгеруіне әкеледі және доғалық аралықтың қысқа тұйықталуы арқылы дәнекерлеу доғалық аралықтың сирек қысқа тұйықталуы (немесе оларсыз) арқылы дәнекерлеуге өтеді. Электродтық метал дәнекерлеу науасына жекелеген ірі тамшылар ретінде өткізіледі және бұл қаруланбаған көзге де көрінеді. Бұл жағдайда доғаның технологиялық қасиеттері

нашарлайды, төбелік жағдайда дәнекерлеу қиындайды, электродтық материалдың қалдық және шашырау шығындары 15 % дейін өседі.

Кері қарама-қарсылықтағы дәнекерлеу тоғының күші жеткілікті үлкен шамаларда (импульстерсіз) болғанда және доға инертті газдар ортасында жанғанда электродтық металдың өте майда тамшылар ретінде өту үрдісі байқалуы мүмкін. «Ағындық өту» деген атау электродтың бүйірінен ағып шыққан балқыған металдың дәнекерлеу науасына үздіксіз ағын түрінде құйылуымен байланысты және бұл үрдісті қаруланбаған көзбен бақылауға болады (1.33-сурет, в). Электродтық металдың өту сипатының тамшылаудан ағындыққа қарай өзгеруі, берілген диаметрдегі дәнекерлеу сымы үшін, дәнекерлеу тоғы барынша үлкен шамаға дейін ұлғайғанда орын алады.

Қорғау газы құрамының өзгеруі де тоқтың барынша үлкен шамасына әсер етеді (мысалы аргонға 5% оттегі қосылса оны төмендеті). Көмірқышқылды газдық ортадағы дәнекерлеу барысында арнайы әдістерсіз балқыған электродтық металды дәнекерлеу науасына өткізу мүмкін емес.

Ағындық өткізу барысында электрлік магнит күштерінің қысушы әрекетінің нәтижесінде дәнекерлеу науасына қарай газдар мен электрод металының ағуы бірден ұлғаяды. қорытындысында доғаның астында сұйық металл қабаты азаяды, дәнекерлеу науасында жергілікті тереңдеу пайда болады. Жік өз осінің бойындағы жоғары тереңдіктегі балку нәтижесінде өзіндік пішінге ие болады. Дәнекерлеу барлық кеңістіктік жағдайларда мүмкін.



1.34-сурет. Импульстік-доғалық дәнекерлеуде ток күшінің және кернеуінің өзгеруі: I_n, u_n негізгі доғаның үзіліс кезіндегі ток күші және кернеуі; I_n, u_n – негізгі доғаның импульс кезіндегі ток күші және кернеуі; B_n, B_n үзілістің және импульстің ұзақтығы.

Доғаның технологиялық қасиеттерін жақсартуға оның тоқ күшінің және кернеуінің мезет-мезет өзгеріп тұруы – импульстік-доғалық дәнекерлеу – мүмкіндік береді (1.34-сурет).

Тоқ импульсінің әсерімен электродтың тездеп балқуы жүре бастайды, ол электродтың ұшында тамшылардың қалыптасуын қамтамасыз етеді. Электрлік динамикалық күштердің бірден ұлғаюы тамшының мойынын жіңішкертеді және оны дәнекерлеу науасына қарай бағыттап лактырады (1.33 б-сурет).

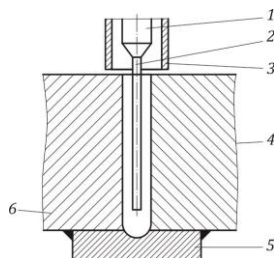
Жекелеген импульстерді немесе параметрлері бірдей немесе әртүрлі болатын импульстер тобын пайдалануға болады. Соңғы жағдайда бірінші (немесе біріншілері) импульс электродтың балқуын тездетеді, ал келесілері балқыған электрод металының тамшысын дәнекерлеу науасына тастайды (1.33-сурет, б).

Электрод металының өту сипатын басқаруға болады, бұл үшін оған электродтық сымды импульстік беру жолымен ықпал ету керек. Импульстік беру жұмысшы токтардың шама диапазонын кеңейтуге мүмкіндік береді, соның ішінде доғалық аралықты қысқа тұйықтаулар арқылы дәнекерлеудің де, олардың жиілігі сымды үздіксіз берумен салыстырғанда 3 – 5 есе артуы мүмкін. Бірақ бұл тәсілді өндірісте қолдану сымды импульстік берудің сенімді механизмдерінің болмауына байланысты қиын болып тұр.

Балқушы электродпен дәнекерлеуде сыртқы магниттік өрістер доғаны ауытқытады. Сыртқы магниттік өрісті қолданудың тиімділігі ұзын доғаны қолдану арқылы дәнекерлеуде байқалады және электродтық металды ағындық өткізуде ерекше көрінеді. Бұл жағдайда электродтың балқыған бүйіржағы сыртқы магниттік өрістің жиілігімен синхронды тербеледі. Көлденең тербелістерде жіктің ені ұлғаяды және балку тереңдігі кемиді. Қорытындысында қалыптасушы жікте, өз осі бойынша балкудың жоғары тереңдігі болмайды.

Қорғау газын жоғары жылдамдықтағы орталықтық беруді қолдану арқылы доғаның технологиялық сипатын өзгертуге болады. Әдеттегі шығындарда газдың жоғары жылдамдықта ағып шығуын, шығу тесігі кішірейтілген шүмектерді қолдану арқылы қамтамасыз етуге болады. Доғаны газбе үрлеу оның үстіңгі бетінің кішіреюіне (сығылуына) келтіреді. нәтижесінде дәнекерленуші бөлшекке доғадан келіп кіретін жылудың тығыздалуы жоғарылайды. Газ ағынының кинетикалық ағыны балқыған металды доғаның астынан ығыстырады және доға бөлшекке тереңдеп енеді. Қорытындысында балқыту тереңдігі 1,5 – 2 есеге артады, бірақ жіктерде кемістіктердің орын алу мүмкіндігі жоғарылайды.

Отандық және шетелдік тәжірибеде жиектерін жіңішке жарықтық өңдеу арқылы дәнекерлеу қолданылады (1.35-сурет), бұл жағдайда, қалыңдығы 200 мм болатын бөлшек жиектерін қиюсыз жиналады, олардың арасындағы саңлау бар жоғы 6 – 12 мм. Дәнекерлеу автоматтарда орындалады. Болаттан жасалған бөлшектерді жиектерін жіңішке жарықтық өңдеу тәсілі арқылы балқитын электродпен дәнекерлеуде қорғау үшін дұрысы 75 – 80% аргонның және 20 – 25 % көмірқышқылды газдың қоспасын пайдалану. Алюминиден және оның қоспаларынан жасалған конструкцияларды дәнекерлеу үшін аргонның және гелийдің қоспасын пайдалану қажет. Өндеуді бір қиманың білікшелерін қою жолымен толтырады. Аталған тәсіл термикалық әсер аумағының ұзындығын азайтылуымен және жік құрылымының майда кристаллды біртегістілігімен сипатталады.



1.35-сурет. Жиектерін жіңішке жарықтық өңдеу арқылы импульстік-доғалық дәнекерлеудің сызбасы:
1 – ток әкелуші мүштік;
2 – электродтық сым;
3 – шілтердің шүмегі;
4, 6 – дәнекерленуші бөлшектер;
5 – негізгі материалдан қалушы төсем

Дәнекерлеудің бұл тәсіліне жіктің пішіні және өлшемдері дәнекерлеу түзімінің негізгі параметрлеріне тәуелді, тура флюс қабатының астында дәнекерлеудегі сияқты. Дәнекерлеу үшін жіңішке электрод сымдары (диаметрі 3 мм дейін) қолданылады, сондықтан жеткізе дәнекерлеу жіңішке болып шығады. Жіктің формасы және дәнекерлеу науасындағы металдың кристаллдану шарттары электродтың тербелуі есебінен өзгереді. Қазіргі уақытта көмірқышқылды газдық ортада дәнекерлеу үшін диаметрі 3 – 5 мм болатын электродтық сымдарды қолдану тәжірибесі жинақталған. Бұл жағдайда дәнекерлеу тоғының күші 2000 А жетеді, соның есебінен дәнекерлеу өнімділігі көп артады. Бірақ мұндай қатты жылдамдатылған түзімдерді пайдалануда түйістік жіктердің сапасы нашарлайды және оларда тіліктер қалыптасады.

Шілтердің шүмегі мен дәнекерленуші бөлшектің үстіңгі жағының арасындағы қашықтық әдетте 8 – 15 мм арасында болады. Тоқ беруші мүштік шілтер шүмегінің шеттерінің деңгейінде немесе бұл деңгейден 3 мм төмен тұруы керек. Бұрыштық және түйістік жіктерді терең өндеп орындауда ток әкелуші мүштік шілтер шүмегінен 5 – 10 мм шығып тұрса да болады.

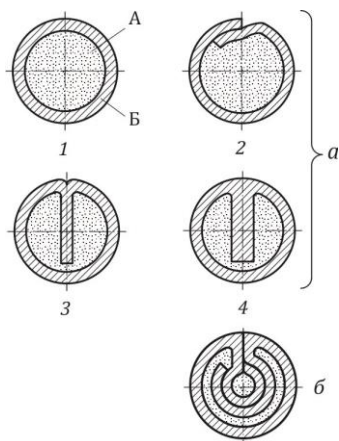
Жұқа табактарды дәнекерлеу барысында электродты дәнекерлеудің бағытына қарай тік 20 – 30° ауытқыту керек. Тік қабырғадағы жалғаулардың бұрыштық жіктерін дәнекерлеуде шілтерді тік қабырғадан 30 – 45° қосымша ауытқыту қажет. Жұқа табактарды дәнекерлеуде тік жіктер әдетте «түсуге қарай» орындалады (балқыған

металды ағып түсуден жақсылап ұстау үшін электрод артқа қарайғы бұрышта болу керек). «Көтерілуге қарай» орындалатын дәнекерлеу жиектердің терең жеткізіп дәнекерленуін қамтамасыз етеді.

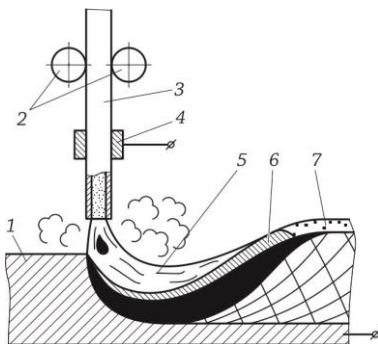
Көлденең жіктерді дәнекерлеуде электродты жиектің төменгі бөлігінде орналастыру керек және оны көлденең тербелістер арқылы қозғау керек. Төбелік жіктерді дәнекерлеуде электродты тік түрде немесе бұрышын артқа беріп еңкейтіп орналастыру қажет және оны көлденең тербелістер арқылы қозғау керек.

1.5. ҰНТАҚ СЫМДЫ ДОҒАЛАП ДӘНЕКЕРЛЕУ

Ұнтақ сым конструкциясы. Ұнтақ сым метал қабықшадан және ұнтақ өзекшеден тұратын үздіксіз электродтан тұрады (1.36-сурет). Өнеркәсіпте ұнтақ сымның екі типі шығарылады: газ қорғағыш (ұлы қышқыл газ ортасында балқыту үшін) және өзін-өзі қорғағыш (қосымша қорғағышсыз дәнекерлеу үшін). Ұнтақ сым конструкциясы оның доғал болып еру ерекшеліктерін айқындайды. Өзекше тәрізді сым 50... 70% металл емес материалдардан және метал қабықшасының электрмен қарсыласуы жүз есе көп электрмен қарсыласуынан тұрады. Сондықтан барлық дәнекерлеу тогы метал қабықша арқылы өтіп бәрін балқытады.



1.36-сурет. Ұнтақты сым конструкциясы:
а – бірқабаты (1-құбыр, 2-айқасалын; 3,4 – қабығына бүгілген); б-екіқабаты; А – ұнтақты өзекше; Б – болат қабықша



1.37-сурет. Ұнтақты сымды доғалап дәнекерлеу сызбасы:
1 - балқытылатын бөлшек; 2 – езгіш дөңгелектер; 3 – ұнтақты сым; 4- сырғымалы ток жүргізгіш; 5- дөңгелек; 6- балқытылған қоқыс; 7- қатып қалаған қалдық

Металл қабықшаның ішінде орналасқан өзекшені балқыту негізінен металл қабығынан балқытылған доғаның жылу бөлу және жылу беру есебінен өтеді. Бұл өзекшенің қабықшадан шығуы қабілетін ескертеді сұйық металл науасына жанасуын немесе оған балқытылған күйінде жартылай өтеді. Бұл металл емес жік қосындыларының ластануын ұлғайтады.

Дәнекерлеу технологиясы. Ұнтақты сымды доғалап дәнекерлеу сызбасы 1.37-суретте келтірілген. Негізінен ұнтақты сым құбыршекті жартылай автоматты дәнекерлеу үшін қолданылады. Өртүрлі қосындылардағы түйіскен және бұрыштық жіктерінің болуы байқалуы электродпен балқытылатын қорғаныш газдың ортасында оларды дәнекерлеу техникасынан айырмашылығы жоқ. Алайда дәнекерлеу науасының үстіңгі жағында қалдық жиналуы оның дәнекерлеу науасының алдыңғы бөлігіндегі ернеу мен саңылауына ағу жіктерінің түбіне баруын қиындатады. Көпқабатты дәнекерлеу кезінде алдыңғы қабаттарының үстін қалдықтардан мұқият тазарту қажет.

Ұнтақ сымдарды дәнекерлеудің өз кемшіліктері бар. Құбырлық конструкцияның ұнтақты сымы қаттылығы аз болғандықтан езгіш дөңгелектердегі сымды шектелген күшпен сығымдау қолдануды қажет етеді. Диаметрі 2,6 мм сымды және оданда көбін пайдалану кезінде доға мықты жану үшін жоғарғы дәнекерлеу тоғы қажет. Осымен оны тек төменгі және сирек тігінен дәнекерлеу үшін қолдау көзделген. Сонымен қатар балқытылған қалдықпен жабылған кеңейтілген көлемде жасалған дәнекерлеу науасы жоғарынан тарту және доға қысымына тігінен және төбеде ұсталмайды.

Дәнекерлеу науасының үстіндегі қалдық балқытылған металдың кристалдануын баяулатады және төменіне қарағанда кеңістікте жік пайда болуын төмендетеді.

Ұнтақ сымдардың елеулі кемшілігі оларды өнеркәсіпте кеңінен қолданылуы – сымда бос кеңістік болғандықтан, жіктерінде қуыс болуы күшейеді. Өзекшенің балқытылмаған компоненттері дәнекер науаға айналып балқытылған металда газ тәрізді фазаның пайда болуына әсер етеді. Осындай жағдай мрамордың диссоциациясынан, қызған кезде көміртектің қышқылдануы мен қалпына келтірілуінен және мрамордың әрекеттесуінен ферромарганецтің еруі болады. Бұл факторлар жіктерде ішкі және жоғарғы қуыстарының пайда болуына әкеледі.

Бұдан өзге қуыстардың пайда болу мүмкіндігіне сымдарды сақтау кезінде толықтырғышқа түсетін дымқылдың болуы, дәнекерлеу түзімі, сондай-ақ метал лентада іздердің қалуы және даттануынан сымның құбыр қабықшасында дайындалады.

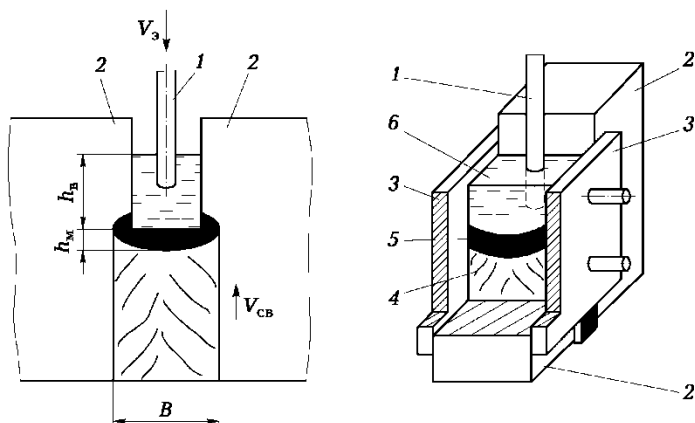
Ұнтақты сым дәнекерлеу көмір қышқыл газ кезінде де қолданылады. Мұндай жағдайда жіктердегі қуыс болуы ықтималдығы төмендейді. Ұнтақ сымды дәнекерлеу үшін қатты және қатты айналу сипаттамасы бар көздерден тіке немесе кері полярлы тұрақты ток қолданылады.

1.6. ЭЛЕКТР ҚАЛДЫҚТАРЫН ДӘНЕКЕРЛЕУ

Тәсілдердің ерекшелігі. Электр қалдықтарын дәнекерлеу (ЭҚД) жоғарғы қалыңдықтағы болат, шойын, мыс, алюминий, титан және оның қорытпаларының деталдарын біріктіру үшін өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. ЭҚД ерекшеліктерінің бірі дәнекерлеудің өзге тәсілдері кезінде кез-келген қалыңдықтағы бөлшектердің біреуінің өтуі, қалдықтарды жоюды талап етпейтін және келесі өтуін дәнекерлеу алдында дәнекерлеу қондырғыларын тиісінше келтіріп дәнекерлеу мүмкіндігі болып табылады. Сонымен қатар дәнекерлеу жиегі жүзі алынбастан орындалады. Дәнекерлеу үшін бір немесе бірнеше сым электродты немесе ұлғайтылған қима электродтар пайдаланылуы мүмкін. ЭҚД кезінде жоғары болған сайын дәнекерленетін элементтер қалың болатындықтан жоғары өнімділік пен процестің үнемділігіне қол жеткізіледі.

Тәсілдің кемшіліктері де жоқ емес. Мысалы ЭҚД 16 мм асатын бөлшектердің қалыңдығы кезінде техникалық мүмкін, бірақ қалыңдығы 40 мм асатын элементтерден жасалған конструкцияларды дайындау кезінде экономикалық жағынан тиімділігі сирек. Тәсілмен тек тік жіктерді дәнекерлеуге қол жеткізілген. Кейбір металдардан жасалған конструкцияларды дәнекерлеу кезінде метал жіктерінде және жіктердің айналасында қолайсыз құрылымдар болады және дәнекерлеу қосындыларының қажетті қасиеттерін қамтамасыз ететін келешекте термооңдеуді қажет етеді.

Дәнекерлеу технологиясы. Электр доғасымен балқытылған қалдықтар флюстардан қалдықтар жасалады, олар электр тоғын өткізгіш болып табылады. Егер электродтың соңы қалдық науасына жіберілсе, онда қалдықтар арқылы ток барады және дәнекерленетін ернеулерін жылытатын жылу бөлінеді. Осыдан электр қалдықтарын дәнекерлеу негізделеді (1.8 сурет). Электрод 1 және негізгі метал 2 қалдық науа арқылы 6 электрмен байланыстырылады.



1.38 сурет. Электр қалдықтарын дәнекерлеудің үлгілік сызбасы:

1-электрод; 2-негізгі метал; 3-мыс су суытуды қалыптастыратын қондырғылар; 4-дәнекерлеу жігі; 5-метал дәнекерлеу науасы; 6-қалдық науасы; $\delta_{м1}$ $\delta_{м2}$ –метал және қалдық ваннасының тереңдігі; B – жік ені.

Қалдық науада бөлінетін жылу металдың балқу температурасынан жоғары болғанда қызады. Нәтижесінде электрод металы және негізгі метал жиегі балқиды. Жоғары тығыздықтағы сұйық метал қалдыққа қарағанда төмен ағады және сұйық метал дәнекерлеу науасын 5 жасайды. Қалдық және металл науасы ағып кетуден арнайы мыс су суытқышты қалыптастыратын қондырғылар 3 арқылы ұсталынады. Металл науасының 5 кристалданатын төменгі бөлігінде металдан 5 дәнекерлеу жігі 4 жасалады, метал науа мен су суытуды қалыптастыратын қондырғы арасындағы бөлгіш қабат болып табылатын үсті жұқа қалдық қабықпен жабылған. Бұл науаның қалыптастыратын қондырғының үсті сұйық металмен тікелей байланысуынан құтылуға қол жеткізеді және метал жігі мыспен толмайды. Қалдық науасы балқытылған металды ауамен тікелей өзара әрекеттесуінен қорғайды қышқылды-қалпына келтіру реакциясын және метал емес және газ қосындыларынан метал жігін рафинадталуын қамтамасыз етеді. Флюс шығыны сонымен қатар, балқытылған метал массасының 5%-нан аспайды. Балқытылған металл қалдығының шағын саны қосымды материал есебінен қоспаланады. Жік U_3 жылдамдығымен электродты тұрақты үздіксіз беруден жасалады, оны сұйық метал деталдары арасындағы қуыстарын балқыту әрі толтыру қалдық науанын шығару U_3 жылдамдығымен дәнекерлеу. Жігіне мынадай факторлар әсер етеді, жылу және ол дәнекерлеу түзімі параметрімен айқындалатын термикалық циклға байланысты.

Қалдық науада бөлінетін Р толық жылу қуаты мына формула бойынша айқындалады:

$$P=UI, \quad (1.9)$$

Мұндағы, U- қалдық науадағы электродтың шығу кернеуінің құлауы, В; I- дәнекерлеу тогының күші А.

23%-ға дейін бөлінетін жылу электродтың балқуына, 60%-ға дейін – негізгі металдың балқуына және 5%-ға дейін флюстың балқуына жұмсалады. Сәулеленуіне, қалыптастырылатын қондырғыны бөлуге және негізгі металға жылу жоғалту 12%-ды құрайды. Егер бөлінетін жылу берілетін жылуда тең болса, онда үрдіс тұрақты дамиды. Шығарылатын жылу артса, онда қалдық науадан жылиды, қайнай бастайды және үрдістің тұрақтылығы бұзылады. Жылу жетіспеген кезде науа суыйды, қалдық электр өткізгіштігін жоғалтады және дәнекерлеу үрдісі тоқтайды.

Белгіленген жылу теңгерімінде жылу көзі дәнекерленетін бөлшектер квазистационарлық (өзгермейтін, дәнекерлеу аймағымен бірге қозғалатын) температуралық алаң, параметрі жылу көзінің қуатына, оның орнын ауысу жылдамдығы мен негізгі металдың жылу физикалық қасиетіне тәуелді. Осы алаң ЭҚД кезінде термикалық әсердің кең аймағын жасайды, ені жылу көзінің қуаты ұлғаюына қарай өседі, сондай-ақ дәнекерлеу жылдамдығы азаяды.

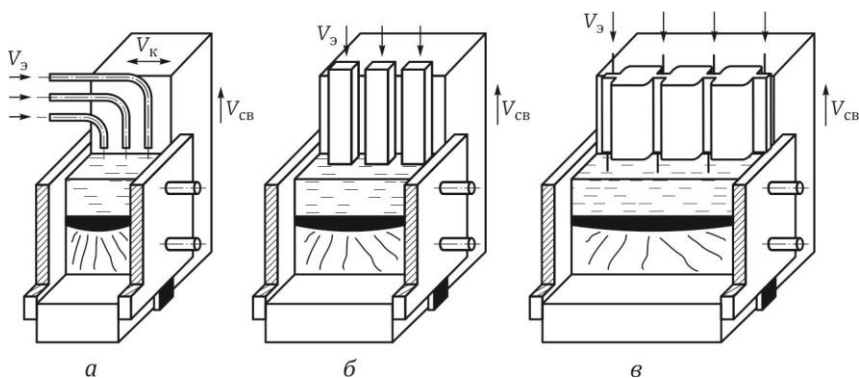
ЭҚД термикалық циклі баяу жылытумен және негізгі металдың сууымен сипатталады, ол жік айналасы аймағының қызуына әкеп соғады және жік металы қызарады, бұл соңында жалпы дәнекерлеу қосындыларының сапасын айқындайды. Мысалы, ЭҚД кезінде қалыңдығы 200 мм бөлшек төмен көмір қышқылы конструкциясы негізгі металдың дәнекерленетін жиегі тереңдігі 50 мм-ге дейін 800°C асатын температурада қызады. Жік айналасы аймағының арнайы учаскелерінде болу уақыты суытудың орташа жылдамдығы температурасы 0,2...0,8 °C/c 1...20 мин құрайды. Мұндай термикалық цикл сипаты жік айналасы аймағында жарылу пайда болу қауіптілігін төмендетеді, бір жағынан жік айналасы аймағында металдың ұзаруына әкеп соғады және біртектілігі төмен құрылым жасайды. Әсіресе ұрып жабыстыруы бірден төмендейді. Бұл ЭҚД-ның негізгі кемшілігі. Сондықтан дәнекерлеуден кейін дайын конструкцияны жоғары температурада өңдеу қажетігі туындайды, әсіресе қоспаланған болаттан жасалған қалың қосынды бөлшектер кезінде.

ЭҚД кезінде жік айналасы аймағының қызып кетуін азайтуға ұмтылу қажет және ондағы металл түйіршіктерінің өсуін төмендетеді. Бұған көпқабатты ЭҚД көмегімен, жік айналасында метал түйіршіктерінің өсуін төмендетуге келесі қабаттарын салу кезінде жылыту және суыту есебінен қол жеткізу мүмкін. Өзге жолы –

дәнекерлеу қосындыларын жергілікті немесе ілеспе термоөңдеудің қосымша көзі (газ қышқылы алау, жоғарыжиіліктегі индуктор) немесе жігін және жік айналасының аймағын дәнекерлеу үрдісінде жасанды суыту. Қатты ысуға кері әсері болаттан жасалған, ЭҚД кезінде термикалық әсерге сезімталдығы төмен конструкцияларды дәнекерлеу кезінде пайда болмайды.

Электр қалдықтарын дәнекерлеу үш тәсілмен орындалуы мүмкін: сым электродымен, пластикалық электродпен және балқитын мүштікпен (1.39 сурет). Әрбір тәсілдің өз ерекшеліктері мен қолданылу саласы бар.

Бірінші тәсіл – мыс тоқ түсірілімі бар ұштық арнайы мүштікпен дәнекерлеу қуыстарына диаметрі 3...5 мм сым электродты дәнекерлеу. Бірмезете қалдық науасына үш электродтық сымға дейін беріледі, үш фазалы қоректендіру көздерін қолдануға қол жеткізіледі. Қалдық науаға жылу бөлу негізінен электрод саласында болады, бір электродтық сымды қолдану кезінде дәнекерленетін элементтің максималды қалыңдығы 60 мм құрайды, үшеуі – 200 мм-ге дейін. Егер мүштікпен саңылауда қайтарымды-түсетін жылдамдық қозғалысы V_k болса, онда дәнекерленетін жиегі 2,5 есе көп болуы мүмкін.



1.39 сурет. Электр қалдықтарын дәнекерлеу сым электродымен (а), пластикалық электродпен (б) және балқитын мүштікпен (в):

$V_э$ — электродтың беру жылдамдығы; V_k — мүштіктің жылдамдығы тербелістер; V_{co} — дәнекерлеу жылдамдығы

Екінші тәсіл – дәнекерлеу саңылауына берілетін үлкен киманың пластиналық электродын дәнекерлеу. Қалыңдығы 1 ... 1,2 мм немесе пластина қалыңдығы 10 ... 12 мм ленталар электродтар болуы мүмкін және ұзындығы жік ұзындығына тең. Дәнекерлеу үшін үш фазалы тоқ көзін пайдалану кезінде бірмезетте үш электродтан аспай қолданылуы мүмкін. Бір пастиналы электродпен қалыңдығы 200 мм бөлшек, ал үш электродпен -800 мм дейін дәнекерленеді. Сонымен бірге электрод беру жылдамдығы 1,2 ... 3,5 с/м құрайды.

Бұл екі тәсіл үлкен емес қалыңдықтағы деталдарды дәнекерлеу кезінде сәтті қолданылады. Дәнекерленетін жиегі қалың 800 мм асатын болғанда әсересе дәнекерлеудің мұндай тәсілінің кемшілігі қатты байқалады. Жылжымалы мүштік немесе дәнекерлеу саңылауының болуы дәнекерленетін жиегінің қысқа тұйықталуына әкеп соғуы мүмкін, бұл үрдітің тұрақтылығын бұзады. Мүштіктің тоқ түсірілімі құбырының тез тозуы дәнекерлеу қондырғысының қызмет көрсетуін қиындатады және қымбаттатады және үрдістің тұрақтылығына кері әсер етеді. Пластиналы электродтардың үлкен емес ұзындығы дәнекерлеу жігінің ұзындығын шектейді.

Үшінші тәсіл – жылжымайтын жағдай кезінде оның дәнекерлеу саңылауындағы балқитын мүштікпен дәнекерлеу. Жік жасауға қажетті қоспа материалдың жетіспеуі жұқа қабатты құбырмен орындалған немесе дәнеерлеу сымынан жасалған серіппеге мықты оралған диаметрі 3 мм арна арқылы электродты сым беру есебінен орны толтырылады. Бірмезетте бір мүштік арқылы алты электрод сымына дейін берілуі мүмкін. Бір мүштікпен қалыңдығы 500 мм-ге дейін, екі мүшікпен – қалыңдығы 1000 мм ге дейін бөлшек, үшеуімен 1500 мм-ге дейін бөлшек дәнекерленеді және т.б. Бұл тәсілде алдыңғы екі тәсілдің кемшіліктері жоқ, ЭҚД мүмкіндіктері кеңиді. ЭҚД пайдалану кезінде балқитын мүштікті кез келген оның қалыңдығы кезінде күрделі нысан деталін қосу мүмкін.

Деталдарды дәнекерлеуге дайындау. Жиегі ЭҚД етіліп бөлінеді, тік бұрыш етіліп. Металпрокаттан жасалған конструкцияны дәнекерлеу кезінде жиегінің жанындағы үстін дайындау бөлгіш кескіштің темикалық тәсілімен орындалады; құймадан, соғылмадан, сондай-ақ қоспаланған болаттан жасалған конструкцияны дәнекерлеу кезінде механикалық (тоқпен өңдеу, фрезерлеп немесе сүргілеп) өңдеу. Кейде жиек құйма бөлшектерін ЭҚД кезінде өңдеу қажет емес.

ЭҚД етіп екі дәнекерленетін жиегінің арасында жасалатын саңылаудың көлемі ең маңызды технологиялық параметрлер болып табылады. Есептік және жиналатын саңылаулар болып бөлінеді. Есептік саңылау дәнекерлеу конструкциясының сызбасымен

регламенттеледі, ал жиналатын саңылау дәнекерлеу кезінде пішіннің бұзылуы ескеріліп технологиялық процеспен белгіленеді.

Дәнекерлеу кезінде бөлшектерді бұрыштап бұруға байланысты пішіннің бұзылуының орнын толтыру үшін жиналатын саңылау сына тәрізді жоғарыға кеңейтіліп жасалады (1.40 сурет). Түйіспенің бұрышы төменгі және жоғарғы жиналатын саңылаумен және бөлшек жапсарының ұзындығымен H айқындалады:

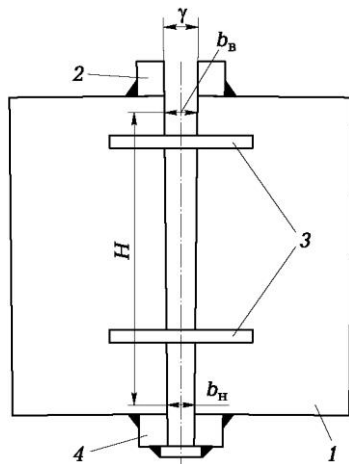
$$\gamma = (b_v - b_n)/H \quad (1.10)$$

ЭҚД тәсілімен болат маркасына қарай дәнеерле түзімінің параметрлері мен дәнекерленетін бөлшекдарды бекіту шарттары $\gamma = 1...2^0$ (немесе $0,002...0,03$ рад) қабылданады.

Дәнекерленетін бөлшектер біріктіру үшін жапсар бойынан жинау кезінде өз арасынан $500...1000$ мм П-тәрізді тұтқа балқытылады. Төмен қарай, түйісу басында қалдық науаны араластыру үшін кіру қалта орнатылады, ал түйіспенің жоғары қарай – жік соңында болатын тұнып қалған жұмсақты шығаруға арнаған шығару қалтасы. Дәнекерленгеннен кейін қалталар газ кескішпен кесіледі. ЭҚД кезінде кіру және шығу қалталарының біртепті бөлшекдары мыс су суытқыш болуы тиіс.

ЭҚД-мен орындалатын дәнекерлеу қосындыларының типі жіктің көлденең қималарымен және көлбеу қималарымен жіктеледі. Ең кең тараған және жай типі түйіспе қосу болып табылады, жинақтау кезінде жиегін жылжыту ұзындығы $200 \dots 250$ мм ден $0,5...1$ мм аспауы тиіс. Бұрыштық және таврлық қосындылары ЭҚД-мен орындалатын конструкциялара қолданылады.

Дәнекерлеу жігінің түрі көлбеу қимасымен анықталады. Жіктер тікжелілі, дөңгелек және күрделі түрлі болып бөлінеді. Тік желілі жік барлық типті дәнекерлеу қосындыларымен қолданылады, сапалы дәнекерлеу қосындылары жік өсінің тігінен $15...20^0$ ауытқуы кезінде алынуы мүмкін. Дөңгелек жіктер



1.40 сурет Дәнекерлеу кезінде бөлшектер:

1 — Дәнекерленетін элементтер; 2 — шығару қалта; 3 — құрастыру қапсырма шегелер; 4 — кіру қалта; b_v, b_n — жоғарғы және төменгі құрастыру саңылауды ені; γ — түйіспенің бұрышы; H — бөлшек жапсарының ұзындығымен

қарапайым түйісіп орындалады. Дөңгелек жіктерінің ЭҚД техникасы күрделірек, сондықтан жиегін жылжыту қатты етуге болады. Біріктірілетін бөлшектер диаметрлерінің әртүрлілігі 1 мм, ал жиегінің жылжыту 0,5 ... 1 мм-ден аспауы тиіс. Дөңгелек жіктерді, жиегі механикалық өңделмеген прокаттан дайындалатын қабырғалары қалың емес үлкен диаметрлі цилиндр конструкциялар дәнекерлеу кезінде 3 мм-ге дейін жылжытуға жол беріледі.

Күрделі нысандағы жіктердің ең қиын дәнекерлеуі жобалау қимасының профилі бойынша орындалады. Кейбір жағдайдарда қиманы прокаттан жасалған тік бұрышты нысанға дейін толықтыру қажет.

Дәнекерлеу түзімінің параметрлері және олардың метал науа мен жіктерінің өлшемдеріне әсері. ЭҚД түзімінің негізгі параметрлері – дәнекерлеу тогының күші, электродтағы кернеу мен дәнекерлеу жылдамдығы. Осы параметрлердің өзгеруі метал науа мен жік өлшемдеріне әсер етуі мүмкін. Науа өлшемдері оның енімен e және h тереңдігімен бағаланады. Жік өлшемдері (мысалы дөңестігі) жасайтын қондырғылардың өлшемдерімен айқындалады.

Дәнекерлеу тоқтың күші, оның есебінен берілген шектерде науа тереңдігін өлшеуге болатын негізгі параметр болып табылады. Тоқ күші ұлғаюмен метал науасының тереңдігі ұлғаяды. Тәуелділік желілікке жақын сипатқа ие. Тоқ күшінің өзгеруі науа еніне ескеретіндей әсер етпейді.

Электродта кернеудің өзгеруі метал науа еніне әсер етеді. Тәуелділік тікелей желілі сипатына ие.

Іс жүзінде науа ені мен жігінің дөңістігі берілген шекте электродтағы кернеумен реттеледі, ұлғаюы метал науа тереңдігімен өседі.

Үрдістің тұрақтылығының сақталуы дәнекерлеу жылдамдығын өзгерту түзімнің өзге параметрлерін, әсіресе дәнекерлеу тоқ күшін өзгертуді талап етеді. Дәнекерлеу жылдамдығы ұлғайған езде метал науаның тереңдеуі байқалады. Оның ені максимумы бар артық күрделік бойынша өзгереді.

ЭҚД түзімінің қосымша параметрлеріне саңылау көлемі, электрод беру жылдамдығы, электрод саны мен оның көлбеу қимасының алаңы, қалдық науа тереңдігі, флюс құрамы жатады. Метал науа мен жік өлшемдеріне олардың әлсіз көрінеді. Үрдіс тұрақты сақталу үшін электрод беру жылдамдығының өзгеруі тоқ күшінің тиісінше өзгеруін талап етеді. Тиісінше электрод беру жылдамдығының ұлғаюымен металл науа тереңдігі де ұлғаяды.

Металл науа тереңдігі жеткіліксіз болғанда науа ішінде доға разрядты жасау немесе оның үсті ықтималдығы. Қалдық науа тереңдігі 30...90 мм шегінде қолданылады.

ЭҚД кезінде қалдық науада бөлінетін қуат теңдігі және металл ванна мен жік жасау үшін қажетті қуат сақталуы тиіс. Үрдістің тұрақтылығы шағын ішкі қарсыласу көздерін қолдану кезінде үдейді (қатты вольт-ампер сипаттамасымен).

Пайдаланылатын материалдар. ЭҚД кезінде диаметрі 3...5 мм электрод сым пайдаланылады (МЕМСТ 2346-70) және флюстер (МЕМСТ 9087-69). ЭҚД үшін балқытылған флюстер қолданылады, Св-08А, Св-08ГА, Св-08Г2С электрод сымдарынан жасалған көмір қышқыл және төмен қоспаланған болаттан жасалған конструкциялардың түйіспелерінің ұзындығын дәнекерлеу кезінде АН-8, АН-8М ең үздік технологиялық қасиеттері бар флюстарын, ал конструкциялары дәнекерлеу кезінде қоспаланған болат – флюс АН-22 қолдану қажет.

ЭҚД флюстары үрдісің тез әрі оңай басталуын қамтамасыз етеді және дәнекерлеу науасының тереңдігі кезінде оның тұрақты ағынын қолдайды, дәнекерленетін бөлшек жиегінен өрмелегіштер сығылмайды, жік үстінің жақсы сапасын қамтамасыз етеді және тез бөлінетін қалдық жасалады. ЭҚД-ның барлық флюстары жоғарғы температурада қайнайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Газбен жалындатып өңдеу дегеніміз не?
2. Газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде газды ауа жалынын қолдану неге ұсынылмайды?
3. Қай ұғым дұрысырақ «газбен дәнекерлеу», «автогенді дәнекерлеу» немесе «газбен жалындатып дәнекерлеу»?
4. Неге газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде доғаға қарағанда дәнекерленетін жиегі ақырын қызады?
5. Газбен жалындатып дәнекерлеудің қандай кемшіліктері дәнекерленетін жиегінің ақырын қызуымен байланысты?
6. Бөлшектер қосындыларының қандай типін орындау үшін басымдықпен газбен жалындатып дәнекерлеу қолданылады?
7. Электрмен жылыту бар дәнекерлеумен салыстырғанда газбен жалындатып дәнекерлеудің басымдығы неде?
8. Газбен жалындатып дәнекерлеудің негізгі қолданылу саласы қандай?

9. Газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде қандай жанатын газдар қолданылады?
10. Баллондағы ацетилен қандай түрде сақталады?
11. Газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде жанатын газдың қандай қасиеті оның қолданылу саласын айқындайды?
12. Ацетилені ауыстыру коэффициенті қандай?
13. Ацетилен қалай алынады?
14. Св-10Га, Св-12Х11МНФф сымдарының белгілері қалай түсіндіріледі?
15. Газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде ең үшін флюстер қолданылады?
16. Газбен жалындатып дәнекерлеу үшін флюстарға қандай талаптар қойылады?
17. Қандай аймақтарды дәнекерлеу жалынына бөлуге болады?
18. Газбен жалындатып дәнекерлеудің сол және оң тәсілдерінің айырмашылығы неде?
19. Дәнекерлеу түзімі дегеніміз не?
20. Газбен жалындатып дәнекерлеу түзімінің параметрлерін атап шығыңыз?
21. Тік жіктер қалай дәнекерленеді?
22. Көлденең жіктер қалай дәнекерленеді?
23. Төбе жіктері қалай дәнекерленеді?
24. Сатылы және қайта сатылы дәнекерлеу дегеніміз не?
25. Газбен жалындатып дәнекерлеу кезінде не үшін шілтер мүштігін тербелту қажет қандай траекториялар бойынша?
26. Қолмен доғаны дәнекерлеудің өзге тәсілдермен салыстырғандағы басымдығы неде?
27. Қолмен доғаны дәнекерлеу үшін электродқа қандай жалпы талаптар қойылады?
28. Дәнекерлеу электродына қандай заттар енгізеді?
29. Қышқылданудан дәнекерлеу науасын металдан қорғау үшін электродтық жабындар құрамына қандай элементтер енгізіледі?
30. Э46, Э47 электродтарының белгілері қалай түсіндіріледі?
31. Доғаны қоздыру үшін қанда амалдар қолданылады?
32. Көпөтпелі жіктерді орындау кезінде бөліктерді толтыру үшін қандай амалдар қолданылады?
33. Қолмен дәнекерленетін доға түзімінің параметрлерін атап шығыңыз?
34. Дәнекерлеу тоғының күші қалай таңдалады?
35. Магнитпен үрлеуге қандай тәсілдерді қолданып күресуге болады?

36. Төбені, көлбеу және тігінен дәнекерлеу үшін қандай электрод таңдалады?
37. Электродтық жабындар құрамына темір ұнтақ не үшін енгізіледі?
38. Флюс қабаты етіп доғаны дәнекерлеу үрдісінің мәні неде?
39. Флюс қабаты етіп ашық доғаны дәнекерлеумен салыстырғанда дәнекерлеу басымдығы неде?
40. Қолмен доғаны дәнекерлеу кезінде не үшін флюс қажет?
41. Мақсаты мен дайындау тәсілдері бойынша флюстер қалай бөлінеді?
42. Берілген құрамнан металл жігін алу үшін дәнекерлеу флюсы мен электрод сымды қалай таңдалады?
43. Флюс қабаты етіп алынған қолмен доғаны дәнекерлеу параметрлерін атап шығыңыз?
44. Жік формасына ток күші, доға кернеуі мен дәнекерлеу жылдамдығы қалай әсер етеді?
45. Түйіспелі қосындыны дәнекерлеу кезінде сапалы балқытуды қалай қамтамасыз етуге болады?
46. Флюс қабаты етуге көпдоғалы дәнекерлеу не үшін қажет?
47. Флюс қабат етіп алынған дәнекерлеу кезінде доға қандай амалдардың көмегімен қозады?
48. Флюс қабаты етіп дәнекерлеу кезінде кратерді балқыту үшін қандай амалдар қолданылады?
49. Қорғалған газ ортада доғалық дәнекерлеудің негізгі ерекшеліктері қандай?
50. Инертті газ тіліміндегі доғаны дәнекерлеудің жергілікті қорғау аймағы немен қамтамасыз етіледі?
51. Дәнекерлеу аймағын қорғау үшін қандай газдар қолданылады?
52. Қорғау газдары ортасында доғалы дәнекерлеу кезінде қандай балқымайтын электродтар қолданылады?
53. Қорғағыш газ ортасында дәнекерлеудің өзге тәсілдерімен салыстырғанда доғаны дәнекерлеудің басымдығы неде?
54. Ұнтақты сым дегеніміз не?
55. Өзін өзі қорғайтын сым дегеніміз не?
56. Тұтаспен салыстырғанда ұнтақты сымның басымдығы неде?
57. Қорғағыш газ ортада дәнекерлеу түзімінің негізгі параметрлерін атап шығыңыз?
58. Қорғағыш газ ортасында қолмен доғаны дәнекерлеу кезінде шілтердің тербеліс амалдары қандай?
59. Алға бұрыштап дәнекерлеу және артқа бұрыштап

- дәнекерлеу дегеніміз не?
60. Тік және көлденең жіктерін дәнекерлеу кезінде қандай амалдар қолданылады?
 61. Төбе жіктерін дәнекерлеу кезінде қандай амалдар қолданылады?
 62. Өндірістің қай салаларында ЭӨД кеңінен қолдау тапты?
 63. ЭҚД-дан доғаны дәнекерлеудің айырмашылығы неде?
 64. ЭҚД-ның мәні не?
 65. ЭӨД-ның қандай үш тәсілі қолданылады және олардың айырмашылығы неде?
 66. Металл жігі мен жік айналасының аймағының құрылымына ЭҚД жылу бөлу мен термикалық цикл қалай әсер ееді?
 67. ЭҚД түзімі дегенміз не?
 68. ЭҚД түзімінің параметрлерін атап шығыңыз?
 69. ЭҚД үшін түйіспелер жинағы қандай талаптарға сай болуы тиіс?
 70. ЭҚД тәсілімен дәнекерлеу қосындыларының қандай түрлері орындалады?
 71. ЭҚД кезінде мыс су суытатын қондырғыларға қандай конструкциялар қолданылады?
 72. ЭҚД кезінде қандай материалдар қолданылады?

БАЛҚЫТЫП ДӘНЕКЕРЛЕУДІҢ АРНАЙЫ ТӘСІЛДЕРІ

2.1. Плазмалық дәнекерлеу

Сығымдалған доғаның технологиялық мүмкіндігі. Плазмалық дәнекерлеу доғаны дәнекерлеу түрлерінің бірі болып табылады. Дәнекерленетін дайындауларды қыздыру көздері ретінде **сығымдалған доға** қолданылады.

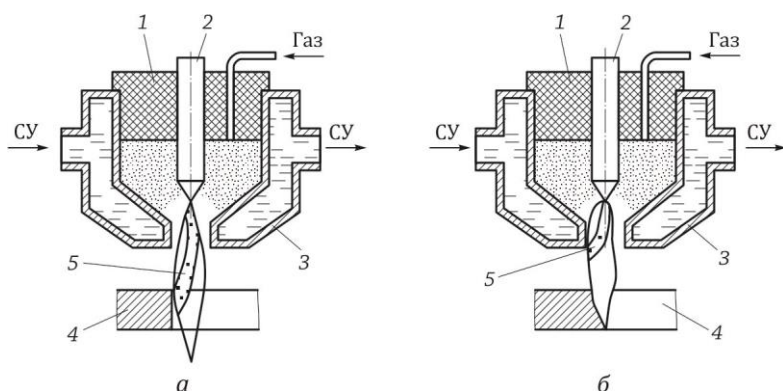
Плазмалық дәнекерлеуді әзірлеу туралы алғаш 1950 жылдары айтыла бастады. 1960 жылдары плазмалық-газ ағынын жасаудың бірнеше қағидаттары ұсынылған болатын, плазмалық дәнекерлеудің жабдықтары мен технологиясы әзірленіп өндіріске енгізілді, ол дамып, жетілдірілуде. Оның қолданылу саласы әрдайым кеңейіп келеді.

Дәстүрлі доғалық дәнекерлеу кезінде доға электрод пен дәнекерленетін бөлшек арасында еркін жанады. Алайда, қандай да бір амалдардың көмегімен доға бәрін жауламаса, оны сығымдап, доғаның температурасы елеулі көтеріледі. Доғаны сығымдап шүмек арқылы аз диаметрімен жіберуге болады. Плазма жасаушы газ отық шүмек арқылы ағып доғаны сығады. Газдың бөлігі доға бағаны арқылы өтіп қызады, иондалады және шүмектен плазмалық сорғалау түрінде шығады. Доға бағанын жуып өтетін газдың сыртқы қабаты суық болып қалады және доға мен плазматрон шүмегі арасында электр және жылу оқшаулау жасалады, оны бүлінуден қорғайды.

Плазма – бейтарап атом, молекула, ион және электрондардан тұратын жартылай және толықтай иондалған газ. Заттың үлгілік плазмалық күйінің электр газ разрядында орны бар. Орта құрамына қарай газ разрядының плазмасы 2 000 ... 50 000 °C температурамен сипатталады. Орташа қуатты доғада (тоқ күші 1 000 А) плазма температурасы 5 000 ... 20 000 °C.

Үрдіс сызбасы. Сығымдалған доғаны дәнекерлеу плазмалық деп аталады. Доға бағаны жіңішке арнаға орнатылады, ол оны кеңеюден шектейді. Сығымдалған доғаны алуға арналған қондырғы **плазматрон** деп аталады. Плазматрон оқшаулағыштан, балқымайтын электродтан және мыстан жасалған су суытқыш шүмектен тұрады. Шүмек тангенциалды (оның цилиндрлік үстіне қатысты) немесе аксиальды (электрод өсі бойы) плазма жасаушы газға түседі, доға бағанында жоғары температураға дейін қызады. Плазматрон тұрақты немесе ауыспалы тоқта жұмыс істеуі мүмкін.

Плазматрондар тікелей және жанама әрекет етуші болып бөлінеді (2.1. сурет).



2.1-сурет. Плазматронның тікелей және жанама әрекеттерінің сызбасы:

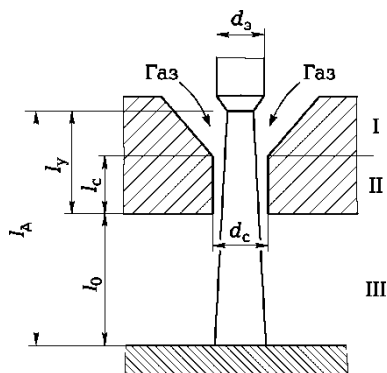
1-оқшаулағыш; 2- балқымайтын электрод; 3- плазматрон шүмегі; 4-дәнекерленетін бөлшек; 5- сығымдалған доға.

Жанама әрекет етуші плазматронда доға балқымайтын электрод пен плазматрон шүмегі арасында жанады. Мұндай плазматрондар электр өткізгіш емес материалдарды өңдеу үшін және газды қыздыру үшін қолданылады. Дәнекерлеу үшін тікелей әрекет етуші плазматрондар жиі қолданылады. Оларда доға электрод пен өңделетін бөлшек арасында жанады. Плазматрондағы олардың ара қашықтығы еркін доғада шілтермен дәнекерлеуге карағанда көбірек, сондықтан сығымдалған доға екі кезеңімен туындайды. Плазматронға газды осциллятордан ұшқын разрядпен немесе электрод аралығын тұйықтау арқылы бергеннен кейін – графитті сояу шүмегі көмекші (кезекші) доға электрод пен шүмек арасында туады. Көмекші доғаны тудыру екінші нұсқаны қолданған жағдайда электрод пен шүмектің тозуы ұлғаяды. Кезекші доға жеке шағын қуатты көзден немесе негізгі көзден шектеулі қарсыласу оның тоғын (шектеу және шүмектің тозуын азайту үшін) арқылы қоректенеді. Газдың әсерімен кезекші доға шағын қуатты плазма ағынын жасайды, бөлшекпен жақындасқан езде негізгі (жұмыс) доғасын тудырады. Егер бөлшек тізбегіне контактор қосса, онда жұмыс доғаны керек кезінде тудыру мүмкін болады. Автоматты дәнекерлеу кезінде жұмыс доғасын тудырғаннан кейін кезекші доға токтан айрылып қалуы мүмкін. Қолмен дәнекерлеу кезінде кезекші доға тұрақты жанып тұруы тиіс.

I шүмекке дейінгі учаскеден, II сығымдалған және III ашық учаскеден тұратын сығымдалған доға бағаны (2.2-сурет).

2.2-сурет. Сығымдалған доға бағанының негізгі учаскелері мен оның геометриялық сипаттамасы:

I- шүмекке дейінгі учаске; II- сығымдалған часке; III- ашық учаске; d_3 –электрод диаметрі; d_c , l_c –шүмектің цилиндр учаскесінің диаметрі мен ұзындығы; l_y – доғаның жабық учаскесінің ұзындығы; l_0 – плазматрон жанынан дәнекерленетін бөлшекке дейінгі ара қашықтығы; l_d – доға ұзындығы



Әрбір учаскенің физикалық қасиеті өзара өзгешеленді және еркін доға қасиетінен ерекшеленді. Сығымдалған саладағы катод пен анодтың қасиеті мен еркін доға аз-маз ерекшеленеді. II учаскеде сығымдалған доға еркін доғамен салыстырғанда технологиялық басымдыққа ие.

Сығымдалған доға қысымы олардың ұзындығы бірдей болғанда еріктігіне қарағанда жоғары болады. Доға шүмек қабырғасымен сығымдалған кезде онда тоқ тығыздығы ұлғаяды, бұл электр өрісі кернеуінің ұлғаюына әкеледі.

Сығымдалған доғаның негізгі параметрлері: шүмектің цилиндр учаскесінің диаметрі d_c мен l_c ұзындығы, дәнекерленетін бөлшекке дейінгі плазматрон шүмегінің ара қашықтығы l_0 , доғаның тоқ күші I_d , және плазма жасайтын G_n газ шығыны.

Плазма шығарушы газ доға бағанына енеді және арна бойымен өтіп қызады. Газдың тығыздылығы азайып оның көлемі өседі. Арна бойындағы газдың қозғалысы мен жылдамдығы ұлғаяды. Ол шүмектен шығуы максимумға етеді. Доғада қызған газ дәнекерленетін бөлшек үстіне түйісіп оны қыздырады және балқытады. Газдың қысымымен балқытылған металл жылжиды, жылу тікелей дәнекерлеу науасының түбіндегі қатты металлға беріледі. Сондықтан пәрменді жылу қуаты еркін доғаға қарағанда екі есе жоғары. Газ шығыны мен шүмек арнасының диаметрін ауыстыра отырып, плазма ағынының қысымын, сондай-ақ доғадан бөлшектерге берілетін жылу ағынының да тығыздығын өзгертуге болады. Бұл сығымдалған доғаның дәнекерленген науаның өлшемдері мен нысанын реттеуге қол жеткізетін негізгі технологиялық басымдығы болып табылады. Сығымдалған доғада жылу ағынының жоғары тығыздылығына (әсіресе доғаның қуаты аз кезде) жігінің тар болуына термикалық әсері

аймақтың кең болуына қол жеткізеді және дәнекерлеу жылдамдығын ұлғайтады.

Плазма шығарушы газ жалпы пайдалы қуаттың елеулі үлесінің бөлшегін береді, ал газды қыздыру түзімнің барлық параметрлеріне тәуелді, сондықтан сығымдалған доғаның ПӘК 30... 80% шегінде өзгеруі мүмкін. Сығымдалған доғаның ең басымдығы оның көтеріңкі кеңістіктегі тұрақылығы, деталдың үстінің белсенді белгісінің адасуын азайтуға қол жеткізетін плазма жасаушы газдың тұрақты әрекеті болып табылады, ол жік сапасын жақсартады. Үрдіске қойылатын талаптарға қарай плазма жасаушы газдың (аргон, гелий азот) құрамы таңдалады. Электрод мыс пен вольфрамнан жасалады. Камера қабырғалары салыстырмалы салқын газдың қабатымен доғаның жылу әсерінен қорғалған.

Плазмалық ағынның жарық өзегі шүмек шығу саңылауының өлшеміне қарағанда негізінен кіші, жарық факельмен қоршалған. Ағын ұзындығы доға қуатымен, шүмек өлшемімен, газдың түрімен және оның шығынымен айқындалады. Газдың ламинарлы өтуі кезінде (ағынның төмен жылдамдығы үшін) плазманың ағыны қоршаған атмосферамен араласуы аз байқалады. Плазманың қысқа ағыны турбулентті газ ағыны кезінде (ағынның жоғарғы жылдамдығы үшін) байқалады. Шүмек нысанын плазмалық ағынды кескіндеуі және сонымен бірге жылу мен күш әсері дәнекерлеу деталінің үстіне бөлінуі мүмкін.

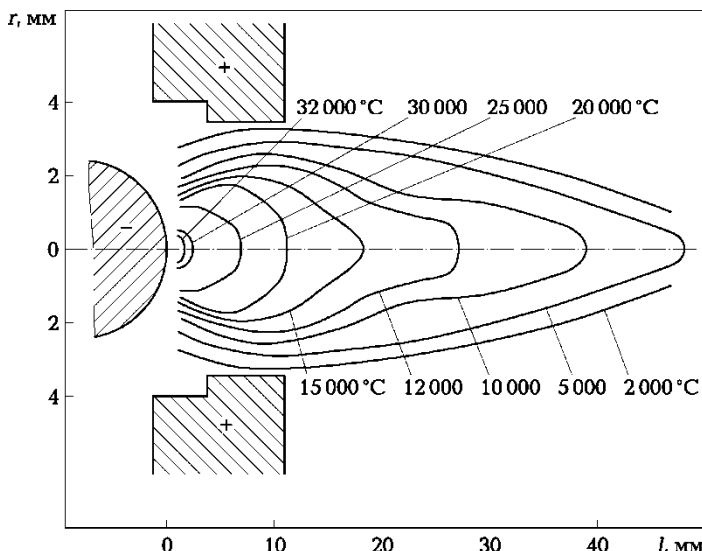
Плазмалық ағын температурасы радиус r пен ұзындығы l бойынша біртекті бөлінбеген

(2.3-сурет). Ең жоғарғы температура ағын ортасында байқалады. Плазма ағынының тоқ жүргізу бөлігі газ температурасының катодына 24 000...32 000°C жетеді.

Плазмалық ағын плазмалық шілтер шүмегі кескіннің орташа массасы температурасымен сипатталады, плазма жасаушы газ N меншікті энтальпия бойынша айқындалуы мүмкін:

$$N=q/G \quad (2.1)$$

мұндағы q – шүмек кескініндегі плазмалық ағынның тиімді қуаты, Дж/с; G – плазма жасаушы газдың массалық шығыны, г/с.



2.3 сурет. Плазмалық ағын температурасы радиус r пен ұзындығы l бөлу

Плазма жасаушы газдың плазмалық ағынының негізгі параметрлері плазмалық дәнекерлеу кезінде қолданылатыны 2.1-кестеде келтірілген.

Плазмалық ағынның орташа массалық температурасы оның остік температурасынан төмен.

2.1-кесте Плазмалық ағынның негізгі параметрлері (25 кВт доғаның қуаты)				
Плазма шығарушы газ	Газ шығыны, г/с	ПӘК, %	Меншікті энтальпия Н, МДж/м³	Плазманың орташа массалық температурасы, °C
Азот	0,5	60	37,681	7080
Сутегі	0,1	80	18,066	3800
Ауа	0,5	50	32,490	6650
Аргон	0,5	40	35,775	13 830

Ескертпе. 1Дж=0,2388 кал

Сығымдалған доға кернеуі плазма жасаушы газдың түріне тәуелді, барлық газдарда доғаның жоғарғы температурасы кезінде энергияны сіңіру қабілеті әртүрлі. Жылу сыйымдылығы мен жылу өткізгіштігі бар газда жанатын доғаның жоғарғы кернеуі бар. Плазма жасаушы газ ретінде аргон, гелий, көмірқышқыл газ, ауа, оттегі, азот, сутегі мен газ қосындылары қолданылады. Дәнекерлеу кезінде көп жағдайларда

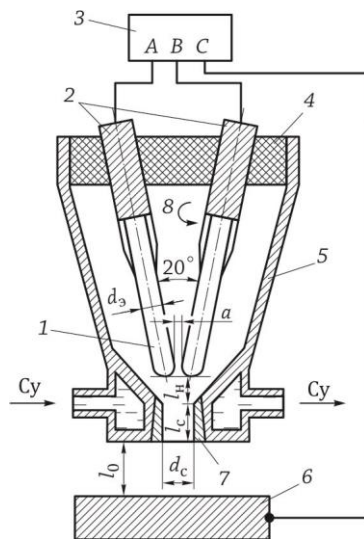
аргон қолданылады, оның қорғаныш қасиеті жақсы және электродтың жоғары беріктігін қамтамасыз етеді. Аргонның жылу сыйымдылығы мен жылу өткізгіштігі төмен, сондықтан доғада ең төмен кернеу болғандықтан қолмен дәнекерлеуге ыңғайлы. Тәжірибеде балқымайтын электродтың жоғарғы тұрақтығын қамтамасыз ететін тіке полярлы доға жиі қолданылады, Мұндай доға ең қуатты бөлшек береді, сондықтан жоғары қоспаланған болат, титан қорытпалары, мыстан жасалған конструкциясы дәнекерленеді. Алюминий қорытпаларынан жасалған конструкцияларды дәнекерлеу кезінде тіке полярлы сығымдалған доға қолданылмады, баяу балқитын оксидті қабықтың бұзылуын қамтамасыз етпейді. Кері полярлы аргонды сығымдалған доғаны дәнекерлеу кезінде алюминий оксидінің қабығы жақсы бұзылады, алайда бөлшектердің жылуын беру жылулықтың пәрменділігі төмен және плазматронның электродтағы (анод) жылу жүктемесі жоғары. Электродтың нақты диаметрі үшін ток күшінің сыни мағынасы тік полярлық кезіндегіге қарағанда 20 есе төмен. Электродтардың төзімділігін көтеру үшін электродты қарқынды салқындатуы бар плазматрондар қолданылады.

Өз параметрлері бойынша аралық жағдайда доға ауыспалы ток алады. Ауыспалы ток кезінде ауыспалы электрод катод пен анод болады, оның беріктігін қамтамасыз етеді. Кері полярлы жартылай кезеңіде оксидті қабығының бұзылуы жеткілікті қарқынды болып, дәнекерлеу қосындыларының сапасын жақсартуды қамтамасыз етеді.

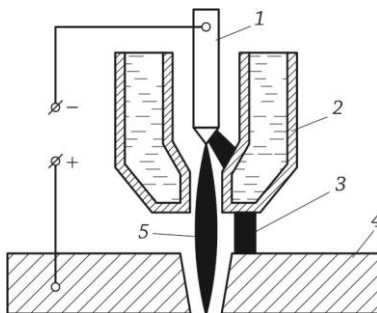
Ауыспалы токта доғаның басты кемшілігі - полярлықтың ауысымы кезіндегі қайта туындаудың төмен төзімділігі. Сығымдалған доғада бұл кемшілік асқынады, өйткені оның бағаны плазма жасаушы газбен қарқынды салқындайды. Доғаның төзімділігінің көтеру үшін қоректендіру көздері жоғары кернеуді қамтамасыз етуі немесе арнайы стабилизаторды қолдануы тиіс, сығымдалған бірфазалы доғаның ауыспалы тоғы аз.

Ауыспалы ток доғасының әртүрлілігі үшфазалы доға болып табылады. Үшфазалы сығымдалған доға үшін плазматронға (2.4-сурет) екі балқымайтын электроды белгіленеді. Кезекші доға осы электродтар арасында болады, шүмек бейтарап электрлі болып қалады. Кезекші доға негізгі қоректендіру көзі фазасынан қоректенеді. Доға электрод арасында бөлшекті қозбаған, электрод арасындағы доғаның электр тоғы шамалы, бірақ негізгі доғаның қозы үшін жеткілікті. Кезекші доғаның ток күшін шектеу үшін арнайы қондырғыларды қажет етпейді.

1- вольфрамды электроды; 2-тоқ жүргізу-электр ұстаушы; 3-үш фазалы ток дәнекерлеу көзі (А,В,С-фазлары); 4-оқшаулағыш; 5-плазматрон корпусы; 6-дәнекерлеу деталі; 7-баяу балку –шүмегі; 8-аргон; а-электрод арасындағы орнату жігі; 1с-шүмек ұзындығы; 1н-электродтан шүмектің ішкі жағына дейінгі ара қашықтығы; ф-электрод диаметрі; dс-шүмек диаметрі; lо-плазматрон шүмегінен дәнекерленетін дательға дейінгі ара қашықтық.



Сығымдалған доғаның энергетикалық мүмкіндігі плазматронның-екі доға жасау жұмысының апатты түзімі туындау қауіптілігін шектейді. Сығымдалған доға тоқ күшінің белгілі мағынаға дейін өсуі кезінде жұмыс доғасының бағаны доға каскадын жасап ағытылады. Екі доға туындайды: электрод-шүмек және шүмек-бөлшек (2.5-сурет). Осы қуатты доғалардың белсенді дақтарды шүмекті тез бұзады және оны толық істен шығаруы мүмкін. Шүмек диаметрінің



2.5-сурет Қос доғасы:
1-балқымайтын электрод; 2-
плазматрон шүмегі; 3-доға
шүмек-дателі; 4-дәнекерленетін
бөлшек; 5-доға электрод-шүмегі.

азаюы және плазма жасаушы газ шығыны мен шүмек ұзындығының ұлғаюы тоқ күшіне ұксас әртүрлі деңгейде апатты доғаның туындауына әсер етеді.

Екі доғаның туындау себептері былай түсіндіріледі. Доға бағаны мен шүмек арнасының қабырғалары арасында «салқын» газ өткізілмеген оқшауланған қабат болады, оның орташа температурасы $2\,000...3\,000^{\circ}\text{C}$. Осы қабаттың қалыңдығы арна диаметрінен $3...5\%$ құрайды. Доға бағанының плазмасында массасы аз болғандықтан көп жылжитындықан бейтарап атомдар, оң иондар мен электрондар жүреді. Электрондар бөлігі жоғары жылдамдыққа ие болуына орай, оқшауланған қабаттан секіріп өтеді және шүмекке ағады. Осының салдарынан шүмек доға бағанының қатысты теріс зарядталады. Әлеуеттіліктің ең аз айырмашылығының электродқа жақын қимасында орын алатын болса, ең көбі газдың шүмектен шығуында болады. Егер доға бағаны мен шүмек қабырғасының арасындағы әлеуеттіліктердің айырмашылығы сыни мағынаға жетсе, онда шүмек бетінде шүмек-бөлшек доғасының катод дағы қалыптасады. Мұндай жағдайда екінші белсенді дақтың қалыптасуы ықтимал.

Апатты түзім туындау қауіптілігінің көрсеткіші болып табылады,

$$E_{\text{пр}}=U_c/\Delta$$

мұндағы, $E_{\text{пр}}$ – электрод пен шүмек арсында газ қабатының электр ойығының орташа кернеуі, В/см; U_c – II учаскедегі доға бағанында кернеу құлайды (2.2-суретті қара), В/см; Δ - шүмектің соңғы қимасында газ қабатының оқшауланған қалыңдығы, см.

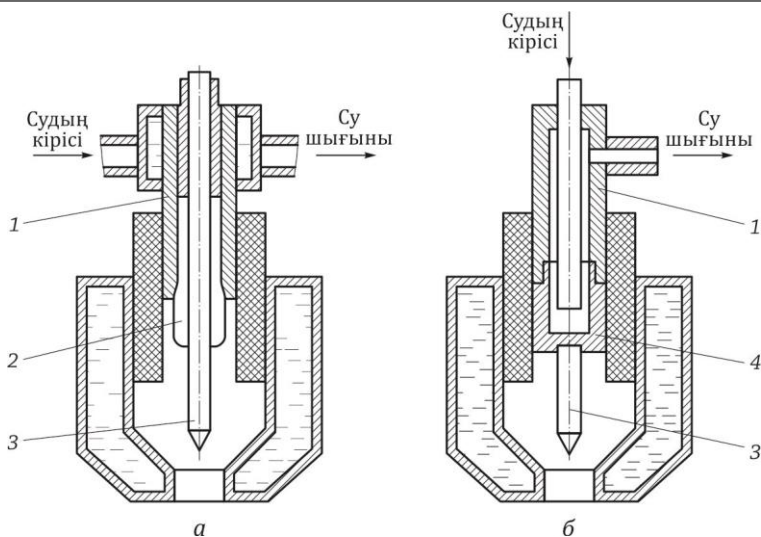
$E_{\text{пр}}$ қаншалықты жоғары болса қос доғаның туындауы соншалықты ықтимал болады. Түзім параметрлері U_c және Δ -ға әсер етеді. d азаюымен U_c қатты өседі және Δ азаяды, бұл өз тарапынан $E_{\text{пр}}$ едәуір өсуіне алып келед. Апатты түзім орын алу қауіпі өседі. Газ шығынының өсуімен U_c өседі, бірақ қабатша қалыңдығы ұлғаяды. $E_{\text{пр}}$ есептелген болжамды параметрі газ шығынының өсуіне орай азаяды. Бұл қос доға туындау қауіпі туралы білдіреді, бұл тәжірибеге сай келеді. $E_{\text{пр}}$ шамасының мағынасы нақты сығымдалған доғалар үшін оңтайлы түзімдер тандап алуға жол береді.

Қос доға қалыптасумен күресу үшін конструктивті амалдар қолданылады, мысалы, шүмекке арнадан ара қашықтықта шүмек жанынан шығынқырап тұратын вольфрамнан ендіріме белгіленеді. Қос доға туындаған соң белсенді дақ доғаның магнитті өрісінің әсерімен арна айналасында айналады. Ендірімеге қол жеткізгеннен кейін белсенді дақ оған бекітіледі және апатты доға еркін доға сияқты жанады. Вольфрам электроды үшін доғаның электр кернеуі аз

болғандықтан мысқа қарағанда ендіруге белгіленеді. Сондықтан мыс шүмек бүлінбейді.

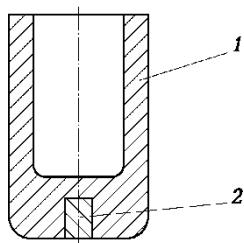
Плазматрон катодының типі мен конструкциясы плазма жасаушы газ құрамымен айқындалады. Инертті газ (аргон, азот және олардың қоспалары) жұмысы үшін вольфрамнан жасалған катод қолданылады. Олар шыбықша түрінде орындалады, плазматронның электродты торабында цанг қысқышымен белгіленеді немесе вольфрам стеренімен оған нығыздалып мыс ұстағыш түрінде бекітіледі. Плазматронның катод тораптарының сызбалары 2.6-суретте келтірілген. Соңғы конструкция ұнамды, жылу бөлу үшін жақсы жағдай катодта тоқтың жоғары тығыздығын қамтамасыз етеді және қымбат тұратын вольфрам шығынын азайтуға қол жеткізеді.

Плазма жасаушы қышқылды газдарда жұмыс істейтін плазматрон катодтары (2.7-сурет) термохимиялық деп аталады. Олар доға тоғының күшіне сәйкес келетін диаметрі бар мыс ұстағышқа беттеуді нығыздайтын гафния мен циркониядан тұратын белсенді ендірмелер болып табылады.



2.6-сурет плазматронның катод тораптарының сызбалары:

а – цанг қысқышы; б-мыс ұстағыш, 1- катод торабының корпусы; 2- цанг қысқышы; 3-вольфрам катоды; 4-мыс ұстағышы



2.7-сурет Қышқыл ұстағыш плазма жасаушы газдардағы жұмысқа арналған плазматрон катодының сызбасы:
1-мыс ұстағыш; 2- циркони мен гафниядан жасалған белсенді ендіріме

Шүмектің мақсаты – доғаның энергетикалық сипаттамасын реттеу. Шүмектің негізгі параметрлеріне арна диаметрі мен биіктігі, плазматрон жұмыс камераларының нысаны жатады. Шүмектің диаметрі мен биіктігі жұмыс тогының күшіне, плазма жасаушы газдың құрамы мен шығынына қарай таңдалады. Сонымен қатар мынадай көрсеткіштерді, плазматрон жұмысының технологиялық мүмкіндігі мен сенімділігін таңдау қажет болады. Ең маңыздысы сенімділік көрсеткіші.

Доға камерасына аксиалды газ беру плазма шүмегінен шығатын өңделетін бөлшекке әсер етуі мүмкіндігін береді. Алайда мұндайда доға бағанының кеңістіктік тұрақтылығы төмендейді және қос доға жасау ықтималдығы ұлғаяды. Тангенциалды газ беру дұрысырақ. Доғалық камера элементтерінің бірі құйынды айналдыру, шүмек арнасына плазма жасаушы газ беруді қамтамасыз етеді. Конструктивті ширату электр ұстағыштың бүйір бетіне орындалған, үлкен қадамы бар (6...12 мм)) көп кіретін ойғыш (3-6 кіру) болып табылады.

Плазматронды оқшау материалына әртүрлі (кейде және қарама-қайшы) талаптар қойылады: жоғарғы электр беріктігі, жоғары вольтті жоғары жиілікті разрядтағы осциллятордың көмегімен тудырылатын кезекші доға; жоғары механикалық беріктік; оқшаулағыш көтергіш конструкция атқарылымын жиі орындайды, оған плазматронның қалған тораптары бекітіледі; термо мықты, оқшаулағыштың арнайы бөліктері жылу және жарық сәулеленуіне бейімделген; бітеулігі оқшаулағыш арқылы плазма жасаушы газ коммуникациясы өтеді және суыйды; қарапайым кесу инструменттерімен өңделуі мүмкін.

Тәсілдің артықшылығы мен кемшілігі. Плазмалық технологиялар саласындағы зерттеу әуе және ракета жасау, электроника, ядролық энергетика, криогенді техниканы дамытуда үлкен роль атқарады. Негізінен алюминийден, коррозияға төзімді және қызуға берік қорытпалар мен титаннан жасалған әртүрлі типті қосындыларды орындау кезінде дәнекерлеу сапасын жақсартуға көңіл бөлінеді.

1960 жылдардың соңында ауыспалы тоқтың тесіп өтетін плазмалық доғамен дәнекерлеуі КСРО-ның ракеталардың алюминий жанармай багін өндіруде қолданылды. Ұқсас технология 10 жыл өткен соң «Шаттл көпретті космос кораблінің сыртқы алюминий бактерін аргондоғалы дәнекерлеу орнына АҚШ-та енгізілді. Бұл технологияға ғарыш станцияларын салу кезінде үлкен орын берілді. 1989 жылы NASA халықаралық ғарыш станциясы Freedom құрастыру үшін конструкция элементтерін орбитаға жеткізетін ғарыш ракеталарының қатты отын қозғалтқышын жасау кезінде плазмалық дәнекерлеу технологиясын қолданды.

Жоғары қоспаланған болаттан, титаннан, никель қорытпаларынан, молибденнен, вольфрамнан және өзге де металл және олардың қорытпаларынан жасалған конструкцияларды дайындау кезінде сығымдалған доғаны дәнекерлеу қолданылады.

Плазмалық дәнекерлеу дәнекерлеудің өзге тәсілдерімен салыстырғанда елеулі артықшылықтарға ие:

- доғаның тұрақты жануы. Бұл ретте доғаны аргонды дәнекерлеу кездегіге қарағанда жиегінің бірдей балқытылуын қамтамасыз етіледі;

- аргонда жанатын доғаны дәнекерлеуге қарағанда балқыту қабілеттілігі жоғары;

- доға бағанының цилиндр нысаны мен плазма ағыны, ағындардан металға жылу өткізу орындалып жатқан метал бетінің аумағы есебінен, шілтер электроды және бөлшек арасындағы қашықтыққа байланысты болады.

- доға ұзындығының өзгеруіне сезімталдығы төмен. Конус нысандағы (аргондоға дәнекерлеу кезінде) доға ұзындығының өзгеруі қыздыру белгісінің диаметрінің өзгеруіне және жік енінің өзгеруіне әкеледі. Плазмалық дәнекерлеу дақтың іс жүзінде тұрақты диаметрі болуына және негізгі металды балқытуды ұдайы етуге мүмкіндік береді. Плазмалық доғаның осы қасиеті өте жұқа табактарды дәнекерлеу кезінде сәтті қолданылады.

Плазмалық дәнекерлеудің елеулі кемшіліктерінің бірі дәнекерлеу тоғының жоғарғы тығыздығы кезінде туындайтын қос (каскадты) доға жасау ықтималдығы болып табылады. Доғаның плазматрон шүмегі мен дәнекерленетін бөлшек арасында жасалуы, шүмектің балқуына және негізгі доға тоғы күшінің азаюына әкеледі.

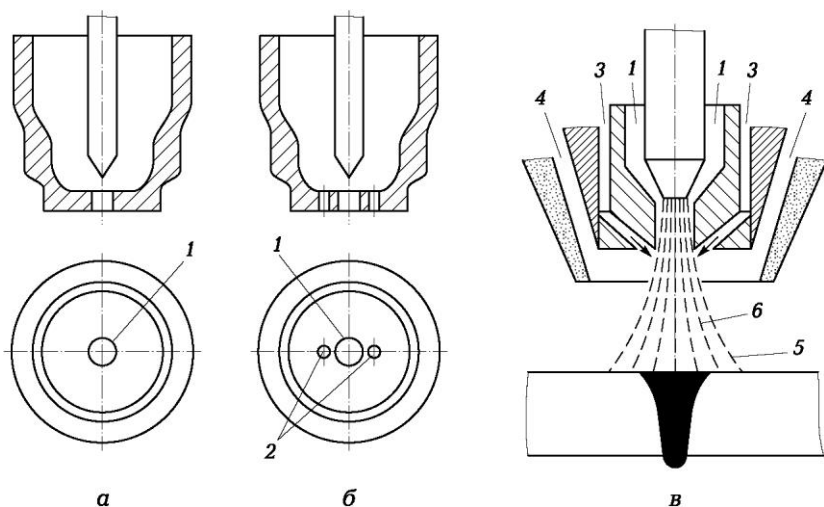
Дәнекерлеу технологиясы. Сығымдалған доғамен қыздыру белгісін дәнекерлеу кезінде арнайы плазма жасаушы шүмектерді қолдану жолымен әртүрлі нысан беруі мүкін (2.8-сурет).

Егер ұзартылған нысандағы қыздыру белгісін алу қажет болса, онда оған ұзартылған нысан беретін қыздыру белгісінің көлбеу өлшемі

кішірейген шүмекте суық плазма жасаушы газ арқылы екі қосымша саңылау жасалады. Осындай шүмекпен дәнекерлеу кезінде термикалық әсері тарылады, ал дәнекерлеу жылдамдығы 50 ... 100% өседі. Қосымша арнасы бар шүмекте доға бағаны осіне және сығымдалған доғаға бағытталған газ ағыны құрылады.

Плазмалақ дәнекерлеу кезінде 3 ... 300 А дәнекерлеу ток күші, 25...35 В доға кернеуі қолданылады, дәнекерлеудің орташа жылдамдығы 30...50 с/м құрайды. Аргон шығыны еркін доғаны дәнекерлеуге қарағанда 5-6 есе аз. Сығымдалған доғамен қалыңдығы 0,01...10 мм бөлшегі дәнекерленеді, балқыту тереңдігінің жік еніне (жік нысанының коэффициенті) қатынасы дәнекерленетін жиегінің қалыңдығы 3.10 мм кезінде 3:1 құрайды.

Сығымдалған доғамен терең балқытылған дәнекерлеу жүргізіледі, сонымен қатар дәнекерлеу науасында саңылау жасалады, жоғарыдан қарағанда құлыпты ұңғыма нысанын еске түсіреді. Доға бағаны жиегінің барлық қалыңдығына дейін науаға толады да сұйық металды басып шығарады.



2.8-сурет. Орталық арнасы бар плазма жасаушы шүмек сызбасы (а), қосымша газ арнасы бар орталық арна және жанама саңылауы

1- салқын плазма жасаушы газға арнаған арна; 2- тоғыстаушы газ беруге арналған жанама саңлау; 3-тоғыстаушы газға арнаған арна; 4-қорғаныш газға арналған арна; 6-тоңысталған доға.

Доға жылжыған кезде балкытылған металды жылжытады оны науаның соңғы бөлігіне бағыттайды. Үрдіс плазмалық кескінге ұқсайды, бірақ сұйық метал науадан жойылмады. Бөлшектің артқы жағы суыған газ факеліне саңылау арқылы бөлініп қалады. Дәнекерлеудің мұндай тәсілі дәнекерлеу түзімінің параметрлерін нақты қолдауды талап етеді, науадағы метал бетін тарту күші есебінен ғана ұсталады.

Плазма жасаушы газ шығыны шүмектен ағуы бір қалыпты, құйынсыз болатындай етіп орнатылады. Дәнекерлеу науасының үстінде плазмалық ағын қысымы сапалы жік жасауға кедергі келтірмеуі тиіс.

Сығымдалған доғамен қалыңдығы 9,5 м дейінгі (арнайы жағдайларда – 13 мм дейін) табақтарды дәнекерлеу жиектер өңдеусіз және қосым салуынсыз ерекше тиімді орындалады. Сығымдалған доғамен кез-келген кеңістікте дәнекерлеу жүргізуге болады. Қалыңдығы 25 мм дейін табақтарды дәнекерлеу кезінде V- немесе U – пішінді жиегін өңдеу, аргондағы ашық доғаны дәнекерлегеннен өңдеу тереңдігі мен бұрышы аз. Сығымдалған доғаны дәнекерлеу кезінде қоспа метал саны үш есе азаяды. Жік металды қышқылданудан сақтау үшін жіктің артқы жағы жырашығы бар ұлтанша тақтайшасының көмегімен инертті газдан қорғау ұсынылады.

Сығымдалған доғамен құбырларды жалпы белгілі болған түзім параметрлерімен дәнекерлеу кезінде плазматрон шүмегі диаметрімен, сондай-ақ плазма жасаушы газ құрамы мен шығыны (2.2-кесте) тағайындалады.

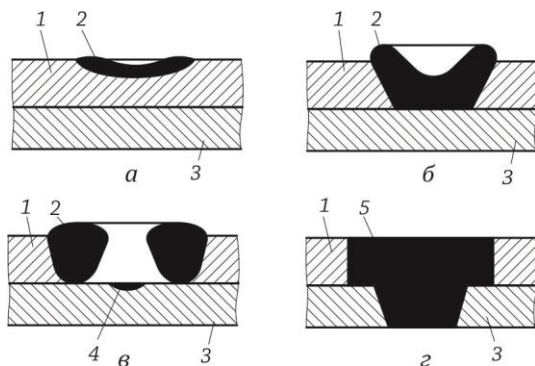
Сығымдалған құбырды дәнекерлеу дәнекерлеудің өзге тәсілдеріне қарағанда өнімдірек. Аргон доғамен дәнекерлеуді коррозиялы-тұрақты болаттан жасалған қабырға қалыңдығы 2,3...7 мм құбырды дайындау кезінде сығымдалған доға мен ауыстыру дәнекерлеу жылдамдығын 50...200% ұлғайтуға қол жекізеді.

Сығымдалған доғаның технологиялық мүмкіндіктерінің сипаттамалы мысалы алюминий қорытпаларынан жасалған үшфазалы сығымдалған доғаның жұқа табақты конструкцияларын түйіспелі дәнекерлеу (2.9-сурет). Мұндай жағдайда дәнекерлеу үрдісі бірнеше кезеңнен тұрады. Бастапқы кезеңде дәнекерлеу науасын жасау жоғарғы табақта жүреді. Доғаның қысымы әсерінен науаның ұлғаюы тереңдеуі туындайды және науаның диаметрі нақты диаметрге жеткен кезде онда саңылау жасалады. Жоғарғы табақта тұйық метал тор нысанын алады.

2.2-кесте. Кейбір конструкциялық материалдардың сығымдалған доғасын дәнекерлеу түзімі

Метал	Детал қалыңдығы с/м	Дәнекерлеу жылдамдығы, с/м	Плазматрон шүметінің диаметрі, мм	Дәнекерлеу тогының күші, А	Плазма жасаушы газ		Қорғаныш газ	
					Құрамы	Шығыны, с/м ³	Құрамы	Шығыны, с/м ³
Коррозиялы-берік болат	3,2	0,97	-	145	Ar+7.5%N ₂	0,28	Ar+7.5%N ₂	0,99
	6,4	0,36	-	240		0,5		1,41
	12,7	0,19	2,4	305		0,14		
Титан	3,2	0,25		185	Ar	0,23	Ar	0,85
	12,7			285		0,11		
Алюминий	6,4			85	He+Ar	0,085+0,0028		

Доғаның белсенді белгісі төменгі табактің үстіне орналастырылады (доғадағы кернеудің артылуын куәландырады) және кері полярлы жарты кезеңде оксиды қабықтан тазартады. Табақтың төменінде дәнекерлеу науасы жасалады.



2.9 сурет. Үшфазалы сығымдалған доғаның түйіспелі дәнекерлеу процесінің сатысындағы

а — процесінің басталуы; б — дәнекерлеу науасын металды сығу; в — жоғарғы табакта саңылау жасалады және төменгі табакта балқыту басталады; г — қалыптасқан дәнекерлеу нүктесі; 1 — жоғарғы дәнекерлеу табак; 2 — жоғарғы табактын дәнекерлеу науасын; 3 — төменгі дәнекерлеу табак; 4 — төменгі табактын дәнекерлеу науасын; 5 — жалпы дәнекерлеу науасы

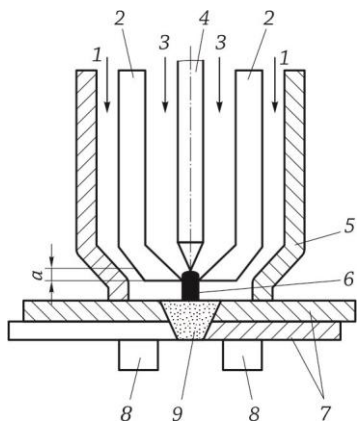
Оның шеті жоғарғы табақтағы сұйық металға жеткенде екі дәнекерлеу науасы қатарып құйылады, саңылау «жабылады». Төменгі табақта балқыма жасалады. Дәнекерлеу нүктесінің көлбеу қимасы қалыңдығы мен оның өлшемі бойынша біркелкі болып алынады кең бөлшекте реттеуге болады. Қосындылардың жоғарғы сапасы оксидті қабықшаны толық бұзу есебінен және тік балқуын бақылауды қамтамасыз етеді. Доғаны батыру кездегі кернеудің өсіп кетуі дәнекерлеу үрдісінің аяқталғандығын білдіретін қоңырау болады.

Дәнекерлеу науасын плазмалық доғамен және лазер ұшқынымен бізмезгілде қыздыруға негіздеген плазмалық дәнекерлеу тәсілі келешекті болып табылады. Бұндай дәнекерлеудің біріктірілген тәсілі ерекшеліктердің бірқатарына ие, бөлек алынған қыздыру көздерін пайдаланудың суперпозициялы қасиеттерімен түсіндіруге болмайды. Плазмада лазерлік сәулеленуді жұтып қою есебінен газ разрядының айрықша түрі – біріктірілген лазерлік-доға разряды іске асырылады.

Е.О.Патон атындағы ИЭС әзірлеген плазмалық дәнекерлеудің бір тәсілі плазмалық-ұнтақты дәнекерлеу болып табылады, қоспа ұнтақ плазмаға беріледі және өңдеуді толтырады. 1...50 мм қалыңдықтағы пластинаның барлық кеңістіктегі жағдайында механикаландырылған және қолмен дәнекерлеу кезінде тексерілген үрдіс. Ұнтақтар қоспасының құрамын құбылтуға металдан, композиция және керамикалық материалдардан жасалған әртүрлі бөлінбейтін қосындылар алуға қол жеткізеді.

Плазмалық доғадан өтетін вольфрамды электрод шүмек ішіне тереңдеп енуі дәнекерлеу алу кең тараған. Сонымен қатар плазмалық доға баған тәрізді нысан алады. Доғаның баған дәнекерлеу ауасының алдында саңылау жанады, дәнекерленетін жиегі барлық қалыңдығына балқытылады. Плазмалық шілтердің жылжуы кезінде үстің тарту істерінен балқытылған метал алдындағы балқытылған саңылауды толтырады 1:1 еніне тереңдігінің қатынасы дәнекерлеу жігін қалыптастырады. «Құлып сияқты ұңғыма» етіп дәнекерлеу жиегін алдын-аа бөлместен қалыңдығы 8 мм дейін дәнекерлеуге және қоспа материалдар беруге қол жеткізеді. 12 мм дейін пластина қалыңдығы кезінде оларда 4...5 мм фаска орындалады, жиегінің бұрышы 60°С және дәнекерлеу қоспа материалдарын бере отырып орындалады.

Ұлыбританияда плазмалық түйіспелі дәнекерлеудің жаңа сызбасын әзірледі (2.10 сурет).



2.10-сурет. Плазмалық түйіспелі дәнекерлеудің қағидатты сызбасы 1-қорғаныш газ; 2-сығымдалған шүмек; 3-плазма жааушы газ; 4-вольфрамды электрод; 5-қорғаныш шүмек; 6-плазмалық доға; 7-дәнекерленетін пластина; 8-бастырық (қажет болғанда); 9-дәнекерлеу науаы; а-электродтың тереңдеуі.

Шүмекке тереңделген корпус вольфрамының электроды баған тәрізді доға жасайды, доға ұзындығы 3...10 мм кезінде жылуды біркелкі енгізуді қамтамасыз етеді. Нәтижесінде үрдіс сапасы дәнекерленетін бөлшек пен плазматрон арасындағы ара қашықтыққа тәуелді болуды қояды, ол дәнекерлеудің тұрақты шартына кепідік береді. Дәнекерлеу мойнының массасы (плазматрон мен оны алмастыру тетіктері) 10 кг аспайды (салыстыру үшін – дәнекерлеу кезінде дәнекерлеу бсының массасы 80 кг құрайды). Басының массасының төмендеуі дәнекерлеу кезінде технологиялық роботты дәнекерлеу үшін қолданылады. Роботты ауыстыруды ЕЭМ басқарады, бағдарламасы қалыңдығына, дәнекерленетін табақ саны мен комбинациясына қарай дәнекерлеудің 32 нұсқасын қамтиды. ЭЕМ доға

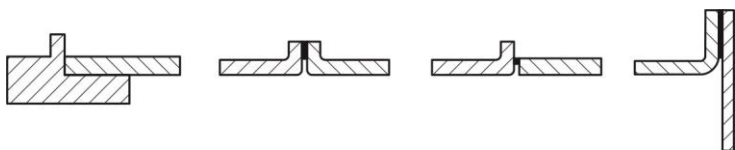
қуатын тұрақы қолдай отырып, дәнекерлеу тогы мен кернеуді үздіксіз басқаруды қамтамасыз етеді.

Шағын плазмалық дәнекерлеу. Шағын амперлі доғаны (0,1...10А) дәнекерлеу – шағын плазманы дәнекерлеу жиек қалыңдығы 0,0025-0,8 мм деталдарын біріктіру үшін қолданылады. Шағын амперлі сығымдалған доғаны өзгерту ашық доғаны дәнекерлеуді салыстыру бойынша дәнекерлеп біріктіру сапасында әжептәуір байқалады. Сонымен қатар, доғаның кеңістіктегі тұрақтылығы өседі.

Шағын плазмалық дәнекерлеу кезінде шағын плазмалық газ ретінде аргон қолданылады, ал қорғаушы ретінде аргон, гелий, сутегі бар аргон қосындысы немесе гелий және өзге газдар дәнекерленетін металға қарай қолданылады.

Тұрақты тоқтың сығымдалған доғасының катод саласы плазма жасаушы газ атмосферасында, ал доға бағаны мен анод саласы – қорғаныш газ атмосферасында қолданылады.

Молекулярлы газдың (азот, сутегі) қорғаныш қоспаларын қолдану доға кернеуін көтереді, оның балқыту қабілетін ұлғайтады, доға бағанында осы газдардың молекулалары диссоциарланады,



2.11 сурет. Шағын плазмалық дәнекерлеу тәсілі көбінесе қалыңдығы аз көмкерулі бөлшектерді қосу

энергияны жұтады, дәнекерленетін доғаны тарылтатын қосымша конус нысанына ие болады. Осы конуста тоқ тығыздығы 5000 A/cm^2 жетеді.

Аргон доғалы дәнекерлемен салыстырғанда шағын плазмалық дәнекерлеудің маңызды артықшылықтарға ие:

- шағын плазма доғасының өзгеруі жұқа бөлшектерді дәнекерлеу сапасына аз әсер етеді;
- кезекші плазмалық доға кемінде 1 A тоқ күші кезінде қозатыны кепілденген;
- дәнекерлеу объетісіне қол жеткізу жеңілдейді жне жұмыс кеңістігін визуалды шолу (15 A тоқ күші кезінде доға ұзындығы 10 мм жетеді).

Шағын плазмалық дәнекерлеу тәсілі көбінесе қалыңдығы аз көмкерулі бөлшектерді қосу үшін қолданылады.

Шағын плазмамен дәнекерлеу өте жұқа элементтердің қосындыларына, миниатюрлы бөлшектердың, метал және метал емес кесінділерінің, прецизионды балқыммалаудың шағын ақауларын түзетуге (жарылып кеткен, ізі қалған, бақалшығы) қолданылады. Қыздырудың шағын алаңы мен термикалық әсерінің аймақ еніне миниатюрлы және жоғар тоқты бөлшектерді дәнекерлеудің: гофрирленген құбыр мен арматурасы бар мембрана, миниатюрлы құбыр өткізгітер, аспаптардың, конденсаттардың, термобудың жартылай өткізгіші жоғары сапаны қамтамасыз етеді.

2.2. ЭЛЕКТРОН СӘУЛЕСІМЕН ДӘНЕКЕРЛЕУ

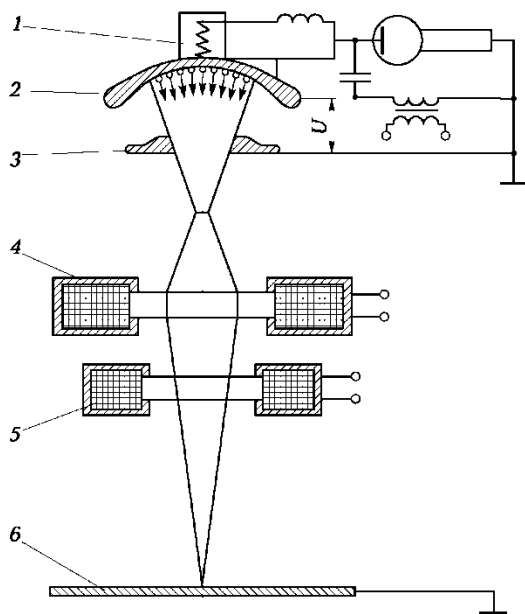
Тәсілдің ерекшеліктері. Электрон сәулесімен дәнекерлеу (ЭСД) мынаған негізделген: қызу жоғары вакуумде жоғары жылдамдықпен қозғалатын электрондардың кинетикалық қуатын пайдалану арқылы басқарылатын электронды сәулемен жүзеге асады. Металдың бетін электрондармен бомбалауда оның кинетикалық қуатының басым бөлігі жылуға айналады, ол металды балқытады.

Дәнекерлеу үшін бос электрондарды алып, оларды шоғырландыру

керек және оларға олардың қуатын көбейту үшін үлкен жылдамдықты хабарлау қажет, ол дәнекерленетін металды тежеу кезінде жылуға айналуы керек.

Бос электрондардың көзі болып электрондарды бұрқырататын (шығаратын), қыздырылған металл катоды қызмет етеді, олар электр өрісінде катод пен анод аралығында әлеуеті жоғары әртүрлілікпен жылдамдықты арттырады. Сәулелерді бір жерге жинау (электрондарды шоғырландыру) сақина тектес магнит өрісі көмегімен қол жеткізіледі. Электронды ағынды шұғыл тежеу электрондарды металға ендіргенде автоматты түрде болады. Электронды сәуле арнайы қондырғыда – электронды пушкада (2.12-сурет) құрылады, ол қуаты аса үлкен тығыздыққа ие өте тар электронды сәулелерді шығаратын құрылғы.

Пушканың 1 катоды 2 катод алды электродының ішіне орналасқан. Катодтан біршама қашықтықта саңылаулы жылдамдатқыш электрод 3 (анод) жайғасқан. Катод алды және жылдамдатқыш электродтар электрондарды жылдамдатқыш электрод (анод) саңлауының диаметріне тең сәуле (шоғыр) диаметріне сай бір жерге шоғырландыратын құрылымды олардың ортасында қамтамасыз ететін пішінге ие. Жылдамдатқыш электродтың жағымды әлеуеті бірнеше



2.12-сурет. Электрон сәулелі пушканың схемасы:

1 — катод; 2 — катод алды электрод; 3 — жылдамдатқыш электрод (анод); 4 — бір орталыққа бағыттайтын магнитті линза; 5 — магнитті кері бағыттайтын жүйе; 6 — дәнекерленетін бөлшек.

ондаған мың вольтқа жетуі мүмкін, сондықтан катодпен жасалған электрондар анодқа барар жолда едәуір жылдамдық пен тиісті кинетикалық қуатқа ие болады. Жылдамдатқыш электродтардан кейін электрондар тұрақты жылдамдықпен қозғалады. Электр қуаты пушкаға тұрақты токтың жоғары вольтті көзінен хабардар етіледі. Электрондар бірдей зарядқа ие болады, сондықтан да олар бір-бірінен тебіседі, соның салдарынан сәуле диаметрі көбейеді, ал қуат тығыздығы сәуледе кішірейеді.

Анодтан шыққаннан кейінгі кезде қуаттың сәуледегі тығыздығын көбейту үшін электрондар магнит өрісінде арайы 4 магнит линзасында бір жерге жинақталады. Бір жерге жинақталған тығыз сәулелі ұшқыр ұшқан электрондар үлкен жылдамдықпен 6 бөлшектің бетіне соғылады. Осы орайда электрондардың кинетикалық қуаты затта тежелу салдарынан металды жоғары температураға дейін қыздыратындықтан, жылуға айналады.

Дәнекерленетін бөлшектің бетімен сәуленің ары-бері қозғалуы үшін электрондардың жолында 5 магнитті кері бағыттауытын жүйе орналасады, бұл электронды дәнекерлейтін жердің түйіскен тұсына қарай сәулені дәлме-дәл бағыттауға мүмкіндік береді.

Катодтан анодқа және одан әрі дәнекерлейтін бөлшекке қарай электрондардың кедергісіз қозғалысын қамтамасыз ету үшін, катодтың жылу және химиялық бейтараптығын орнықтыру үшін, сондай-ақ қондырғының вакуумды жүйесіндегі электродтары ортасындағы доғалық тоғынан ажырауын болдырмас үшін, $1,3 \cdot 10^{-2}$ Па (немесе $1 \cdot 10^{-4}$ мм сынап бағанасы)-дан төмен емес жоғары вакуум жасалады.

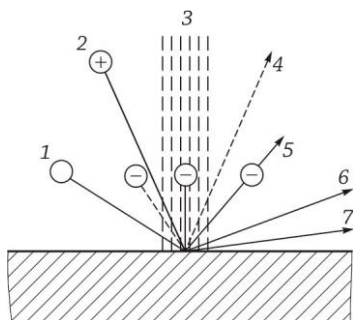
Зарядтың бір нүктеден басқасына қарай ары-бері қозғалысына электр өрісінде жұмсалған A жұмысы, зарядтың өндірген шамасына (осы жағдайда – e электрон зарядына) және осы екі нүкте ортасындағы U әлеуетінің әртүрлігіне, яғни $A = eU$ -ге тең. Осы жұмыс кинетикалық қуаттың электронға хабардар етуіне жұмсалады:

$$E = m_e v^2 / 2,$$

немесе

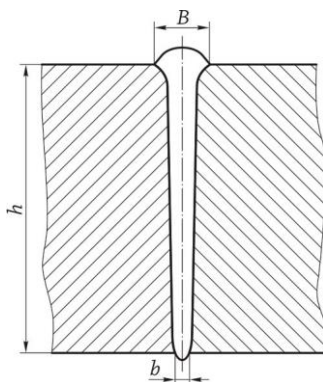
$$eU = m_e v^2 / 2,$$

мұнда E — электронның кинетикалық қуаты; m_e — электронның массасы; v — электронның қозғалу жылдамдығы.



2.13-сурет. Электрондардың металға енуін айқындайтын құбылыстардың физикалық картинасы:

1 — металдың атомдары; 2 — иондар; 3 — электронды сәуле; 4 — рентгендік сәулелену; 5 — сәулеленген және қайталанған электрондар; 6 — жылу және жарық сәулелері; 7 — металдың булануы



2.14 – сурет Электрон сәулесімен дәнекерлеу кезіндегі дәнекерлеу жігінің типті пішіні:

h — балқыту тереңдігі; B — жіктің ені; b — балқыту ені

Электрондардың қуаты үлкен мәнге жетуі мүмкін және қуатын өрістегі әлеуеттердің әртүрлігіне тәуелді болады. Қазіргі таңда жылдамдатқыш кернеуі 200 кВ-ға дейінгі электронды-сәулелі пушқалар пайдаланылады.

Электрондардың металға енуі (2.13-сурет) рентген, жылу және жарықтың сәулеленуімен бірге, сәулеленген және қайталанған электрондардың пайда болуымен, металдың (атомдар мен иондардың) булануымен қоса жүреді. Қайталанған электрондар үш топқа бөлінеді: серпінді сәулеленетін электрондар, олардың қуаты шамамен алғанда құлаған заттың қуатына тең; серіппелі емес жағдайда сәулеленген және азды-көпті үлкен шығындары бар электрондар; атап айтқанда қайталанған электрондар, олардың қуаты 50 эВ-дан аспайды.

Дәнекерлейтін электронды сәулелердің параметрлік мәнге ие сипаттамалары: минималды радиусы 0,1 ... 1 мм, қуаты 10...200кэВ; қуаты – 120 кВт-ға дейін.

Қыздыру көзінде қуаттың тығыздығы оның негізгі сипаттамаларының бірі болып табылады және жылуды пайдаланудың тиімді коэффициентін, пісіру пішінін, термикалық әсер ету аймағының көлемін, дәнекерлеу өзгерістерін және тізгіндерін анықтайды. Электронды сәуле – металды дәнекерлеу кезінде қыздырудың мейлінше тиімді көзі, себебі қуаттың сәуледегі тығыздығы электрлік дәнекерлеу доғасындағы қуат тығыздығын қатарынан үш есеге асып

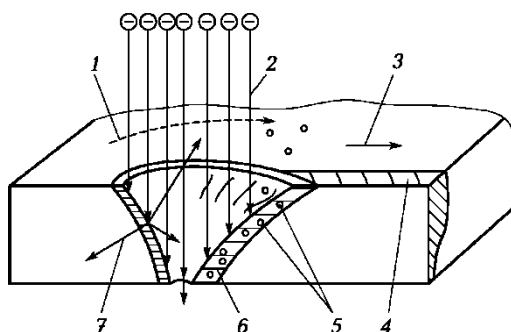
кетеді. Электр сәулесімен дәнекерлеуде тар және терең тігіс (2.14-сурет) қалыптасады. Балқыту тереңдігі h 200... 400мм-ге, ал балқытудың тереңдігі тігістің орташа еніне қатысы 20...30-ды құрайды.

Металға электрондардың соншалықты терең енуі дәнекерлеу ваннасында шын мәнінде оның барша тереңдігінде арнаның пайда болуымен түсіндіріледі. Сұйық металда арнаның пайда болуына металдың булануы кезінде будың шығу қысымы негізгі фактор болып табылады, сондықтан дәнекерлеу ваннасындағы арна булы динамика деп аталады.

Дәнекерлеу технологиясы. Электрон сәулесімен дәнекерлеу (ЭСД) түзімі тоқтың күшімен, жылдамдатқыш кернеумен, дәнекерлеу жылдамдығымен, бір жерге жинақтау тогымен анықталады. Электронды сәуленің балқытқыш қабілеті жылдамдатқыш кернеуге және аз көлемде электронды сәуленің тогына байланысты. Бір жерге бағытталған магнит линзасындағы ток қызу дағының өлшеміне және жылу қуатының жеке үлесіне әсер етеді. Бір жерге бағытталған тоқтың күшін өзгерте отырып, ваннаның ені мен балқытқыш тереңдігін өзгертуге болады.

Электрон сәулесімен дәнекерлеу кезінде дәнекерлеу жігін қалыптастыру (2.15-сурет), дәнекерленетін материалдың булануына байланысты және қайтарым қысымының балқыған металға күштеу әсері арқылы бірқатар ерекшеліктерге ие. Осы қайтарымның қысымы электронды сәуле қысымынан біркелкі 3 – 5 мәрте асып кетеді.

Электронды сәуле тығыздығының белгілібір мәні мен дәнекерлеу науасындағы электронды сәуленің жеткілікті түрдегі жалпы қуаттылығы кезінде арна-шұңқыр құрылады, ол лазер сәулесімен



2.15-сурет. Электрон сәулесімен дәнекерлеу кезіндегі дәнекерлеу жігінің қалыптасу схемасы:

1 —сұйық металл қозғалысы; 2 — электронды сәуле; 3 — дәнекерленетін бөлшектің қозғалу бағыты; 4 — дәнекерлеу жігі; 5 — газдың көпіршіктері; 6 — сұйық металл; 7 — металл буы қысымының бағыты

дәнекерлеу кезіндегідей, дәнекерленетін бөлшектің бүкіл қалыңдығына тарауы мүмкін. Дәнекерленетін металдың немесе электронды сәуленің ары-бері қозғалысы сұйық металдың балқу аймағынан кристалдану аймағына электронды сәуленің металға үздіксіз әсер ету жағдайында кезекпе-кезек ауыстыруына әкеліп соғады. Балқыған тереңдіктің бүкіл ауқымында шұңқырдың құрылуы дәнекерлеу науасының тек қана аз көлемін алуға және дәнекерленетін бөлшектердің ең аз көлемінде өзгерістерге ұшырауына мүмкіндік береді. Дәнекерлеудің жоғары жылдамдығы жік маңайы аймағындағы дәнекерленетін бөлшектің материалына ең аз мөлшердегі термикалық әсерді қамтамасыз етеді, ал тиімді түрдегі жылу жұмсаудағы кристалданудың жоғары жылдамдығы дәнекерлеу қосындыларына жоғары механикалық қасиеттерді дарытады.

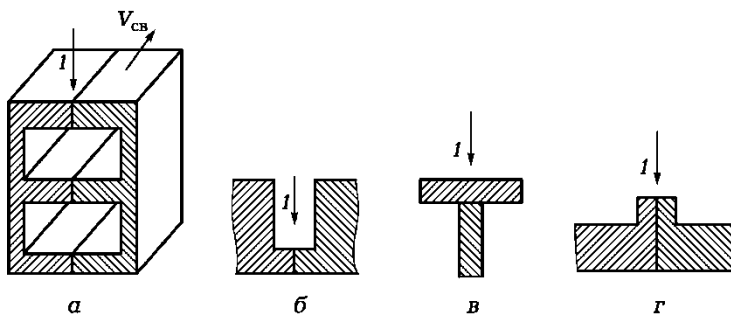
Электрон сәулесімен дәнекерлеудің жоғары жылдамдығы күзеу мен жонуға әкеліп соғуы мүмкін, олардың мөлшері дәнекерленетін металдың жылу-физикалық қасиеттерімен анықталады. Осы орайда тігістің ортасында шығыңқы жер пайда болады. Дәнекерлеудің жылдамдығын азайту күзеу мен жонуды азайтуға мүмкіндік береді. Егерде олар қалай дегенде де пайда болса, онда оларды тігістің бетін қайтадан балқыту арқылы сәуленің аз қуатымен немесе сәулені шашыратып жоюға болады.

Электрон сәулесімен дәнекерлеудің (ЭСД) кемшін тұстарының бірі металл жігінің газды саңылау тесікті болуы дер едік. Саңылау тесіктерінің пайда болуының негізгі себебі – дәнекерленетін бөлшек металының ластануы, олар дәнекерлеу науасының кристалдануында сұйық және қатты металда әртүрлі еруі салдарынан шығуы мүмкін. Саңылаулардың құрылуына сондай-ақ компоненттердің және газдық фазаның құрылуымен біргелікте жоғары температурада металдағы қоспалардың химиялық өзара әсері де ықпал жасайды. ЭСД кезінде металл науасының кристалдануының жоғары жылдамдығы газ көпіршіктерінің бетке шығуына және дәнекерлеу науасынан бөлінуіне мүмкіндік бермейді. ЭСД кезінде газды саңылаумен күресудің жақсы тәсілі вакуумды-доға, электрлі қоспа-қалдық және электрлі сәулемен қайта балқытылған таза бастапқы металды пайдалану болып табылады.

Аса маңызды технологиялық өлшемдер қатарына сондай-ақ түйіскен қосындылардың геометриясы мен типі, дәнекерленген тігіс пен электронды сәуленің кеңістіктегі жағдайы жатады. ЭСД-дің бір жүрісімен түрлі типті (2.16-сурет) қосындылар орындалады.

Жұқа қабатты бөлшектер үшін сәулесімен тесіп өтетін дәнекерлеу төменгі қалыпта, ал кішігірім және орта қалыңдықтағылар үшін, көлденең жағдайдағы дәнекерлеуге жол беріледі.

Практикада ЭСД-дің бірнеше технологиялық схемалары



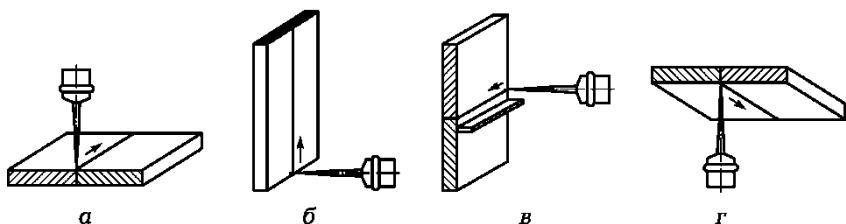
2.16-сурет. Электрон сәулесімен дәнекерлеу тәсілімен орындалатын дәнекерлеу қосындыларының типтері:

a — әртүрлі деңгейде орналасқан бөлшектерді түйістіріп қосу (бір мезгілде енетін электрон сәулесімен біргелікте дәнекерлейді); *б* — тереңдіктері мен қиындықтар туғызатын бөлшектерді түйістіріп қосу; *в* — танбалы қосу (отау, шұқу арқылы дәнекерлеу); *г* — жиектеп отау арқылы түйісті ұшпа-ұш қосу; *I* — электронды сәуле; *V_{св}* — дәнекерлеу бағыты.

қолданылады (2.17-сурет):

- төсенішсіз немесе төсенішпен тік электронды сәулемен төменгі жағдайда;
- төсенішсіз көлденең электронды сәулемен жоғары көтеріп және бүйірде жатқызған жағдайда; дәнекерлеу науасынан сұйық металдың ағып кетуіне жол бермес үшін кейде төменгі жиек бойына шектеу тақтайшасы қойылады;
- төбедегі жағдайда; кішігірім қалыңдықтағы (әдеттегідей, 20 мм-дейін) бөлшектерді қосу үшін пайдаланылады және сирек қолданылады.

Бөлшектер мен олардың дәнекерленетін бетін даярлаудың ерекшеліктері негізінен алғанда жылу көзінің (электрондардың тар ағыны) өзіне тән қызметіне, сондай-ақ, дәнекерлеу вакуумда орындалатындығына байланысты.



2.17-сурет. ЭСД-нің негізгі технологиялық схемалары:

a — төменгі жағдайда тік электронды сәулемен; *б* — жоғары көтеріп көлденең электронды сәулемен; *в* — бүйірде жатқызып көлденең электронды сәулемен түйіскен тұстың төменгі жиек бойымен шектеулі татайшамен; *г* — төбедегі жағдайда.

Дәнекерлеу жігінің жоғары сапалы болуы бөлшектің түйіскен беттерінің ішкі және сыртқы беттерінің қорғалуы, ластану, тот басу және оксидті жұқа қабыршықтарынан толық тазартылуы талап етіледі. Алдын-ала тазарту жұмыстары механикалық тұрғыда орындалады, ал түпкіліктісі – физикалық-химиялық тәсілдермен жүзеге асады, олардың қайсыбірін таңдау дәнекерленетін бөлшектің металына және тазартылған беттің тегіс-бұдырына байланысты. Кейбір жағдайларда тікелей дәнекерлеу алдында дәнекерленетін бөлшектердің беті (түйіскен жердегі саңылау ені қаншалықты мүмкіндік береді) түйіскен жер мен түйісетін беттер аз қуатты сканирленетін электронды сәулемен тазартылады. Осы орайда сәуле түйіскен тұстағы саңылауды балқытастан, тазартылатын бетті болмашы ғана балқытуы қажет. Тазарту 1-2 жүрісте орындалады.

Бір өтпелі ЭСД жиектерді өндеуді талап етпейді. Сонымен бірге түйіскен жердегі саңылаудың еніне белгілібір талаптар қойылады: ол электронды сәуленің орташа кесекөлденең өлшемінен аз болуы керек. Түйіскен тұстағы саңылаудың оңтайлы үлкендігі бөлшектің материалы мен оның қалыңдығына, түйіспенің типіне, сондай-ақ түйіспе кеңістіктегі жағдайына және электронды сәулесіне байланысты. Қоспасыз ЭСД үшін металды бөлшектің қалыңдығы 20 ... 30 мм болғанда, саңылау әдеттегідей 0,1 ... 0,2 мм-ді, ал қалыңдығы 30 мм-ден асқанда – шамамен 0,3 мм-ді құрайды. Металдың дәнекерленуі нашар болған сайын, жол берілетін кемшін тұстарға деген талап та жоғары болады, бұған қоса саңылаудың дәлме-дәлдігіне де жоғары талап қойылады.

Бір-біріне қосылатын бөлшектердің жиектерін өндеу, жіктердің пішіндерін жақсарту және түйіспеге автоматтық қадағалау жасау жүйесінің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін, тек ең қажетті жағдайларда ғана қолданылады. Мысалы, жіктің жоғары бөлігінің кемейіп немесе енінің кеңейіп кетуінің алдын алу үшін жиектері V немесе U үлгісінде өндеулер қолданылады; түйіспенің төменгі жағындағы жіктің кері білігін болдырмас үшін кейде П немесе Л үлгісіндегі өндеулер орындалады.

Тұтастай алғанда, дәнекерлеу қосындылары мен дәнекерлеу құрылымдарына, құрылма материалдарының қасиеттері мен қосылым типтеріне қойылатын талаптарға қарай, ЭСД-де арнайы технологиялық әдістер қолданылады:

- дәнекерленетін түйіспенің толық балкуы. Осынау мейлінше сенімді және қарапайым әдіс кемшін тұстарды түбірімен жоққа шығаруға, бұрыштама өзгерістерді азайтуға, дәнекерлеу металында газды болдырмау жағдайын жақсарту арқасында

саңылаулар мен қабыршақтардың құрылу мүмкіндігін кемейтуге мүмкіндік береді.

- электронды сәулені ұңғылау (шоғырландыру). Сәулені ұңғылаудың мынадай түрлері: ұзына бойына, кесекөлденен, Х үлгісі, айналдыра, эллипсис түрі, доға пішіні кеңінен пайдаланылады. Үлкен қалыңдықтағы бөлшектегі дәнекерлеуде ұңғылаудың арқасында диаметрді шұғыл түрде кеңейтуге және дәнекерлеу науасында арнаның тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік туады, бұл жікті қалыптастыру үдерісінің тұрақтылығына әсер етеді: балқытылған металдың шашырауы кемиді, көлденен сәулемен дәнекерлеу кезінде науадан балқыманың төгілуіне жол берілмейді, шытынауудың пайда болуына, түбірдегі кемшін тұстар мен созылыңқы қуыстарға бейімділік кемиді. Ұңғыманы қолданбастан үлкен қалыңдықтағы бөлшектерді дәнекерлеуде практика жүзінде осы ақаулардан арылуға болмайды, өйткені терең түйіспеге ұзындығы үлкен жік бар кезде ені тар сәулені дәлме-дәл бағыттау өте күрделі.
- электронды сәулемен бүйірлей дәнекерлеу. Үлкен қалыңдықтағы бөлшектерді дәнекерлеу үшін электрон сәулесін тұрақты түрде 5 ... 7°-қа оның дәнекерлейтін деталға қарай бұрылуы ұйғарылады. Осынау әдіс саңылаулар мен бөлшек бетінің біртегіс болмауын едәуір кемейтуге мүмкіндік жасайды;
- электронды сәуле тогының қозғаушы модульдігі. Осынау әдіс жұқа табақтарды (1 мм-ге дейін) дәнекерлеу кезінде жылу салуды және шытынауудың пайда болуын кемейту үшін қолданылады. Қозғатқыш жиілігі және дәнекерлеу жылдамдығы бір-бірінен жекелей балқытылған учаскелерді жабу жәйттерін ескере отырып таңдалады;
- қоспамен дәнекерлеу. Осынау әдіс түйіспедегі үлкен саңылаулар кезінде жіктің ақауын жөндеу, сондай-ақ металл жігіне қосындылар жасау үшін жеткілікті түрде кеңінен қолданылады. Қоспа ретінде сым, лента, түйіршіктер, сондай-ақ металл табақшасынан қондырма (түйіспеге орналастырылады) пайдаланылуы мүмкін;
- екі жақты дәнекерлеу. Әдістің мәнісі түйіспе қалыңдығының жартысына тең балқытылған тереңдіктегі түйіскен жердің екі қарама-қарсы жағын ізбе-із немесе бірдей уақытта дәнекерлеуде болып табылады. Осынау әдіс қолда бар аппаратура мүмкіндік беретін қабырғалары

анағұрлым қалың бөлшектерді дәнекерлеуге мүмкіндік беруді қамтамасыз етеді, сондай-ақ балқытудың тереңдігі көбейген сайын мүмкіндігі артатын жіктердің ақауларына жол бермеуге мүмкіндік жасайды;

- ұзына бойына басынан аяғына дейін дәнекерлеу кезінде сыртқа шығаратын тақтайшаны пайдалану. Бұл әдіс осынау учаскелерде сапалы жікті алуға мүмкіндік береді, бұны пайдаланбай алу қиындықтарды әкеледі, өйткені электронды сәуленің жылдам артуы және қуатының төмендеуі салдарынан үлкен жік пен шұңқырдың ауытқу күштілігі пайда болады.

Электрон сәулемен дәнекерлеу дәнекерлеудің басқа тәсілдерімен салыстырғанда елеулі басымдықтарға ие болады:

- металдар мен балқыманың қалыңдығы 0,1мм-ден ... 400мм-ге дейінгі металдардың бөлшектерін қосудың мүмкіндігі бар, бұл дәнекерлеу бойынша барлық әдістердің арасындағы ең кең диапазон болып табылады;
- сәуледегі қуаттың жоғары ауқымда шоғырлануы, жылудың аз көлемде енуі және дәнекерлеу қосындысының суу жылдамдығының жоғары болуының арқасында оның құрамындағы қасиетін кішігірім көлемде төмендеткенде термиялық әсер ету аймағының шағын ғана болу ұзақтығы. Бұл аустенит құрышы құрылымын, цирконий балқымасын, молибден және басқа да қыздыру кезінде дәннің едәуір өсуіне және тот басуға беріктігін төмендетуге бейім металдарды дәнекерлеуде ерекше маңызға ие болады;
- дәнекерлеу науасының көлемі бойынша шағын металдың кристалдануындағы жоғары жылдамдық пен өзінің қасиеті бойынша негізгі металдан аз ғана ерекшеленетін металл жігінің ұсақ кристалдануы құрылымына қол жеткізу. Бұл басымдық кіші қума қуаты кезінде металды терең балқыту мен дәнекерлеу аймағынан жылуды жоғары жылдамдықпен алып кетуге байланысты;
- доғалы дәнекерлеумен салыстырғанда бөлшектердің өзгеріске ұшырауын көптеп еселей кемейтуге мүмкіндік туады, бұл жылудың едәуір аз санын ендірумен байланысты, әсіресе, дәнекерлеудің қызу түзілімі кезінде байқалады;
- сәуле кесекөлднен түскен кезінде қуаттың үлкен көлемде шоғырлануы арқасында және сәуле арқылы қуатты катодтан анағұрлым қашықтыққа көшіруі нәтижесінде тар саңылауды дәнекерлеуде (доғалық дәнекерлеудің әдістері қолдануға

болмаған жағдайда) электронды сәулені пайдалану мүмкіндігі;

- Жіктің өлшемдерін елеулі түрде өзгертпей-ақ, электронды пушкадан дәнекерленетін бөлшекке дейін кең көлемде жұмыс аралығын өзгерту мүмкіндігі: 50 ... 120 мм төменгі вольтті және 50 ... 500 мм – жоғары вольтті пушкалар үшін. Осы орайда жұмыс аралығы 1 ... 5 мм дәнекерлеу үдерісінде қосылу сапасына елеулі түрде әсер етпейді;
- жоғары вакуум жағдайында жүргізілетін дәнекерлеу үдерісіндегі газбен өзара әрекетінен металдың нәтижелі қорғанысы;
- Электронды есептеу машинасы бағдарламасын пайдалана отырып, электронды сәуленің күрделі нұсқасы бойымен ауыса қозғалу мүмкіндігі. Бұл мүмкіндік магнитті өрісте электрондар ағынының өзгеруі шын мәнінде жігерсіз емес халде жүзеге асуына байланысты;
- доғалық дәнекерлеудің басқа әдістерімен салыстырғанда, төмендеген энергетикалық шығындар (8-10 есе) едәуір ;
- баяу балқитын металдар бөлшектерінің қосылу тиімділігі; термиялық нығайтылған металдарды одан әрі термиялық өңдеу қажет емес, қиынға соққанда немесе одан әрі мүмкін емес болғанда; бөлшектерді түбегейлі механикалық өңдеуден кейін, кем дегенде дәнекерлік ақауларды қамтамасыз ету қажет болғанда; жауапты маңызға ие құрылғылар, олар едәуір қалың болғанда.

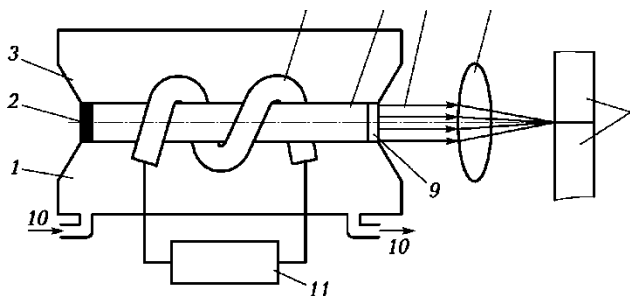
ЭСД әдісінің кемшіліктері мыналар:

- құрал-жабдықтардың күрделілігі және жоғары құндылығы;
- вакуумды камераларды пайдалану қажеттілігі, бұл дәнекерлейтін бөлшектердің өлшемін шектейді;
- дәнекерлеу үдерісіндегі зиянды рентгендік сәулелену;
- жоғары кәсіби білікті құрамның қажеттілігі.

2.3. ЛАЗЕРМЕН ДӘНЕКЕРЛЕУ

Әдістің ерекшеліктері. Дене беті жарықпен сәулеленген кезде жарықтың кванттар (тиесілі үлесі) осы бетте жұтылады. Жылу пайда болады және дене беті температурасы көтеріледі. Егерде жарық қуатын дене бетінің шағын учаскесіне шоғырландырғанда, онда жоғары температураны алуға болады. Оптикалық квантты генератордың жарық сәулесі – лазермен дәнекерлеу осыған негізделген.

«Лазер» термині ағылшын сөзінің («Light amplification by the



2.18-сурет. Нығыз денелі лазердің схемасы:

1 — салқындатқыш орта; 2 — буалдыр айна; 3 — жарық қайтарғыш; 4 — тарту генераторы; 5 — қызыл күрең сояу (белсенді орта); 6 — жарық сәулесі; 7 — бір жерге шоғырландыратын линза; 8 — дәнекерленетін деталдар; 9 — жартылай мөлдір айна; 10 — белсенді ортаны салқындататын, су үшін кіріп-шығатын саңылау; 11 — коректену көзі.

stimulated emission of radiation») алғашқы әріптерінің бастапқы әріптерінен құралады, бұның аудармасы «Сәулелену арқылы электромагниттік өріс арқылы шығарылатын жарықтың күшеюі» деген мағынаны білдіреді.

Лазердің негізгі элементтері: тарту генераторы және белсенді орта. Белсенді орта бойынша лазерлер нығыз денелі, газды және жартылай өткізгішті болып бөлінеді.

Нығыз денелі лазерлерде (2.18-сурет) белсенді орта сипатында қызғыш рубиннен сояулар – алюминий оксиді Al_2O_3 хром иондары қоспаларымен Cr^{3+} (до 0,05 %) көбінесе жиі қолданылады. Хром иондары сәулеленгенде энергетикалық басқа жағдайға өтеді – козады және содан кейін жинақталған қуатты жарық түрінде береді. Рубин сояуының дөңбегіне сәулеленетін заттың (мысылы, күміс) бір қабаты жағылады, сөйтіп, бір ұшында буалдыр, ал басқа ұшында жартылай мөлдір айна пайда болады. Хром иондарының сәулеленуі осы айнарларға сәулеленіп, сояудың оптикалық білігін параллельді түрде жүргізеді, сөйтіп, жаңа иондарды қоздырады, яғни тасқын секілді үдеріс жүре бастайды. Сәулелі қуаттың лек-легімен бөлінуі жүзеге асады, ол параллельді сәулемен бірге буалдыр айна арқылы сәулеленеді және дәнекерлеу аймағында линзамен бір жерге шоғырланады. Нығыз денелі лазерлердің сыртқа шығару қуаттылығы кем дегенде 1 см^2 -ге сәулені кескенде 10^7 Вт-ға жетеді. Бір нүктеге сәуле шоғырланғанда, $1\,000\,000$ °C-қа дейін жететін температураны алуға мүмкіндік туатын қуаттың орасан зор мөлшеріне қол жетеді.

Қызу түзімдегі жұмыс кезінде нығыз денелі лазер төменгі ПӘК-іне (0,01 ... 2 %) ие болады. Үзіліссіз түзімде жұмыс жасайтын нығыз денелі лазерлер мейлінше жоғары қуаттылық пен үлкен ПӘК-ін қамтамасыз етеді, мысалы, неодим атомымен белсендірілген (шамамен

1%), алюмоиттрилі гранаттағы лазерлер.

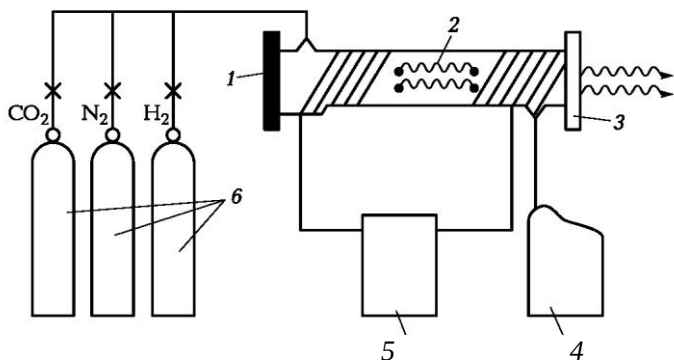
Газды лазерлер үлкен ПӘК-і мен қуаттылыққа ие. Оларда белсенді орта сипатында көбінесе CO_2 немесе газдардың қоспалары қолданылады, тарту генераторлары ретінде ұшқын шығаратын разрядтаушылар немесе электронды сәуле қызмет атқара алады. .

Газды лазер (2.19-сурет) газға (немесе газ қоспаларына) толтырылған разрядты құбыр секілді екі жағынан параллелді буалдыр және жартылай мөлдір айналармен шектелген көрініске ие. Электрлі разряд нәтижесінде разрядты құбырға ендірілген электродтар арасында тез қозғалатын электрондар пайда болады, олар газды молекулаларды қоздырады. Қайтадан тұрақты жағдайға оралған соң, осы молекулалар нығыз денелі лазерлердегідей секілді, жарық кванттарын солайша құрайды.

Нығыз денелі және газды лазерлер үзіліссіз және қызу түзімде жұмыс жасай алады.

Лазерлі дәнекерлеу ауада немесе қорғаныш газдары: аргон, CO_2 ортасында жүргізіле береді. Электрон сәулесімен дәнекерлеу кезіндегідей мұнда вакуум қажет емес, сондықтан лазер сәулесімен үлкен өлшемді құрылғыларды дәнекерлей беруге болады. Лазер сәулесі қолайлы басқарылады және реттеледі. Айналы оптикалық жүйе көмегімен ол оңай тасымалданады және дәнекерлеу жұмыстары басқа тәсілдермен қиындық туғызатын немесе мүмкін емес жерлерге жұмсалады.

Электронды сәуле және электр доғасына қарағанда оған магнит өрісі әсер етпейді, бұл өз кезегінде жіктің тұрақты түрде қалыптасуын қамтамасыз етеді. Лазерлі дәнекерлеу үдерісінде қуаттың жоғары мөлшерде шоғырлануы арқасында (диаметрі 0,1 мм және одан да кем



2.19-сурет. Газды лазердің схемасы:

1 — буалдыр айна зеркало; 2 — разрядты құбырша; 3 — жартылай мөлдір айна; 4 — вакуумды насос; 5 — коректену көзі; 6 — технологиялық газ баллондары

дақта) дәнекерлеу наусасының кішігірім көлемі, термиялық әсер ету аймағының азғантай ғана ені, қыздыру мен салқындаудың жоғары жылдамдығы сақталады. Бұл дәнекерлеу қосындыларының жоғары технологиялық беріктігін және дәнекерлеу құрылғыларының үлкен өзгерістерге ұшырамауын қамтамасыз етеді. Мысалы, автомобильдің шанышқысы мен кардан білігін лазермен дәнекерлеу доғалы дәнекерлеуге қарағанда кардан білігі берілісінің қызметін дәнекерлеу жігінің кесу алаңын екі есе кішірейту және дәнекерлеу уақытын бірнеше рет азайту есебінен үш есеге көбейтеді. Шанышқының өзгеріске ұшырауы, алдын ала тозу, шын мәнінде жоққа тән.

Лазерлі дәнекерлеу үдерісінің негізгі энергетикалық сипаттамасы болып, лазерлі сәулелену қуаттылығының E тығыздығы және оның әсер әрекетінің t ұзақтығы болып табылады. Үзіліссіз түзімде лазер жұмыс жасағанда оның қимыл әсері сыртқа тасымалдау уақытының ұзақтығымен анықталады, ал қызу түзім жұмысы жағдайында қызу жұмыстың ұзақтығымен өлшенеді. E жоғары шегінен асу қызу көлемді қайнауды және металдың булануын тудырады, бұл металдың тасуына және жіктің ақауына әкеліп соғады. Практика жүзінде лазерлі дәнекерлеу $E = 10^6 \dots 10^7$ Вт/см² орындалады. $E < 10^5$ Вт/см² жағдайында лазерлік сәулелену өзінің негізгі артықшылығын, қуаттың жоғары шоғырлануын жоғалтады. E және t -нің өзгеруі лазерлі сәулемен қалыңдығы бірнеше микрометрден ондаған миллиметрге дейінгі элементтерден жасалған әртүрлі құрылымдарды дәнекерлеуге мүмкіндік береді.

Үзіліссіз түзімдегі лазерлі дәнекерлеудің жылдамдығы балқытумен дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерінің жылдамдығынан бірнеше есе асып түседі. Мысылы, қалыңдығы 20 мм құрыш электр доғасымен 5-8 рет жүру арқылы 15 м/сағат жылдамдықпен дәнекерленеді, осы орайда жіктің ені 20 мм-ні құрайды; үзіліссіз лазер сәулесімен дәл осындай табақ 1 өтпелі арқылы 100 м/сағат жылдамдықпен дәнекерленеді, осы ретте жіктің ені 5 мм-ні құрайды. Алайда лазерлі дәнекерлеудің жылдамдығы қызу түзімде балқытып дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдерінің жылдамдығымен салыстыруға болады.

Дәнекерлеу технологиясы. Лазерлі дәнекерлеуді тесіп және жекелей балқытып жасауға болады. Дәнекерленген жіктер қандай болса да кеңістікте бірдей жақсы қалыптасады. Терең балқытылған бөлшектерді дәнекерлеуде жиектерінің қалыңдығы кемінде 0,1 мм-ден және қалыңдығы үлкен бөлшектердің жіктері түрліше қалыптасады және сондықтан да дәнекерлеу түзімі өлшемдерін таңдаудың ыңғайын табу да саналуан. Үзіліссіз, сондай-ақ қызу түзімде жұқа қалыңдықтағы бөлшектерді дәнекерлеуде, бөлшектердің түйіскен тұсында ғана металдың балкуын қамтамасыз ететін, оның қатты қызып, қызу түрде

буланып кететін температураға дейін қайнап кетпеуін қамтамасыз ететін, дәнекерлеудің мейлінше «жұмсақ» өлшемі алынуы қажет. Осы жағдайда құрыштан және басқа да аз активті металдарға қатысты бөлшектерді дәнекерлеу қыздыру аймағын қосымша қорғаусыз-ақ орындалуы мүмкін, бұл елеулі түрде технологияны оңайлатады, ал терең балқыту арқылы дәнекерлеу жікті газбен қорғау арқылы жүргізіледі, оның құрамы дәнекерленетін бөлшектің материалына қарай іріктеледі.

Лазермен дәнекерлеудің қызу түзімінің негізгі өлшемі қуат пен қызу түзімнің ұзақтығы, бір жерге шоғырланған сәулеленудің диаметрі, қызу түзілімнің ізбе-із жиілігі, дәнекерленетін бөлшектің бетіне қатысты қабыршық дақтың жай-күйі болып табылады. Қызудың ұзақтығы осы материал үшін, шамамен алғанда анықтайтын формула бойынша жылудың тұрақты уақыты t -ға сай болуы қажет:

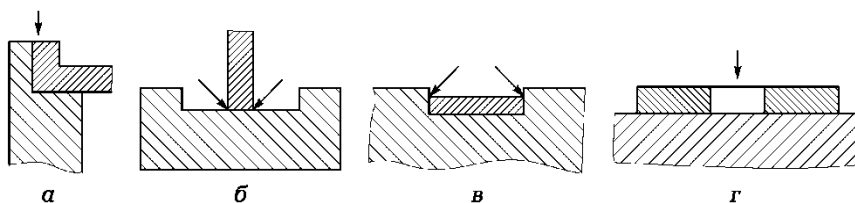
$$\tau = \delta^2 / (4\alpha), \quad (2.3)$$

мұнда δ , α – тиісінше қалыңдық пен дәнекерленетін бөлшектің температура өткізгіштік коэффициенті.

Жұқа қалыңдықты бөлшектер үшін τ -нің маңызы (δ жағдайында = 0,1 ... 0,2 мм) бірнеше миллисекөнтті құрайды. Осы негізде қызудың ұзақтығын бөлшектер үшін мынадай түрде алу керек: мыстан – 0,0001 ... 0,0005 с, алюминийден – 0,0005 ... 0,002 с, құрыштан – 0,005 ... 0,008 с. δ -ті 1 мм-ге және одан да көбейткенде τ артады және лазерлі қызудың жететін ұзақтығынан едәуір артуы мүмкін. Сондықтан қалыңдығы 1 мм-ден артық бөлшектерді лазермен дәнекерлеу қызу сәулелену арқылы қиынға соғады.

Бір жерге шоғырландырылған сәулеленудің диаметрі d қызудың алаңы мен E қуаттылығының тығыздығын анықтайды. Дәнекерлеу кезінде диаметр d –ні сәулені бір жерге тым шоғырландыру жолымен 0,05...1мм диапазонда өзгертуге болады. Осы орайда жарық сәулесі шоғырланған бөліктегі тегістік ең аз көлемдегі диаметрге ие болады да, дәнекерленетін бөлшектердің жоғары немесе төменгі жағына орналасады.

Қызу түзім жағдайындағы дәнекерлеу кезінде дәнекерленетін жік дәнекерлеу нүктелерін қою арқылы құралады, олардың өзара бөгеттері дәнекерлеу қосындыларының типтері мен оған қойылатын талаптарға байланысты 30 ... 90 %-ға сай болады. Нығыз денелі лазерлі өндірістік дәнекерлеу қондырғылары бағытталған жіктерді дәнекерлеуді қызу жиілігі 20 Гц-ға дейін 5 мм/сек жылдамдыққа дейін жүргізуге мүмкіндік береді. Дәнекерлеу үшін диаметрі кем дегенде 1,5 мм сымдарды, ленталарды немесе ұнтақ түріндегі қоспа материалдарды қолдануға болады. Қоспа материалды қолданғанда жіктің кесіндісінің



2.20-сурет. Өртүрлі қалыңдықтағы бөлшектерді дәнекерлеу қосындылары: *a* — массивті бөлшектің жиегі бойынша және жұқа металды жиектеу; *б* — таңбалы қосу; *в* — массивті бөлшектің қырналған жиегі бойымен; *г* — нүктелік қосу; жебемен лазер сәулесінің бағыты көрсетілген.

көлемі көбейеді, бұл ең көп тараған ақаулардың бірі – жіктің әлсіздігінен қашып құтылуға мүмкіндік береді және металл жігі қоспалылығын қамтамасыз етеді.

Лазермен дәнекерлеуде қоспалы элементтерді алдын ала дәнекерленетін жиектердің бетіне шашу, жағу, электр ұшқындарын қосу тәсілдерімен жүргізуге болады.

Қызу түзімдегі лазермен дәнекерлеу электронды және электротехникалық өндірісте ең көп қолданысқа ие болған, мұнда жұқа қабырғалы бұрыштама, айқыш-ұйқыш жерлер мен түйіскен қосындыларды дәнекерлеу қажет. Өртүрлі қалыңдықтағы (2.20-сурет) бөлшектерді лазер сәулесімен дәнекерлеу қосындылардың жақсы сапасына қол жеткізеді. Осы жағдайда дәнекерлеу үдерісінде сәуле мейлінше массивті бөлшекке қарай ойысады, температуралық алаңды тегістеп, қос бөлшекді тепе-теңдікте балқытуды қамтамасыз етеді. Мұндай бөлшектердің қызуын және балку жағдайын теңестіру үшін түйіскен тұстағы массивті бөлшектің қалыңдығын кемеіту керек, сол үшін оны жиегінен орындап, ал жұқа қалыңдықтағы бөлшекке технологиялық жиектеме немесе қырнау жасау қажет.

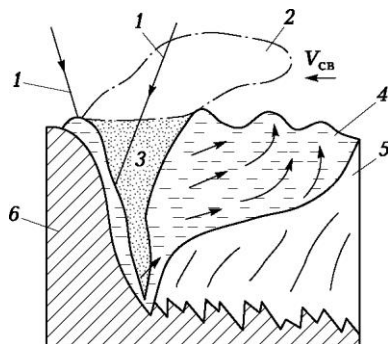
Лазермен дәнекерлеуде металдың қызуы мен балкуы тез өтетіні соншалықты, металл қатты қалыпқа келгенде де, жұқа жиек қалыптасып үлгере алмайды. Бұл жұқа металдар мен массивті бөлшектерді айқыш-ұйқыш тәсілмен дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Бұл үшін жұқа қалыңдықтағы бөлшектердің жиектерін және массивті бөлшектердің жиектерін балқытуда жалпы дәнекерлеу науасы құрылуы керек. Бұл саңылау жиектерін дәнекерлеуде немесе жұқа қалыңдықтағы бөлшектердің периметрі бойымен дәнекерлеу кезінде мүмкін болады.

Жұқа қалыңдықтағы бөлшектерді сондай-ақ қуаттылығы 1 кВ • А үзіліссіз әрекеттегі газды және нығыз денелі лазерлермен де дәнекерлеуге болады. Жұқа қалыңдықтағы бөлшектерді түйістіре қосқанда мейлінше сапалы жік қалыптасады. Алайда мұндай қосындыларды жинақтағанда лазерлі дәнекерлеуге анағұрлым қатаң

талаптар қойылады: түйіскен жерде ең аз және біртегіс саңылаудың болуы және шын мәнінде жиектердің ойысуына мүлдем жол бермеу.

Қалыңдығы 1 мм-ден артық бөлшектерді тереңдетілген балқытумен дәнекерлегенде жік күрделірек қалыптасады. Лазерлі сәулелену қуаттылығының тығыздығы сыналған деңгейден артқанда металдың қызуы негізгі металға жылу өткізгіш есебінен жылуды тарту жылдамдығынан едәуір артатын жылдамдықпен өтетін болады. Сұйық металдың бетінде оның буларының реакциясы әсерінен терең ойық пайда болады, ол ұлғая түсіп, толтырылған бумен және сұйық металмен қоршалып, арнаны қалыптастырады. Будың қысымы гидростатистикалық қысым күштері мен үстіңгі керу күштеріне қарсы әсер етуге жеткілікті болады, бұл арна қуысының сұйық металмен толығуына мүмкіндік бермейді. Дәнекерлеудің белгілібір жылдамдығында арнаның пішіні динамикалық тұрақтылыққа ие болады. Оның алдыңғы қабырғасында металдың балқуы жүзеге асады, ал арқысында – қатаю үдерісі жүреді. Арнаның бар болуы лазер сәулесінің тек бетінде ғана емес, бірақ сонымен бірге дәнекерленетін бөлшектің тереңінде де жұтылуына әсерін тигізеді. Мұндайда қанжардай сұғыну деп аталатын балқу қалыптасады. Осы орайда балқудың тереңдігі мен жіктің ені ортасында арақатынасы үлкен тар жік пайда болады.

Лазермен дәнекерлеуде дәнекерлеу науасы (2.21-сурет) өзіне тән мынадай пішінге ие: ол дәнекерлеу бағытына қарай созылады. Науаның бас жағында булығазды арна (шұңқыр) 3 орналасқан – бұл мейлінше ашық сәулелену аймағы. Арнаның алдыңғы қабырғасында қалыпты бағыттан үнемі ауытқуды бастан өткеретін балқыған металдың қабаты болады.



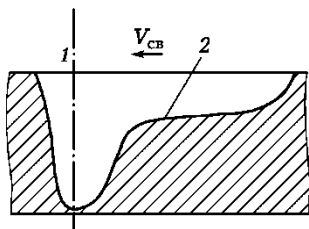
2.21-сурет. Лазермен дәнекерлеуде дәнекерлеу науасын ұзына бойлап кесу:
1 — лазер сәулесінің шекарасы; 2 — плазмалық алау; 3 — булығазды арна (шұңқыр); 4 — науаның артқы жағы; 5 — дәнекерлеу жігі; 6 — дәнекерленетін бөлшек; Усв — дәнекерлеу бағыты

Мұнда басқыш түріндегі шұңқырдың өзіне тән қисайған алдыңғы қабырғасы байқалады. Осынау басқыш жоғарыдан төменге ауысып қозғалғанда балқыған металл одан қашықтайды.

Балқыған металды науаның бас бөлігінен аяқ жағына көшіргенде көлденең бағытта бүйірдегі қабырғалары арқылы өтеді. Науаның артқы бөлігінде 4 балқыған металл бұралаңдаған ағын түрінде жоғары көтеріледі және бір бөлігі дәнекерлейтін науаның бетіне шығарылады. Арна 3 пайда болғанда металдың бетінде жарқыраған алау 2 көрінеді, ол науадан лақтырылатын ұсақ металл тамшылары мен будың суға айналған булану бөліктері қоректерінен тұрады. Дәнекерлеу жылдамдығы едәуір артқанда алау бір шетке, дәнекерлеу бағытына қарама-қарсы 20... 60°-қа ауытқиды, сәуле қуатының бір бөлігін жұтады және оның балқытушылық қабілетін төмендетеді.

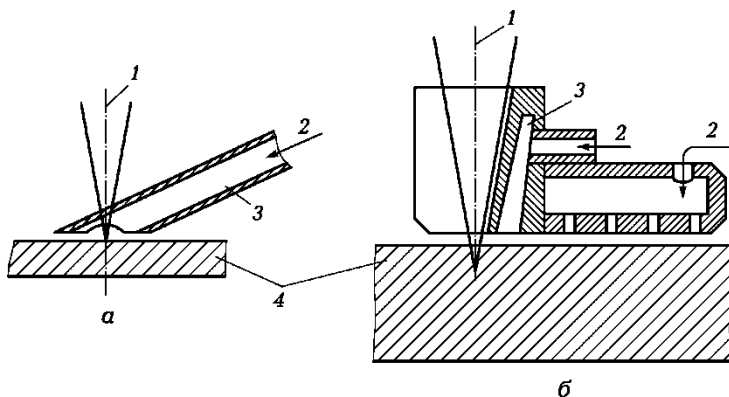
Қалыңдығы 1 мм-ден астам бөлшектерді дәнекерлегенде сәуленің балқытушы қабілетіне ең алдымен сәулеленудің қуаттылығы әсер етеді. Өйткені мұндай бөлшектерді дәнекерлеу үзіліссіз сәулелену үдерісінде жүргізіледі, онда бұл кезде түзімнің негізгі параметріне дәнекерлеу жылдамдығы да жатады. Сәулелену қуаттылығының маңызын таңдап алғанда дәнекерлеу жылдамдығы жікті қалыптастыру ерекшеліктеріне қарап анықталады: жылдамдықтың ең аз ауқымдағы маңызы (қанжарша сұғыну) дәнекерінің жоқтығымен шектеледі, ал ең артық көлемдегі маңыздылығы – жікті қалыптастыруда саңылаулардың, пісірілмеудің және басқа да ақаулардың пайда болуымен айшықталады. Дәнекерлеу жылдамдығы 90... 310 м/сағатқа жетуі мүмкін.

Дәнекерлеу жігінің сапасына сәулені бір жерге шоғырландыру әсер етеді. Дәнекерлеу үшін диаметрі 0,5...1 мм дақ үстіне сәуле шоғырландырылады. Одан аз диаметрде қуаттылықтың арттырылған тығыздығы балқыған металдың қатты қызуына және оның булануының күшеюіне әкеліп соғады, сол кезде жіктің ақауы пайда болады. Үлкен диаметрде дәнекерлеудің нәтижелілігі төмендейді. Жіктің қалыптасуы сондай-ақ дәнекерленетін бөлшектерге қатысты бөліктік тегістікке де байланысты болады. Балқытудың мейлінше тереңдігі сәуленің бір жерге шоғырлануы бөлшектің бетіне дұрыс орналасуымен қол жеткізіледі.



2.22-сурет. Дәнекерлеу науасының шұңқырын ұзын бойына кесу:

1 — лазер сәулесінің білігі; 2 — кристалдандыру жұмысы бетіндегі шығыңқы жер Дәнекерлеу



2.23-сурет. Қалыңдығы жұқа бөлшектерді дәнекерлеу үшін қорғаныс қуыстарының (а) және терең балқыту арқылы дәнекерлеудің (б) схемалары:
1 — лазер сәулелері; 2 — қорғаныс газы; 3 — қуыс; 4 — дәнекерленетін бөлшектер.

науасын ұзына бойына кесуде (2.22-сурет) шұңқыр пішіні доғалы дәнекерлеуден айрықшалаанады. Кристалдану жұмысы бетінде шығыңқы жер бар, ол науаны екі бөлікке бөледі. Төменгі бөлігі едәуір тереңдеген және кесекөлденең кесу жағдайында азғантай ұзындыққа ие, ал жоғары жағы анағұрлым кең және жік бойында тартыла созылған. Бұл лазермен дәнекерлеуде бірдей уақытта металды балқытудың екі үдерісі орын алатындығына дәлел бола алады.

Бірінші үдеріс арнаның (2.21-сурет) пайда болуымен байланысты. Дәл осы үдеріс «Қанжардай сұғыну» нәтижесін қамтамасыз етеді. Екінші үдеріс – бұл дәнекерленетін бөлшектің жылу өткізгіштігі есебінен үстіңгі бетін балқыту болып табылады. Қайсыбір үдерістің болмасын артықшылығы дәнекерлеу түзімінің параметрлеріне байланысты болады және олар дәнекерлеу науасы шұңқырының кескінін анықтайды.

Қуат шоғырлануының жоғарылығы және лазермен дәнекерлеудің жылдамдығы қызудың жоғары жылдамдығы және металдың салқындауы салдарынан жік айналасына жылудың шамалы ғана әсерін туғызатын доғалы дәнекерлеумен салыстырғанда көптеген құрылғы материалдарының беріктігін едәуір арттыруға, ыстық және суық шытынаулардың пайда болуына ықпал жасайды. Бұл басқа әдістермен материалдары нашар дәнекерленетін бөлшектердің дәнекерленген қосындыларының жоғары сапалылығын қамтамасыз етеді. Дәнекерленген бөлшектердің өзгеріске ұшырау көлемі едәуір (он есеге дейін) кемейеді, бұл ретке келтіруге кеткен шығын жұмыстарын төмендетеді.

Қалыңдығы жұқа бөлшектерді лазермен дәнекерлеуде, сондай-ақ тереңдетіп балқыту арқылы дәнекерлеуде дәнекерлеу аймағына қуыс арқылы берілетін қорғанышты газ метал жігін тотығудан қорғайды. Бұл

үшін арнайы қорғаныс қуыстары (2.23-сурет) қолданылады.

Алюминий, титан және басқа да жоғары белсенді металдардан жасалған құрылғыларды дәнекерлеуде жік тамырын қосымша қорғау талап етіледі. Мұндай жағдайларда қорғаныс сипатында доғалық дәнекерлеу кезіндегідей: көбінесе аргон, гелий немесе олардың қосындылары сияқты сондай газдар пайдаланылады. Қорғаныс газдары балқытудың нәтижелілігіне әсерін тигізеді: иондану мен газдың жылу өткізгіштігінің әлеуеті жоғары болған сайын, соғұрлым балқытудың нәтижелілігі көп болады. Гелийді $0,0005 \dots 0,0006 \text{ м}^3/\text{с}$, аргонды — $0,00015 \dots 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}$ жұмсағанда сенімді қорғаныс қамтамасыз етіледі.

Лазермен дәнекерлеу аймағын қорғау үшін доғалы дәнекерлеу кезіндегідей дәл осындай құрамдағы тазарту материалдары флюстерді пайдалануға болады. Олар жиектерді дәнекерлеуге жұмсалатын жағу материалы түрінде қолданады.

Үлкен қалыңдықтағы бөлшектерді лазермен дәнекерлеуде мейлінше жиі кездесетін ақаулар — жік тамырларын балқытудың біртектес болмайтындығы және жікте қуыстардың болуы дер едік. Тесіп өткізбей балқытумен дәнекерлеу кезіндегі қарбаласты тудыру мүмкіндігін төмендету үшін дәнекерлеу жылдамдығын арттыру және лазер сәулесін тігінен сәуле бағытымен $15 \dots 17^\circ$ -қа ауытқыту ұсынылады. Балқыта отырып тесіп өткізу арқылы дәнекерлеуде балқытудың біртегіс болмауынан құтылуда қалған немесе кетіретін астарлар мүмкіндік береді.

Лазермен дәнекерлеудің нәтижелілігін сәуленің балқыта білу қабілетін көбейту арқылы арттыру мүмкін. Осы орайда дәнекерлеудің қызу түзімдерін қолдану перспективалық мәнге ие: $0,4 \dots 1 \text{ кГц}$ қызу жиілікте және $20 \dots 50 \text{ м/с}$ қызулықтың ұзақтығында балқытудың тереңдігін үзіліссіз түзімдегі дәнекерлеумен салыстырғанда 3–4 есе көбейтуге болады. Қызу түзімде дәнекерлеудегі сәуленің ПӨК-і үзіліссіз еместегіге қарағанда 2 — 3 есе көп. Алайда қызу түзіміндегі дәнекерлеу сәулені дәнекерленетін түйіскен жерге өте дәл түсіруді және дәнекерлеу ісінде жиектерді өте жоғары сапада даярлауды талап етеді, ал оның жылдамдығы үзіліссіз түзімдегі дәнекерлеудің жылдамдығынан бірнеше есе кем түседі.

Нәтижелілікті арттырудың басқа жолы — бұл дәнекерлеу аймағына қысым арқылы газдың қосымша ағынын беру болып табылады. Балқыту тереңдігі осы орайда көбейеді, бірақ газды мөлшерден тыс жұмсауды арттыру металдағы жіктердің жағдайын нашарлатып, саңылаулардың, ойықтардың, тесіктердің пайда болуына әкеліп соғады. Қандайда бір сәтте газ сұйық металды үрлей ығыстырып, дәнекерлеу кесуге өте бастайды.

Тесіп өтпейтін балқыту арқылы дәнекерлеуде қосымша газды қызу түрде беру әдісі қолданылады. Бұл балқыту тереңдігін $30 \dots 40 \%$ -ға балқытуды арттыруға, балқытуды тұрақтандыруға ықпал етеді.

Лазермен дәнекерлеудің нәтижелілігін дәнекерлеу аймағына химиялық

элементтерді ендіру арқылы арттыру мүмкін, бұл газды иондауға ықпал етеді және алаудың жайыла түсуін төмендетеді. Бұл дәнекерленетін жиектерінің бетіне иондық әлеуеті төмен элементтерден құралатын (калий, натрий) жамылғыларды жағу арқылы қол жеткізіледі.

Лазермен дәнекерлеуді қолдану аумағын кеңейту ісі экономикалық ұғымдарға байланысты тізгінделуде. Технологиялық лазерлердің құны әзірше әлі де жоғары, бұл лазермен дәнекерлеуді қолданудың қажеттілігін тыңғылықты түрде негіздеуді талап етеді. Алайда, егерде дәстүрлі әдістерді қолдану қалаған нәтижелерді бермесе, немесе техникалық тұрғыда жүзеге асыруға мүмкіндік болмаса, онда лазермен дәнекерлеуді ұйғаруға болады. Мұндай жағдайларға жоғары дәлдікті құрылымдарды алу қажеттілігі жатады, олардың пішіндері мен өлшемдерінің өзгеруіне дәнекерлеу нәтижесінде ешбір жол берілмейді. Лазермен дәнекерлеу сондай-ақ дәнекерлеу бұйымдарын даярлау технологиясын едәуір оңайлатуға мүмкіндік беретін, қорытынды операция болып табылатын және одан кейін келесі реттеу немесе механикалық жөндеуді талап етпейтін жағдайларда керек. Лазермен дәнекерлеу өндіріс өнімділігін елеулі түрде арттыру қажеттігі туындаған жерде экономикалық тұрғыда нәтижелі саналады, өйткені оның жылдамдығы дәстүрлі түрде дәнекерлеу әдістеріне қарағанда, бірнеше есе жоғары болуы мүмкін.

Қаттылығы аз немесе жіктеріне қиындықпен қол жететін ірі габаритті құрылғыларды дайындауда, сондай-ақ дәнекерленуі қиын металдардың бөлшектерін қосу қажеттілігі пайда болғанда (соның ішінде әртөктес) лазермен дәнекерлеу сапалы дәнекерлеу қосындысын қамтамасыз ететін дәнекерлеудің жалғыз ғана әдісі болып қалуы мүмкін.

2.4. ЖАРЫҚ СӘУЛЕСІМЕН ДӘНЕКЕРЛЕУ

Жарық сәулесімен дәнекерлеуге арналған қондырғыларда бұрыштық доға, доғалық газ разрядтық шамдар және қыздыру шамдары сияқты сәулелендіру көздерін қолдануға болады. Технологиялық қолдануға ең қолайлысы және перспективалылары аса жоғары қысымды доғалық ксенон шамдар және кварцты галогендік қыздыру шамдары (түтікшелі галогендік қыздыру шамдары).

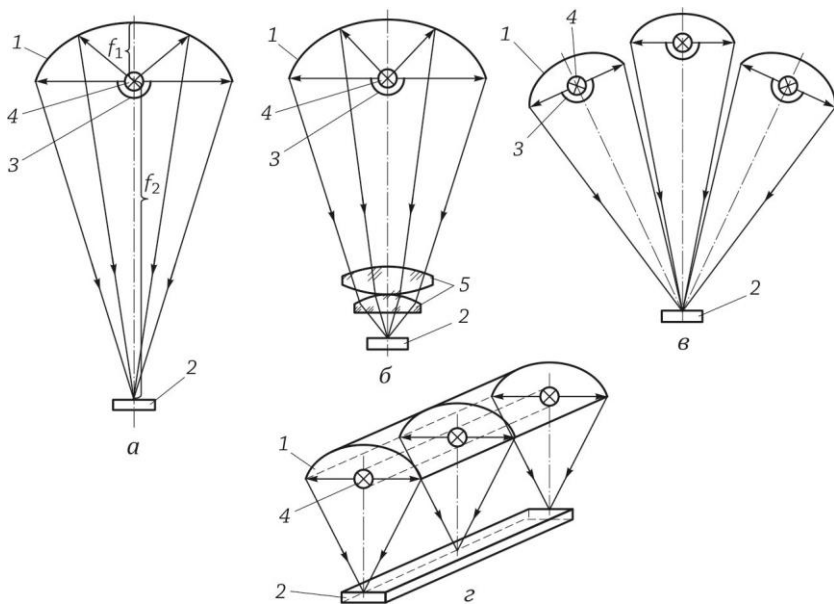
Аса жоғары қысымды доғалық ксенон шамдар – бұл энергетикалық параметрлері ең жоғары жарықтық сәуле жасайтын сәулелендірудің күшті жоғары қарқынды көздері. Шамдар екі вольфрам электроды орналасқан мөлдір кварцтан шар баллон түрінде жасалған. Шамдардың баллондары 4 ... 10 атм (немесе 0,4 ... 1 МН/м²) қысымдағы ксенонмен толтырылған. Шамның жұмысы кезінде оның қысымы 10 ... 30 атм (немесе илi 1 ...3 МН/м²) дейін көтеріледі, доғалық разряд қатты

қысылады және жоғары концентрациялық жарық энергиясының көзін қалыптастырады. Катодтың разрядының температурасы 12 000 °C жетеді. Ксенон шамдар қыздыру шамдарына қарағанда үнемдірек болады.

Ксенон шамына қондырылған энергияның үлкен көлемі сәулелендіруге разряд болып қайта қалыптасады, ол 10 % спектрдің ультракүлгін облысындағы, 35 % — көрінетін және 55% — инфрақызыл сәулеленуден құралады. Ксенон шамдардың сәулелендіру спектрі құрамы бойынша күн сәулесінің спектріне жақын және толқын ұзындықтарының 0,2 ... 2,4 мкм аралығында жатады. Бұндай сәулелендіру металдар үшін қыздыру шамдарына қарағанда тиімдірек, себебі спектрдің қысқатолқынды бөлігі осындай материалдармен жақсырақ жұтылады. Ксенон шамдардың электр қоректендірілуі бос жүрісінің кернеуі 70 В төмен болмайтын және сыртқы вольт-амперлік сипаттамасы құлдыраушы тұрақты ток көзінен жүзеге асырылады. Ксенон шамындағы доғалық разряд жоғары вольтты жоғары сапалы жандыру блогының (осциллятор) көмегімен қоздырылады. Шамдар үздіксіз түзімде жүздеген сағат көлемінде жұмыс жасай алады.

Дәнекерлеу қондырғыларында қолдану жағынан ең жоғары қызығушылықты аралас салқындатуы бар ДКСР маркалы шамдар танытуда, олар жиналмалы енгізуінің арқасында салыстырмалы жоғары қуаттылық 3 ... 10 кВт кезінде айтарлықтай шағын. Кварц галоген қыздыру шамдары сәулелі энергияның қарапайым, шағын және ұзақмерзімді көзі болып табылады және ішінде вольфрам спиралы орналасқан йод қоспасы бар инертті газбен толтырылған кварц түтікшелі колбасынан құралады. Бұндай шамдардың электр қоректенуі өндірістің жиіліктегі ауыспалы токпен жүзеге асырылады, сондықтан олар күрделі қоректену көзін қажет етпейді. Кей шамдардың типтері желіге тікелей қосылуға есептелген. Жоғары температура кезінде қалпына келтіруші йодты цикл іске асады, ол вольфрамның спиралдан булануы мен колбаның вольфрам буларымен шаң басуын төмендету есебінен шамның қызмет ету мерзімін 2 500 ... 5000 с дейін ұзартады. Галоген қыздыру лампалары сәулелі энергиясының үлкен бөлігін спектрдің инфрақызыл облысында сәулелендіреді (60 ... 80 %), көрінетінде – тек 10 ... 14 %. Кварц галоген қыздыру шамдарының сәулелендіру спектрі 0,5 ... 3,8 мкм толқын ұзындықтарының интервалымен сипатталады.

Сәулелендірудің салыстырмалы төмен қарқындылығы, оның спектрлік құрамы кварц галоген шамдарын дәнекерленуші қосылыстардың термиялық өңделуі үшін қолданылуын шектейді. Дәнекерлеу кезінде жарық көздерінің сәулелендіруін фокустау үшін әр түрлі оптикалық жүйелер қолданылады (2.24 сурет), олардың ішінде ең



2.24 - сурет Жарық сәулесімен дәнекерлеу қондырғыларында қолданылатын жарық көздерінің сәулелендіруін фокустаудың оптикалық жүйелері: *a* — моноэллипстік; *б* — линзалық объективі бар моноэллипстік; *в* — полиэллипстік; *г* — цилиндрлік (эллипстік цилиндр); *1* — шағылыстырғыш; *2* — қыздыру объекті; *3* — қарсы шағылыстырғыш; *4* — сәулелендіру көзі; *5* — линзалық объектив; f_1, f_2 — шағылыстырғыштың жақын және алыс фокустық қашықтығы

перспективалы жүйелері эллипстік шағылыстырғыш негіздегілері: олар құрылымы бойынша қарапайым және жарық сәулесінің жүйеден тыс шығуын қамтамасыз етеді. Көп эллипстік жүйеде сәулелендіру көзі шағылыстырғыштың жақын фокустық қашықтығына орналастырылады, ал оның шағылысуы қыздырылатын объект орналасқан алыс фокустық қашықтықта жиналады. Шағылыстырғыштар алтын, күміс немесе алюминий жабыны жағылатын шыныдан немесе металдан жасалады.

Сәулелік ағыстың тығыздығын жоғарылату үшін, сондай ақ сәулелік ағыстың бөлінуінің әр түрлі түрлерін алу үшін қыздыру нүктесінде шағылыстырғыштары бар бірнеше бөлек моноэллипстік жүйеден құралатын аралас полиэллипстік жүйелер қолданылады.

Қызудың шағын денесі бар доғалық ксенон шамдар мен кварц галоген қыздыру шамдары сияқты нүктелік сәулелендіргіштердің сәулелі ағынын фокустау үшін айналмалы эллипсоид қалпындағы шағылыстырғыштар қолданылады. Осы кезде жұмыс фокусында шеңбер түріндегі қыздыру дағы пайда болады.

Түтікшелі галогендік қыздыру шамдары сияқты сызықтық сәулелендіргіштердің сәулелік ағысының фокустауы эллипстік цилиндр қалпындағы шағылыстырғыштардың көмегімен іске асады. Осы кезде жұмыс фокусында сызық түріндегі қыздыру дағы пайда болады.

Жарық сәулесімен дәнекерлеу кезінде көпшілік жағдайларында қосылудың қыздырылған материалын атмосферамен әрекеттесуден қорғау қажет. Нақты технологиялық тапсырмаға байланысты қорғаудың әртүрлі сызбанұсқалары қолданылады: камерадағы жалпы қорғау немесе құрама камераны қолданумен немесе шашатын саптамалармен инертті газдың ағынындағы жергілікті қорғау.

Жұқа беттік бөлшектерды дәнекерлеу түзімнің оңтайлы параметрлерін таңдау кезінде мүмкін параметрлері облысының шегінде ені минималды жік алу және олардың толық балқытылуын шартынан қарастырған жөн.

12X18H10T болаттың погондық энергиясының өзгеруінің кең диапазонында алынған дәнекерлеу қосылыстарының беріктігі негізгі металдың беріктігінің 82 ... 92 % аралығында ауытқиды, ал Ст3 болат пен ОТ4 титан балқымасының дәнекерлеуші қосылыстарында – негізгі металдың беріктігінің деңгейінде болады. Дәнекерлеу науасының жарық сәулесімен дәнекерлеу кезінде күйдірудің пайда болуына тұрақтылығының арқасында дәнекерлеудің басқа тәсілдеріне қарағанда бірқатар жағдайларда дәнекерлеуші жиектерге қойылатын талаптарының қаталдығы төменірек болуы мүмкін. Жеке айтқанда, ОТ4 титан балқымасынан жасалған қалыңдығы 0,5 мм бөлшектерды жарық сәулесімен дәнекерлеу кезінде жергілікті саңылаулар 0,2 м дейін болады және жиектердің 0,25 мм дейін асып кетуі күйудің пайда болуына алып келмейді. Алюминийден жасалған балқымаларының бөлшектерін жарық сәулесімен дәнекерлеу кезінде оксидті үлдірді бұзу мен жою қажеттілігімен, жұтылу коэффициентінің төмендігімен және осы металдың жоғары жылуөткізгіштігімен байланысты қиындықтар пайда болады.

Зерттеулердің нәтижесінде алюминий балқымаларынан жасалған бөлшектерді дәнекерлеудің шешімі жұтылу коэффициентін жоғарылататын оптикалық қоспалары бар арнайы флюстер мен графит негізіндегі жабындарды қолдану кезінде мүмкін болатыны анықталды.

Жабынды жағу кезінде жұтылу коэффициенті жоғарылайды және қыздыру үрдісінде жиектердің пішіннің бұзылуы күшейеді, бұл оксид үлдірдің тегістігін бұзуға, балқыған металды үлдірде пайда болған жарық арқылы ығысуына және құйылу арқылы ортақ дәнекерлеу науасын қалыптастыруға алып келеді. Механикалық сынақтар осы

технология бойынша алынған АМгЗ алюминий балқымасы айтарлықтай жоғары беріктілік және пластикалық қасиеттерге ие екендігін көрсетті.

Жарық сәулесімен тоғысу қоспасынан басқа үздіксіз түзімде де сондай ақ импульсты түзімде де сәулелік ағынды үзгіштерді қолданумен жұқа беттік құрылымдарды бортты және жабылатын қосылулармен жетістікпен дәнекерлеуге болады.

Жарық сәулесімен дәнекерлеудің басқа электрлік дәнекерлеу тәсілдерімен салыстырғандағы ең маңызды технологиялық ерекшеліктерінің бірі – бейметалл материалдардан жасалған құрылымдарды дәнекерлеу мүмкіндігі (шыны, керамика, пластмасса). Қазіргі таңда бұл тәсілдің барлық мүмкіндіктері әлі зерттеліп бітпеген. Алайда бірқатар нақты технологиялық тапсырмаларды шешу кезіндегі оң нәтижелер бар. Осылайша, алдында дәнекерленбеді деп саналып келген қож ситаллды шыны доғалық ксенон шамдарының жарық сәулесімен жетістікпен дәнекерленеді. Кварц қыздыру шамдарының сәулелік энергиясы құрылыс саласында поливинилхлорид линолеумды дәнекерлеуге жетістікпен қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қысылған доғаның еркін доғамен салыстырғанда артықшылығы неде?
2. Тікелей әсер ететін қысылған доғаның жанама әсер ететін қысылған доғадан айырмашылығы неде?
3. Тікелей әсер ететін қысылған доғаның қозуы қалай жүреді?
4. Неге қысылған доғаның кернеуі еркін доғаның кернеуінен жоғары?
5. Неге қысылған доғамен дәнекерлеген кезде еркін доғамен дәнекерлегенге қарағанда жіктер жіңішкелеу болады?
6. «Құлып саңылауларына» дәнекерлеу үрдісі қалай жүреді?
7. Қысылған доғаның мүмкіндіктерін қандай құбылыс шектейді?
8. Плазмалы дәнекерлеудің бөлшектерінің түйісуіне қандай талаптар қойылады?
9. Қысылған доғаның қысымын қандай параметрлермен реттеуге болады?
10. Қысылған доғадан дәнекерленуші деталға жылу ағынын қандай параметрлермен реттеуге болады?
11. Микроплазмалы дәнекерлеу дегеніміз не?
12. Микроплазмалы дәнекерлеу қандай жағдайларда қолданылады?
13. Электрондық – сәулелік дәнекерлеу дегеніміз не?
14. Басқа дәнекерлеу тәсілдерімен салыстырғанда ЭСД ерекшеліктері мен айырмашылықтары неде?
15. Электрондық – сәулелік пушкалардағы бос электрондар қалай пайда

- болады және тоқ эмиссиясының тығыздығы неге тәуелді?
16. Электрондардың қозғалыс жылдамдығы қандай және олар неге тәуелді?
 17. Қалдық газдардың молекулаларының жүрісінің орташа ұзындығы деген не және ЭСД үшін қондырғылардағы оның шамасы қандай?
 18. Электрон өңделетін материалға қандай тереңдікке енеді және бұл тереңдік неге тәуелді?
 19. Дәнекерлеу кезіндегі электрондық сәуленің энергиясы қайда жұмсалады?
 20. ЭСД кезінде дәнекерлеу науасында кратер қандай күштік әсерлерді қалыптастырады?
 21. ЭСД қосылыстарын жинау үшін және жиектерді дайындауға қандай талаптар қойылады?
 22. ЭСД кезінде қолданылатын негізгі қосылу түрлерін көрсетіңіз
 23. Лазер сәулесінің энергия көзі ретіндегі ерекшеліктері қандай?
 24. Басқа балқытып дәнекерлеу тәсілдерімен салыстырғанда лазерлік дәнекерлеудің артықшылығы неде?
 25. Металдарды дәнекерлеу үшін қандай лазерлер қолданылады?
 26. Лазерлік дәнекерлеудің негізгі энергетикалық сипаттамалары қандай?
 27. Лазерлік дәнекерлеуді қолданумен жасалған құрылымдардың жоғары нақтылығы ненің есебінен қамтамасыз етіледі?
 28. Лазерлік дәнекерлеу кезінде алынатын жіктердің кішкентай көлемдері неге тиімді?
 29. Лазерлік дәнекерлеу кезінде балқудың қандай түрлері пайда болады?
 30. Терең балқытумен жүретін лазерлік дәнекерлеу қандай жағдайларда жасалады?
 31. Шағын балқытумен жүретін лазерлік дәнекерлеу қандай жағдайларда жасалады?
 32. Лазерлік дәнекерлеу кезіндегі дәнекерлеу қосылысының сипатты ерекшелігі неде?
 33. Импульсты түзімде лазерлік дәнекерлеу қайда қолданылады?
 34. Лазерлік дәнекерлеу кезінде дәнекерлеу жігі қалай құрғатылады?
 35. Әр түрлі қалыңдықтағы бөлшектерді лазерлік дәнекерлеу кезінде қандай технологиялық тәсілдер қолданылады?
 36. Терең балқытумен жүретін лазерлік дәнекерлеудің қалыңдығы аз бөлшектерді дәнекерлеуден принципіалды айырмашылығы неде?
 37. Лазерлік сәуленің фокусы қосылыстардың сапасына қалай әсер етеді?
 38. Лазерлік дәнекерлеу кезінде балқытудың максималдық тереңдігі қашан болады?
 39. Лазерлік дәнекерлеу кезінде балқытудың қандай үрдістері жүреді?
 40. Лазерлік дәнекерлеудің қандай спецификалық ерекшеліктері дәнекерлеу қосылыстарының жарық түзуге бейімділігіне әсер етеді?
 41. Лазерлік дәнекерлеу кезіндегі жіктің металын тотығудан қалай қорғауға болады?
 42. Лазерлік дәнекерлеумен алынған дәнекерлеу қосылыстары үшін

қандай дефекттер тән?

43. Лазерлік дәнекерлеудің тиімділігін жоғарылатудың жолдары қандай?
44. Лазерлік дәнекерлеу кезіндегі балқытудың тереңдігін қалай жоғарылатуға болады?
45. Лазерлік дәнекерлеуден бұрын дәнекерлеуші жиектердің бетіне арнайы жабындарды не үшін жағады?
46. Лазерлік дәнекерлеуді әдеттегі балқытумен дәнекерлеудің тәсілдерінің орнына қайда және не үшін қолдану ұсынылады?

ТҮЙІСПЕЛІ ДӘНЕКЕРЛЕУ

3.1. ТҮЙІСПЕЛІ ДӘНЕКЕРЛЕУ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ МӘЛІМЕТТЕР

Тәсілдің ерекшеліктері. Түйіспелі дәнекерлеу - бұл қысатын күштің әсерінен қосылу аймағының пластикалық пішіннің бұзылуы мен ол арқылы өтетін электр тоғының металды қыздыру жолымен ажырамайтын дәнекерлеу қосылысының пайда болуының үрдісі.

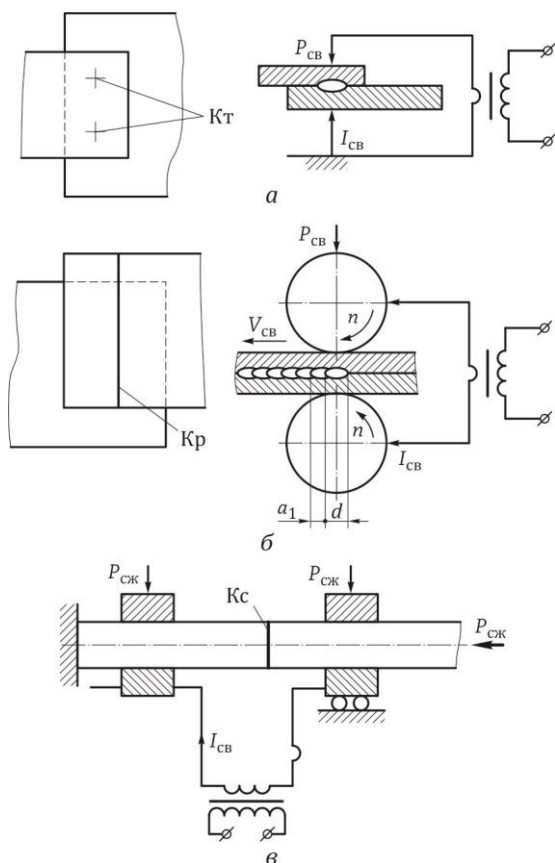
Түйіспелі дәнекерлеудің атасы – 1856 ж. бірінші рет тоғыспалы дәнекерлеуді қолданған, ағылшын физигі Уильям Томсон (лорд Кельвин), ал 1877 ж. АҚШ-та ол өндіріске енгізілген. Дәл осы жылы Ресейде Н.Н.Бенардос түйіспелі нүктелі және жіктік дәнекерлеудің технологиясын ұсынды. КСРО - да түйіспелі дәнекерлеу 1936ж. түйіспелі дәнекерлеу машиналарының топтамалы шығарылымы игерілгеннен кейін өндірістік негізге қойылды. Қазіргі таңда түйіспелі дәнекерлеу басымырақ машина және авиа құрылысының топтамалық және массалық өндірісінде қолданылады.

Түйіспелі дәнекерлеудің көмегімен қысыммен дәнекерленетін құрылымдардың 90 % дейін және барлық дәнекерленген құрылымдардың шамамен 50 % дайындалады. Басқа тәсілдермен салыстырғанда түйіспелі дәнекерлеудің артықшылықтарымен түсіндіріледі: жоғары өнімділік (бір нүктенің немесе тоғысудың дәнекерлеу уақыты шамамен 0,02 ... 1 с), қосымша материалдардың аз шығынымен, түзімнің басқарушы үрдістерінің көп емес санындағы дәнекерленген қоспалардың жоғары сапасы мен сенімділігімен, бұл дәнекерлеушінің біліктілігіне қойылатын талаптарды төмендетеді. Түйіспелі дәнекерлеу – механикаландыру мен автоматтандыруға жеңіл берілетін экологиялық таза үрдіс.

Түйіспелі дәнекерлеудің осал тұстарына жабдықтардың салыстырмалы қиындығын және сенімсіздігін (бірқатар жағдайларда), дәнекерленген қосылыстардың бұзылмайтын бақылауының қиындықтарын санауға болады.

Дәнекерленген қосылыстың түріне байланысты түйіспелі дәнекерлеуді нүктелік (жеке, рельефті), жіктік (роликті) және түйіскен (3.1 - сурет) болып бөлінеді.

Дәнекерлеу электродтары. Түйіспелі дәнекерлеу кезінде электродтар дәнекерленуші бөлшектер арқылы екіншілік контурды



3.1 -сурет Түйіспелі дәнекерлеудің тәсілдерінің сызбанұсқасы:

а — нүктелік (КТ); б — жіктік (Кр); в — түйіскен (Кс); $P_{сж}$ — қысуды күшейту; $P_{св}$ — электрондарды дәнекерлеу кезінде қысуды күшейту; $I_{св}$ — дәнекерлеу тоғының күші; n — роликтердің айналу жиілігі; $V_{св}$ — дәнекерлеу жылдамдығы; a_1 — дәнекерлеу нүктелерінің қадамы; d — дәнекерлеу нүктесінің диаметрі.

тұйықтау үшін қызмет етеді. Жіктік дәнекерлеу кезінде дәнекерленуші бөлшектерды электрод – роликтер қозғалтады және оларды қыздыру мен тұндыру процесінде ұстап тұрады.

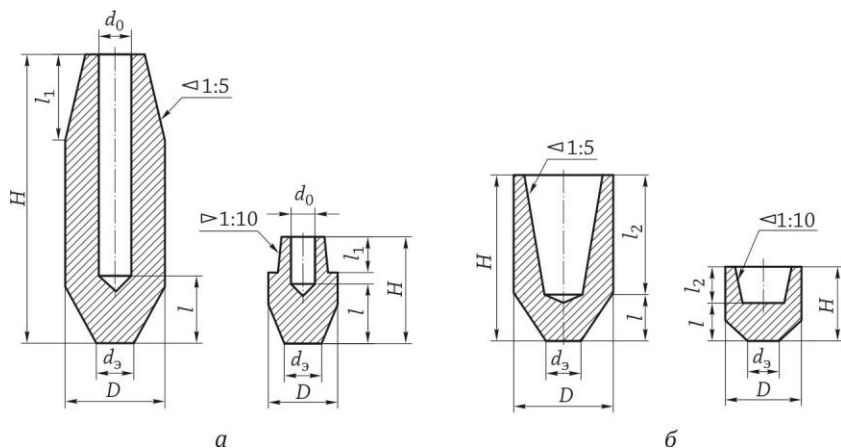
Электродтардың ең маңызды сипаттамалары – тұрақтылық, бастапқы қалпын, өлшемдерін сақтау қабілеті және жұмыс бетінің 600 °С температураға дейін қыздырған кездегі және қысудың 50 МПа ұру күштері кезіндегі қасиеттері. Нүктелік дәнекерлеуге арналған электродтары дәнекерлеу машинасының тез тозатын ауыстырмалы құралы болып табылады. Электродтарды жасау үшін мыс пен

қыздыруға берік мыс балкымалары – қола (хормцирконий ҚоХЦрА, кадмий ҚоКд1, хромды ҚоХ, никельмен, болатпен және берилиймен құрғатылған ҚоНББ, кремний –никельдік ҚоКН-1-4). Қола ҚоНББ және ҚоКН-1-4 жоғары тозуға беріктілікке ие, олардан түйіспе машиналардың электрод – губка жасауға болады.

Электродтарға арналған материалдар сондай-ақ олардың дәнекерлеу үрдісіндегі қызуы минималды болуы үшін жоғары электр және жылу өткізгіштікке ие болу керек. Қоланың әлсіреу температурасы олардың балқу температурасына 0,5 аспайды, ал электродтың жұмыс беті $0,6\Gamma_{\text{ауд}}$ дейін қызады. Бұндай шарттарда қола электродтар салыстырмалы түрде тез әлсірейді.

Электродтардың тозуға төзімділігін технологиялық факторлардың есебінен жоғарылатуға болады. Алюминий және магний балкымаларының дәнекерлеуін ауыспалы тоқ машиналарында емес конденсаторлық машиналарда жүргізген жөн. Механикалық тазартудың орнына бетті химиялық тазалау қажет, улау және пассивтену.

Нүктелік дәнекерлеу үшін екі түрлі электрод өндіріледі (3.2 - сурет). Жұмыс бетінен салқындататын каналдың түбіне дейінгі l арақашықтық 10... 12 мм аспауы керек, оның 15 мм дейін үлкеюі электродтың тозуын екі есе жоғарылатады.



3.2.- сурет Нүктелік дәнекерлеуге арналған электродтар
a — сыртқы орнату конусы бар; *б* — қалпақшалы (ішкі орнату конусы бар); D — электродтың сыртқы диаметрі; d_0 — электродтың ішкі диаметрі (салқындатушы суға арналған каналдың диаметрі)
 d_3 — электрод бетінің диаметрі; l — электродтың жұмыс бетінен салқындатушы суға арналған каналға дейінгі арақашықтығы;
 l_1 — электродтың сыртқы орнату конусының ұзындығы; l_2 — салқындатушы суға арналған каналдың ұзындығы; H — электрод биіктігі.

Қара металдардан жасалған құрылымдарды дәнекерлеу кезінде электродты тек сфералық ұштау есебінен және дәнекерлеу темпін минутына 40–60 нүктеге дейін төмендету есебінен ғана электродтардың төзімділігін 3–4 есеге жоғарылатуға болады.

Нүктелік дәнекерлеуге арналған электродтардың қалыбы мен өлшемдері МЕМСТ 14111—69 регламенттеледі. Электрод минималды массаға ие болу керек және дәнекерлену машинасына берік орнатылуы керек. Сыртқы диаметр D электродтың дәнекерлеу күшімен қысу кезінде майысуға қарсы төзімділігін қамтамасыз ету керек, сондай ақ алу кезінде құралмен қармап алу мүмкіндігін қамтамасыз ету керек. Ішкі диаметр d_0 салқындататын суы бар түтікшенің енуі мен судың шығуын қамтамасыз етуі керек, әдетте $d_0 = 8$ мм. Машина шамындағы электродты бекітетін конустық бөлімнің ұзындығы $l_1 < 1,2D$. Конустық бұрышы: $D < 25$ мм кезінде 1:10 және $D > 32$ мм кезінде 1:5. Электродтың жұмыс бөлігінің d_3 диаметрі дәнекерленуші бөлшектердің жиектерінің қалыңдығына байланысты таңдалады: $d_3 = 3s$.

Сыртқы орнату конусы бар электродтардың төзімділігі әдетте 20 000 дәнекерлеуден аспайды. Қалпақшалы электродтардың (ішкі орнату конусы бар) төзімділігі салқындатудың шарттарының жақсырақ болу салдарынан 100 000 дәнекерлеуге жетеді. Конфигурациясы күрделі бөлшектерды қол жетімділігі қиын жерлерін дәнекерлеу үшін пішінді электродтар қолданылады.

Нүктелік рельефті дәнекерлеуге арналған электродтың қалыбы конструктивті түрде дәнекерленуші деталдың қалыбына жақындайды. Ең қарапайым жағдайда электрод өзімен тегіс жұмыс беті бар плитаны таныстырады.

Жік машиналарының электрод – роликтері диск қалыбына ие болады. Роликтің жұмыс бетінің ені B мен оның қалыңдығы H дәнекерленуші деталдың s қалыңдығына тәуелді: $B = 2s + 2$ мм, $H = 2B$. Жоғарғы роликтің диаметрі 100 ... 400 мм, төменгі – 100 ... 200 мм құрайды. Жеңіл балқымалардан жасалған бөлшектерды дәнекерлеуге арналған электродтың жұмыс беті – сфералық, радиусі 25... 100 мм.

Бөлшектерды дәнекерлеуге дайындау және жинау. Бөлшектерды түйіспелі дәнекерлеуге (оның барлық түрлері үшін) дайындау кезінде үш негізгі талап орындалуы керек:

- Электрод – детал байланысындағы минималды электрлік кедергі;
- Детал - детал барлық ауданында бірдей кедергі;
- Сәйкестендіруші түйістер бойынша дәнекерленуші бөлшектердің беттерінің сәйкес келуі.

Беттерді дәнекерлеуге дайындаудың нақты түрін таңдау бөлшектердің материалымен, олардың беттерінің бастапқы жағдайымен, өндіріс типімен (бірлік, аз топтамалы, көп топтамалы немесе массалық) анықталады. Бірліктік және аз топтамалы өндірісте өңдеу, теңестіру, майсыздандыру, улау немесе тазарту, механикалық өңдеу операцияларын қарастыру қажет. Көп топтамалы және массалық өндірісте бастапқы бөлшектердің жоғары сапасы қамтамасыз етілетін дайындау және штамп үрдістік қоймаларда, беттердің дайындауын өткізу міндетті емес. Алюминий балқымаларын қоспағанда, олар дәнекерлеуден бұрын 10 с ерте емес бетінің өңделуін талап етеді.

Бетті дәнекерлеуге дайындаудың сапсаның критерийі электрод – детал ($J_{э-д}$) және детал – детал ($J_{д-д}$) байланыстарының кедергісінің шамасы болып табылады. Кедергі микроомметрмен жіксіз дәнекерлеу машинасының электродтары арасында қысылып қалған бөлшектерға сипап сезу көмегімен, дәнекерлеу тоғын қосусыз өлшенеді. Болат бөлшектер үшін 200 мкОм жоғары кедергі беттің төмен сапсы туралы куәландырылады. Жоғары $J_{э-д}$ электродтардың қызып кетуіне және бөлшектердің бетінің балқытылуына алып келеді, оның салдарынан металдың ішкі және сыртқы шашырауы болады және электродтардың астында шектен тыс майысу түзіледі. Бөлшектердің нақтылығын құралдардағы жиырылу қамтамасыз етеді: әмбебап (бірлік және аз топтамалы өндірісте) немесе арнайы (көп топтамалы және массалық өндірістік). Бөлшектерды бекіту үшін олардың технологиялық саңылаулары, шығыстары, рельефтері қолданылады. Бөлшектер құралдарда қапсырылады және еркін жағдайда түпкілікті дәнекерленеді. Кейде құралдарда бүкіл дәнекерлеу үрдісі орындалады. Құралдар электродтардың қапсыру мен дәнекерлеу орнына қол жетімділігін, бөлшектердің жылдам және сенімді бекітілуін, жиналудың нақтылығын және дәнекерлеу параметрлерінің түзімінің тұрақтылығын қамтамасыз етуі керек. Бірінші қапсыруларды жоғары қаттылық орындарында орналастыру керек, қалғандарын – ортасынан шетіне қарай.

Дәнекерлеудің жалпы түзімдері. Түйіспелі дәнекерлеудің барлық тәсілдерінің негізгі параметрлерінің түзіміне дәнекерлеу тоғының күші, оның импульсының ұзақтығы және бөлшектерды қысудың күші жатады. Дәнекерленуші деталдың металдағы жылуы ол арқылы $I_{св}$ тоқ импульсі τ ұзақтықпен өту кезінде бөлінеді (Джоул – Ленц заңына сәйкес):

$$Q = I_{св}^2 R_{св} \tau. \quad (3.1)$$

келтірілген формуладағы $R_{св}$ үшін

метал бағанасының электродтар арасындағы кедергісі қабылдаған; дәнекерлеу тоғының күшін есептеуде дәнекерлеу трансформаторының импульс ұзақтығы R_{CT} бастапқы параметр болып табылады, себебі оны деталдың материалын, оның қалыңдығын және дәнекерлеудің қажет температурасын біле тұрып есептеу оңай. Осы кезде деталь – деталь және электрод – деталь байланыстарындағы кедергілерді басшылыққа алмайды.

Джоуль – Ленц заңына сәйкес $R_{га}$ жоғарылауымен бөлінетін жылудың көлемі де жоғарылауы керек. Бірақ Ом заңы бойынша

$$I_{св} = U_2 / Z, \quad (3.2)$$

мұнда U_2 — дәнекерлеу машинасының екіншілік контурындағы кернеу; Z – екіншілік контурдың толық кедергісі, оған $R_{га}$ кіреді. Сондықтан R_{CT} жоғарылаған кезде (3.1) формуласына $1,2_v$ ретінде кіретін $I_{св}$ төмендейді.

Сәйкесінше $R_{га}$ көбеюі барлық кезде дәнекерлеу кезінде бөлінетін жылудың жоғарылауына алып келмейді, ал көп нәрсе R_{CT} және дәнекерлеу машинасының екіншілік контурының кедергісінің қатынасына тәуелді болады. Осы жерден бірнеше практикалық қорытынды шығады:

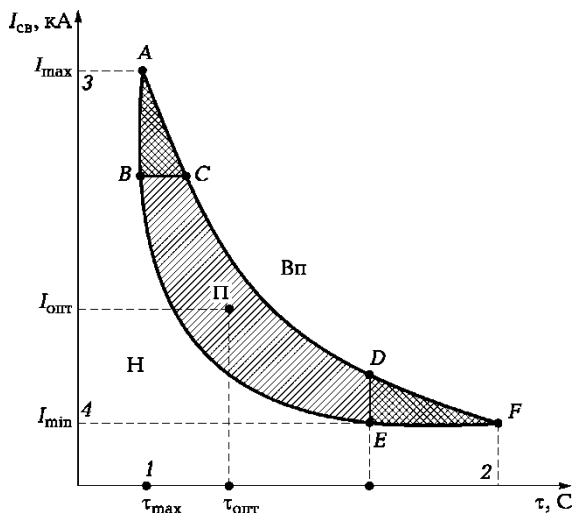
- Екіншілік контурдың 50 –ден 500 мкОм дейін өсуімен дәнекерлеу аумағындағы жылу шығару $R_{га}$ төмендеу шамасы бойынша 10 есе төмендейді.
- Жылудың жетіспеуі қуаттың немесе дәнекерлеу уақытының жоғарылауымен компенсацияланады;
- Екіншілік контурдың төмен кедергісі бар түйіспелі машиналардағы дәнекерлеу (шамамен 50 мкОм) дәнекерлеу өзегінің үлкейту үрдісіндегі $R_{га}$ төмендеу шамасы бойынша қыздырудың қарқынды өсуімен ерітіледі. $R_{га} = Z$ теңдігінің орнауы кезінде қыздыру максимумге жетеді, ал содан кейін $R_{га}$ одан да жоғары төмендеу шамасымен (өзектің талап етілген өлшеміне жеткен кезінде) төмендейді. Осылайша, түйіспелі машиналардағы екіншілік контурдың (ал олар өте көп) төмен кедергісімен дәнекерлеу стационарлық емес қыздырумен және қосылыстардың тұрақсыз сапасымен ерітіледі. Осы фактордың негативті әсерін төмендетудің екі нұсқасы бар: бөлшектердің әлсіз қысуы мен дәнекерлеу тоғының бірнеше қысқа импульске бөлуінің есебінен $R_{га}$ жоғары деңгейін қолдаумен қорғалған бөлшектерді берік қысумен. Екінші нұсқа энергияны үнемдеуге және қалдық пішіннің бұзылуы 2 ... 5 % прецизиондық байланысты

қамтамасыз етеді.

Екіншілік контурдың кедергісі 500 мкОм астам машиналарда дәнекерлеу кезінде $I_{\text{св}}$ дәнекерлеу үрдісінде төмендеуі жылуды шығаруға айтарлықтай әсер етпейді. Жылу стационарлы болып қала береді, ол екіншілік контурдағы ұзын кабелі бар аспалы машиналардағы дәнекерлеуге сипатты. Осындай машиналарда дәнекерленген қосылыстар тұрақты сапаға ие болады. Джоуль – Ленц заңы графикалық түрде гиперболамен суреттеледі. Егер ГОСТ 15878—74 бойынша рұқсат етілген (0,2 ... 0,8)s шегіндегі балқытылу деңгейін ескерсек, онда нүктелік дәнекерлеудің параметрлерінің түзімінің бүкіл диапазонын екі гиперболамен суреттеуге болады (3.3. сурет): жоғарғы, 0,8s деңгейінде балқуды шектейтін және төменгі - 0,2s. Графиктен көретініміз, түйіспелі дәнекерлеу үрдісінде таңдалған параметр түзіміне байланысты үш сипатты облыстың біріне түсуге болады: толық дәнекерленбеу облысы (Н); дәнекерлену облысы (П), мұнда балқу облысы детал қалыңдығының 20 ... 80 % шегінде орналаса алады; шашыраулармен дәнекерлеу облысы (Вп).

П облысында ABC, BCDE и DEF параметр түзімдерінің үш аумағын бөліп көрсетуге болады.

ABC аумағы дәнекерлену тоғының үлкен күшімен және оның өту уақытының аздығымен сипатталады. Бұндай түзімдер қатты деп



3.3-сурет. Түйіспелі нүктелік және жіктік дәнекерлеу кезіндегі балқу тереңдігінің дәнекерлеу тоғының күшінің және τ импульс ұзақтығының қатынасының тәуелділігі:

A, B, C, D, E, F — дәнекерлеудің параметрлер түзімін шектейтін аймақтар, нүктелер; Н, П, Вп — сәйкесінше толық дәнекерленбеу, дәнекерлену және шашыраумен дәнекерлену облыстары

аталады. Бұл жерде балкудың тереңдігіне тек қана дәнекерлеу уақыты әсер етеді. Тоқ күшінің В нүктесінен 20 % арттыру энергияны тиімсіз жұмсауға алып келеді және дәнекерленудің күшеюіне алып келмейді. Бұл аумақ жалпы П облысының 20 % құрайды.

BCDE аумағы оңтайлы (орташа) параметр түзімімен сипатталады, ол кезде балкудың тереңдігіне тоқ күшінің және дәнекерлеу уақытының өзгерісі әсер етеді. Бұл аумақ жалпы П облысының 60 % құрайды.

DEF аумағы жалпы П облысының 20 % құрайды және салыстырмалы түрде тоқ күшінің аздығымен және импульстің үлкен ұзақтығымен сипатталады. Бұндай түзімдер жұмсақ деп аталады. Бұл жерде балку тереңдігін тек қана тоқ күшін оның мәндерінің кішкентай диапазонында өзгертумен ғана реттеуге болады. Дәнекерлеу уақытын көбейту бұл аймақта балку мен нүктенің өзегінің өлшемдерін үлкейтпейді, бірақ өзектің металын қыздырып жібере алады. 1 және 2 нүктелері берілген материалдардан жасалған берілген қалыңдықтағы 3 және 4 нүктелеріне сәйкес келетін тоқтың минималды және максималдық күші кезіндегі дәнекерлеудің рұқсат етілген минималды және максималдық уақытын көрсетеді.

Дәнекерлеу тоғының күші $I_{св}$, импульстің ұзақтығы t және P бөлшектерды нүктелік дәнекерлеу кезіндегі қысудың күші дәнекерленетін деталдың s қалыңдығына байланысты таңдалады. Қатты түзімдерде $I_{св} = 10\ 000s$, $t = 0,08s$, $P = 250s$; жұмсақ түзімдерде $I_{св} = 6\ 000s$, $t = 0,2s$, $P = 100s$. Көбінесе параметрлердің аралық мәндері қолданылады. Бірнеше нүктенің бірінен кейін бірінің дәнекерлеуінде оның тоқ күшін оның шунтирленуін ескеріп жоғарылату керек(алдында дәнекерленген нүктелер арқылы ағу)

3.2. ЖІКТІК ДӘНЕКЕРЛЕУ

Жіктік дәнекерлеу (роликті) бір - бірімен беттестіріп жиналған және электрод-роликиердің арасында қысылған бөлшектерда орындалады (3.1. б. Суретін қара). Мыс балқымаларынан жасалған роликтер дәнекерлеу үрдісінде дәнекерленетін бөлшектерды тасымалдап айналады. Дәнекерлеу тоғының импульстері арасындағы берілген үзілісімен бірінің артынан бірі ереді. Өзара беттестіретін нүктелердің жиынтығы тегіс дәнекерлеу жігін түзеді.

Деталдың арт жағына қол жетімділік қиын болған жағдайда немесе өнімділікті жоғарылату қажеттігінде жіктік дәнекерлеуді екі электродты да деталдың бір жағына орнатып дәнекерлеу тоғының біржақты әкелінумен орындауға болады. Деталдың арт жағына мыс

төсеме орнатылады. Ол бізмезгілде екі жікті дәнекерлейді.

Нүктенің өлшемдері электродтың енімен немесе жұмыс бөлігінің дөңгелену радиусымен анықталады. Әдетте нүкте ұзартылған қалыпқа ие болады (3.1. б. Суретін қара). Дәнекерлеу нүктелерінің қадамы a_1 және нүкте диаметрі d тәуелділікпен байланысқан: тығыз жік алу үшін $a_1 = (0,5 \dots 0,6)d$; $a_1 > d$ кезінде жік тығыз емес болып шығады. Дәнекерлеуші бөлшектердің қалыңдықтары 2 : 1 асатын қатынасында жіктің қалыптасу шарттары төмендейді.

Бөлшектерды жіктік дәнекерлеуге дайындау жалпы талаптарға сай жүргізіледі. Алайда деталдың бетін тазалауға қаттырақ талаптар қойылады, себебі дұрыс тазаламау шунттауды көбейтеді, ол қосылудың сапасын төмендетеді. Қыздырылған металды күйдіруге және таптауға алып келетін үлкен саңылауларға жол берілмейді.

Қапсыру қадамы 70 ... 150 мм құрайды, герметикалық жіктерді орындау кезінде ол 40 ... 60 мм дейін кішірейеді. Қапсыруды жіктің өс сызығы бойынша жүргізеді; егер дәнекерлеуші құрылым дірілдік жүктеме алмайтын болса, жіктен ары қапсыруға болады. Саңылаулар мен тығыз болмауды жою үшін, беттесудің тұрақты шамасын сақтау үшін және борттау үшін келтіру және өңдеу орындалады.

Жіктік дәнекерлеу түзімінің негізгі параметрлері дәнекерлеу тоғының күші $I_{св}$, импульс ұзақтығы $t_{св}$ дәнекерлеу жылдамдығы $U_{св}$ ролик диаметрі D_3 жұмыс бетінің B_3 ені немесе дөңгелену радиусы R_3 электродтарды қысу күші P болып табылады. Түзімнің көрсеткіштері бір бірімен байланысқан. Жіктік дәнекерлеуді қатты және жұмсақ түзімдер қолданылады. Дәнекерлеу тоғының күші металдың түріне, дәнекерленуші деталдың қалыңдығына және дәнекерлеу жылдамдығына байланысты таңдалады. Бірдей дәнекерленетін бөлшектердің бірдей металдары үшін жіктік дәнекерлеу кезіндегі тоқ күші нүктелікке қарағанда 20 ... 50 % жоғары болады. Төмен көміртекті болаттан жасалған бөлшектер дәнекерлеу күшінің 8 ... 24 кА кезінде дәнекерленеді, шыңдалған төмен құрғатылған болаттар – 20 кА дейінгі тоқтарда; одан аз тоқты аустениттік жемірілуге төзімді болаттардан жасалған бөлшектер – 4 ... 18 кА тоқтарда.

Тоқ импульстері арасындағы үзілістің ұзақтығы импульстің (0,04 ... 0,06) s шектерінің ұзақтығына тең болу керек, ол жіктегі дәнекерлеу нүктелерін 50 % жабуды қамтамасыз етеді. Қысылу P күші 300s қабылданады. Әдетте дәнекерлеу жылдамдығы 0,5 ... 6 м/мин орнатылады.

Ферромагниттік болат бөлшектерды дәнекерлеу кезінде көлденең жік орындаған кезде тоқ күші айтарлықтай өзгереді: деталды дәнекерлеу контурына енгізу шамасына қарай тоқ күші төмендейді және дәнекерлеудің соңында дәнекерлену үшін жеткіліксіз болып

қалады. Бұны бөлшектеп екі жақтама дәнекерлеумен жояды, әр түрлі тоқ күшінде немесе тоқ күшін дәнекерлеу үрдісінде реттеумен бөлшектеп дәнекерлеу.

Импульстің ұзақтығы мен үзілістері және олардың қатынастары дәнекерленетін металға, дәнекерлеу тоғының күшіне және дәнекерлеу жылдамдығына байланысты. Төмен көміртекті және жемірілуге төзімді болат бөлшектер үшін бағытталып үзілістің ұзақтығы қолданылады $D = (1,0 \dots 1,2) I_{\text{св}}$ шындалған болат үшін $D = (0,5 \dots 0,8) I_{\text{св}}$, алюминий балқымаларынан жасалған бөлшектер үшін $D = (1,5 \dots 2) I_{\text{св}}$, қорғаныс жабындары бар төмен көміртекті болат бөлшектер қатты түзімде дәнекерленеді (жабында сақтау үшін). Жабынның балқыған жағдайын әр нүктені түзуге дейін сақтау үшін үзілістің аз ұзақтығы орнатылады (мысалы, цинктелген болат бөлшектер үшін $f_n = (0,25 \dots 0,3) U$).

Импульстің ұзақтығы мен үзілістері ауыспалы тоқ машиналарында дәнекерлеу үшін периодтың өндірістік жиілігіне (0,02 с) екі есе қылып орнатылады

Электродтарды қысу күші нүктелік дәнекерлеу кезіндегі шарттармен бірдей байланыста таңдалады. Қысу күшінің шамасы роликтердің құрылымы мен беріктігімен және айналу жүрісінің қуатымен шектеледі. Қалыңдығы 1..3 мм төмен көміртекті болат бөлшектерді дәнекерлеу үшін 3 000 ... 13 000 Н, қысу күші орнатылады, алюминий балқымаларының бөлшектері үшін – 3 500 ... 7 000 Н.

Дәнекерлеу жылдамдығы нүктелердің қадам шамасымен және тоқ импульсінің ұзақтығы мен үзілісіне байланысты. Көпшілік жіктік машиналарда дәнекерлеу жылдамдығы 0,5 ... 5 м/мин аралығында орналасады. Кейбір машиналарда дәнекерлеу жылдамдығының төменгі және жоғарғы шегі 0,2 және 10 м/мин құрайды. Құбырлардың жіктік түйісу дәнекерлеуінің жылдамдығы 15 м/мин жетеді.

Электродтардың (роликтердің) өлшемдері деталдың қалыңдығы мен құрылымына байланысты болады. Диаметрлері 250 ... 300 мм роликтер жақсы салқындайды, сондықтан олардың тұрақтылығы жоғары; роликтердің 150 мм төмен диаметрлерінде олардың тұрақтылықтары айтарлықтай төмендейді.

3.3. ТОҒЫСПАЛЫ ДӘНЕКЕРЛЕУІ

Тоғыстыру дәнекерлеуі (3.1. в суретін қара) сымдардың профилдық айналдырудан немесе олардың жамбастарының бүкіл аудан бойынша құбырлардан құралады. Бөлшектер электрод – губкада қысылады, бір біріне қосылатын беттермен тартылады. Содан кейін байланыс жеті

арқылы дәнекерлеу тоғы жіберіледі. Тоғыстыру дәнекерлеуі кедергімен және үздіксіз балкумен орындала алады.

Кедергімен дәнекерлеу көлденең қима ауданы кішкентай (250 мм^2 дейін) және қима формасы шағын (дөңгелек, шаршы) бөлшектерды қосу үшін қолданылады. Кедергімен дәнекерлеу кезінде бөлшектер бір біріне үлкен күшпен ($2 \dots 5 \text{ кгс/мм}^2$) тартылады. Дәнекерлеу тоғы бөлшектерді балку температурасының $0,8 \dots 0,9$ құрайтын температураға дейін қыздырады. Түйісуде пластикалық пішіннің бұзылуы жүреді және қосылу металды балқытусыз жүреді. Жамбастарды бірқалыпты қыздыру мүмкін емес болуы бұтақталған қималарды дәнекерлеуді орындауға кедергі жасайды (жұқа бет, жұқа қабырғалы құбыр, айналмалы профиль). Дәнекерленген түйіспе баяу күшейтуге (қалыңдатуға) ие және әдеттегідей дәнекерлеуден кейін өңделмейді.

Үздіксіз балқытумен дәнекерлеу шағын және бұтақталған қималарды қосу үшін қолданылады. Мысалы, ені $2\ 000 \text{ мм}$, қалыңдығы $1,5 \dots 2 \text{ мм}$ беттер жақсы дәнекерленеді, яғни жамбас ауданы $3\ 000 \dots 4\ 000 \text{ мм}^2$. Кернеуді басқару программалау шартында үлкен қималы бөлшектеры да дәнекерлеуге болады - $10\ 000 \text{ мм}^2$ дейін.

Үздіксіз балқытумен дәнекерлеу кезінде бөлшектер бір-біріне қосылған дәнекерлеуші трансформаторда аз күшпен тартылады. Беттердің бөлек байланыстары бір мезетте балқиды, жаңа байланыстар пайда болады, олар да балқиды. Электродинамикалық күштердің әсерінен балқыған байланыстардың металл сұйық қабаттары ластанулар мен оксидтермен бірге бөлшектердің түйісуінен шығарылады. Беттер ақырын балқиды, осыдан кейін қысу күшін күрт жоғарылату керек – тұну жүреді. Осылайша түйіспе арқылы тағы $0,1 \text{ с}$ аралығында ток жібереді. Сұйық металл қалған оксидтармен бірге түйісу аумағына артылымға ығыстырылады – қосылыс қатты бірақ иілімді беттер арасында пайда болады. Химиялық белсенді металдарды балқытумен дәнекерлеу кезінде байланыс зонасын инертті газдармен қорғау керек.

Түйістіру дәнекерлеуінде дәнекерленуші байланыстың түзілуі бөлшектердің жамбастарына қыздыру нәтижесінде және тұндыру күшімен олардың пластикалық пішіннің бұзылуы нәтижесінде болады. Байланыстың қалыптасу сипаты, ал осымен бірге беріктік және оның басқа механикалық қасиеттері дәнекерленуші бөлшектердің (өңдеу түрі, тұндырудан бұрынға температура, оксид үлбір мен ластанудың болуы) жамбастарының беттерінің жағдайына байланысты болады.

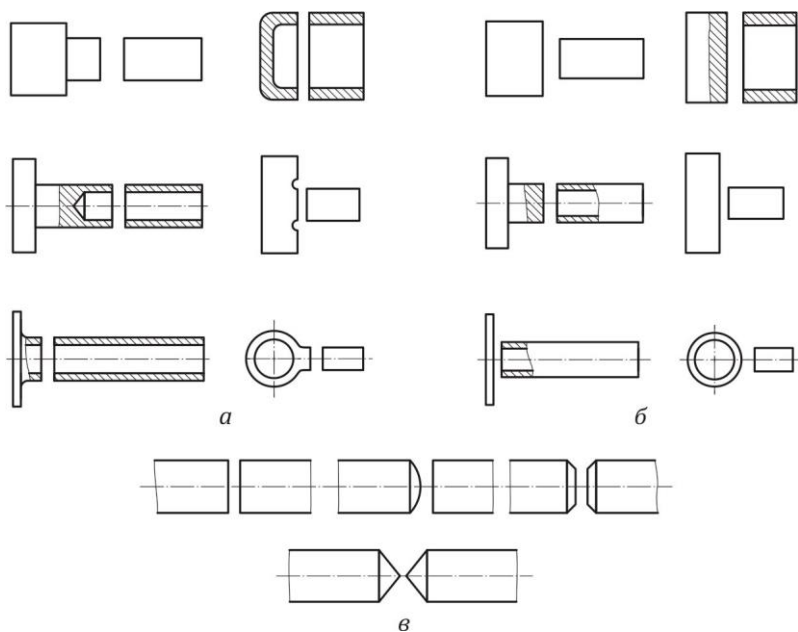
Бөлшектеліп күйіп кеткен металл, балқығанмен араласқан түйісу жерінде шашырау түзеді, ол дәнекерлеуден кейін кесіп тасталынады.

Тоғысуға жақын жатқан аумақта, металдың қасиеті дәнекерлеу

кезіндегі термиялық және механикалық әсер етудің сипатына байланысты өзгереді (қыздырудың ұзақтығы мен температурасынан, тұндырудың жылдамдығы мен күшінің шамасынан). Бұл көрсеткіштерді кең шектерде реттеуге болады, сәйкесінше, жікке жақын аумақтағы берілген немесе оларға жақын қасиетті металл алуға болады.

Дәнекерленген қосылыстың сапасы көбінесе дәнекерленуші бөлшектердің құрылымымен анықталады. Тоғыспалы дәнекерлеуге арналған бөлшектердің құрылымы 3.4. суретте келтірілген. Рационалды құрылым екі деталдың да біркелкі қызуын қамтамасыз етеді. Жағымсыз құрылым тоғысудың жоғары сапасына кепілдік бермейді. Диаметр бойынша немесе шаршы жағындағы деталдың қимадағы ауытқу 15% шамасында рұқсат етіледі, жиектің, беттің, құбыр қабырғасының қалыңдығы бойынша 10 %. бөлшектердің тоғыстыру дәнекерлеуіне дайындау кезінде олардың жамбастарын өңдеу және байланысатын беттерді тазалау қажет.

Дәнекерленуші бөлшектердің жамбастарын өңдеу механикалық(тақта, планерлі, фрезерлік станоктарда) және



3.4 - сурет. Тоғыстыру дәнекерлеуіне арналған бөлшектер құрылымдары
а — рационалды; б — жағымсыз; в — кедергімен дәнекерлеуге дайындалған
сымдардың жамбастарытермиялық

(оттектік, плазмалық) кесуден құралады, содан кейін артылымын, қожын, шоқтығын алып тастайды . байланысушы беттерді тазалау механикалық өндеуден, улаудан (келесі бейтараптау мен жуудан) бөлшек ағынды тазалаудан барабандардағы (майда бөлшектер үшін) галовкадан құралады. Байланысатын беттері тазаланбаған бөлшектерды дәнекерлеу электродтардың жоғары тозуына алып келеді.

Түйіспелі тоғыспалы дәнекерлеудің түзімдерінің параметрлеріне дәнекерлеуші трансформатордың бос жүрістің кернеуі U_2 , ток j тығыздығы, тұндыру V_{oc} жылдамдығы, балқу $I_{оп}$ шамасы, тұндыру I_{oc} шамасы және әр дәнекерленуші 1 деталдың электродтан (губкадан) ұшуы, яғни осы детал қысылып тұрған жамбастан электродқа дейінгі арақашықтық. Бөлшектердің ұшуы бірдей бола алады, егер дәнекерленуші бөлшектер бірдей қимаға ие болса және бір металдан жасалған болса. Егер әр түрлі қимадағы немесе әр түрлі металдан жасалған бөлшектер дәнекерленетін болса, деталдың ұшуы төмендейді, оның қыздырылуы төменірек болу керек. Егер дәнекерлеуші машинаның қуаттылығы жетпейтін болса, онда балқытумен тоғыспалы дәнекерлеу бірнеше қысқа импульспен жүргізіледі немесе деталды алдын ала қыздырумен жүргізіледі. Тоғыспалы дәнекерлеуде балқу мен тұндыру жылдамдығы орындарына кедергі болып екі деталдың тұндырылу шамасы мен тұндыру күші қабылданады.

Тоғыспалы дәнекерлеу кезінде (барлық басқа түйіспелі дәнекерлеу кезіндегі сияқты) тоқтың жоғары тығыздығымен және дәнекерлеудің аз ұзақтығымен сипатталатын қатты түзімдер де, сондай ақ төмен тоқ тығыздығымен және дәнекерлеудің үлкен ұзақтығымен сипатталатын жұмсақ түзімдер де қолданылады. Қима ауданы кішкентай бөлшектерды дәнекерлеу кезінде қатты түзімдер қолданылады.

3.1. Кесте. Әр түрлі ауданды бөлшектерды дәнекерлеудің ұзақтығы мен ток тығыздығы

Параметр	S, мм ²					
	25	50	100	250	500	1 000
j , А/мм ²	200	160	140	90	60	40
$t_{св}$, С	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	4,5

3.2. Кесте Кейбір металдардан жасалған бөлшектердің тұндырылуындағы және балқытумен дәнекерлеу кезіндегі тоқ тығыздығы

Детал металы	$j_{оп}, A/mm^2$		$J_{ос}, A/mm^2$
	орташа	максималдық	
Болат:			
Төмен көміртекті	5...15	20...30	40...60
Жоғары құрғатылған	10...20	25...35	35...50
Балқымалар:			
алюминий	15...25	40...60	70...150
мыс	20...30	50...80	100...200
титан	4...10	15...25	20...40

Қима ауданы әр түрлі бөлшектерды дәнекерлеу кезіндегі оның өту ұзақтығы мен тоқ тығыздығы 3.1. кестеде келтірілген.

Түсті металдардың стержендерін дәнекерлеу ұзақтығы кестеде келтірілгеннен 2-3 есе көбірек орнатылады.

Кейбір металдардан жасалған бөлшектерды тұндырылуындағы және балқытумен дәнекерлеу кезіндегі тоқ тығыздығының бағытталған мәндері 3.2- кестеде келтірілген.

Балқытудың жылдамдығы үрдіс тұрақты жүретіндей есеппен таңдалады. Төмен көміртекті болат бөлшектердің қатты түзімдегі жоғары өнімділікпен дәнекерлеу кезінде балқыту жылдамдығы 4 ... 6 мм/с құрайды. Балқытумен дәнекерлеудің үлкен ұзақтығында (қимасы үлкен бөлшектерды дәнекерлеген кезде) балқыту жылдамдығы 2...2,5 мм/с дейін төмендейді.

Тұндыру жылдамдығы балқыту жылдамдығынан 10-15 есе жоғары болу керек, ол оксидтер мен қызып кеткен металды түйісу аумағына тез жою қажеттілігімен түсіндіріледі. Тұндырылу жылдамдығы дәнекерленетін деталдың металына байланысты болады: төмен көміртекті болат үшін 50 ...60 мм/с, құрғатылған болаттар үшін (оның ішінде хромды және хормототыққан) – 70 ...120 мм/с, никел балқымалары үшін – 60 мм/с, алюминий мен оның балқымалары үшін – 150 мм/с жоғары, мыс пен оның балқымалары үшін – 200 мм/с және одан жоғары.

Тұндырылу қысымы қима ауданынан, дәнекерленуші бөлшектердің металдарынан, қыздыру аумағының еніне және бөлшектердің соңдарының қыздыру деңгейіне байланысты. Қысым сондай ақ дәнекерлеу түзімінің сипатына байланысты: қатты түзімдерде қысым жұмсақ түзім кезіндегіден айтарлықтай жоғары.

Тоғыспалық дәнекерлеуден кейінгі бөлшектерды өңдеу термиялық

өңдеуден және артылымды жоюдан құралады.

Термиялық өңдеу дәнекерлеу үрдісінде металдық құрылымы өзгеріп жақсартуды талап ететін жағдайларды орындалады. Әр бөлек жағдайда термоөңдеу үрдісі металдың химиялық құрамына, қажетті қаттылығы мен пластикалығына сәйкес беріледі.

Дәнекерлеу қосылыстарының сыртқы беттерінен Артылымдарды жою механикалық тәсілмен орындалады – ол метал кесетін станоктарда әмбебап құралмен немесе арнайы құралдармен (артылым шешкіштермен) кесіп тасталады.

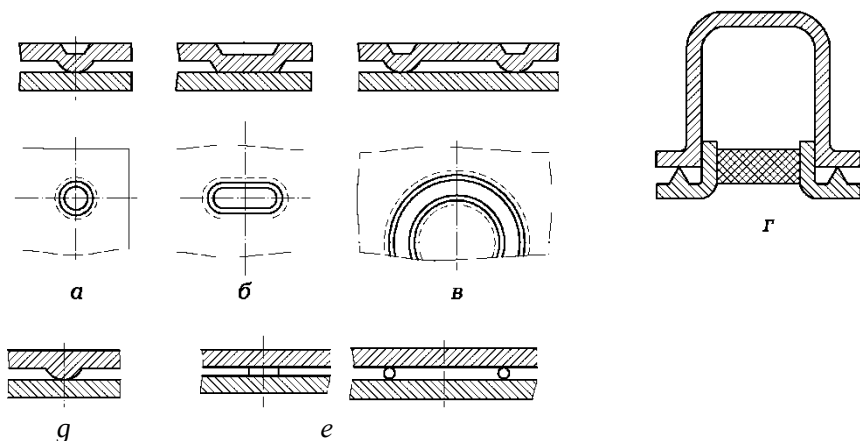
Түзу сызықты құбырлардың ішкі бетіндегі артылымдарды жою бірнеше дөңгелектік кескіштерді немесе дорндарды тартумен орындалады. Иірілген құбырларда артылымды жою үшін қысылған ауасы бар арнайы снарядтар қолданылады; сондай ақ құбырды оттегімен немесе өттегі ауа қоспасымен желдетумен артылымды жоюға болады; дәнекерлеу үрдісінде артылымды қорғаныс газымен желдету арқылы жоюға болады.

3.4. НҮКТЕЛІК ДӘНЕКЕРЛЕУ

Нүктелік дәнекерлеу ең көп тағаны болып табылады және бөлшектердің бөлек жерлердегі олардың жанасуында – нүктелерде қосылуына құралады. (3.1. а- суретті қараңыз) бөлшектер беттестіріп жиналады, дәнекерлеуші трансформатордың екіншілік орамасына қосылған, мыс балқымаларынан жасалған электродтардың арасына қысылады. Содан кейін дәнекерлеу аумағы арқылы токтың қысқа импульсі $I_{св}$ өткізіледі. Бөлшектердің байланысқан жерінде металл балқиды, дәнекерлеу нүктесінің өзегі түзіледі. Қысу күшінің арқасында металдың пластикалық пішіннің бұзылуы жүреді, өзектің мысалы бойынша өзекті тотығу мен шашыратудан қорғайтын тығыздаушы белдік түзіледі.

Деталдың арт жағына қол жетімділік қиын болған жағдайда немесе өнімділікті жоғарылату қажеттігінде нүктелік дәнекерлеуді екі электродты да деталдың бір жағына орнатып дәнекерлеу тоғының біржақты әкелінумен орындауға болады. Деталдың арт жағына мыс төсеме орнатылады. Ол бірізгіде екі жікті дәнекерлейді.

Нүктелік дәнекерлеудің түрі - рельефті дәнекерлеу. Оны орындау үшін бөлшектердің біреуінде шығарылған рельеф мөрленеді. Рельефке екінші бөлшек салынады және дәнекерлеу орындалады. Бұл бөлшектердің байланыс аумағында концентрленген қыздыруды қамтамасыз етеді.



3.5.- сурет Беттестіріп рельефті дәнекерлеу кезіндегі рельеф түрлері:

а — сфералық; *б* — сопақша; *в* — шеңберлік; *г* — герметикалық қосылыстар үшін шеңберлік; *д* — салқын түсірумен түзілген сфералық; *е* — шеңберлік қоймалар (концентраторлар)

Дәнекерлеуші өзектің түзілу кезінде рельеф алып тасталады. Рельефті ұзын дөңес валик түрінде штамптауға болады, сонда рельефті роликтік дәнекерлеу орындалады.

Нүктелік дәнекерлеумен тек қана беттестіретін қосылыстар орындалады, рельефті – беттестіретін және тоғысу. Бұл үшін беттік бөлшектердің тоғысуының екі жағынан да дәнекерлеуші бөлшектердің жұқа металдан жасалған фольга жолағы жабыстырылады, және тоғысу оның қалыңдығының толық балқытылуымен дәнекерленеді.

Беттескен рельефті дәнекерлеу алдын ала орындалған рельефтер бойынша орындалады (3.5 - сурет). Көбінесе сфералық рельеф қолданылады. Сопақша рельеф беттесудің кішкентай енінде және деталдың созылыңқы қалыбында қолайлы. Шеңберлік рельефтер кішкентай корпустарды герметикалауға мүмкіндік беретін (мысалы, жартылай өткізгіштік құралдарды) берік және тығыз қосылыстарды дәнекерлеу кезінде қолданыла алады.

Рельефтер үлкен қалыңдықтағы дәнекерленуші бөлшектерға орналастырылады, осы кезде дәнекерлеуден кейін деталдың бет жағында арықша немесе сақина түріндегі ойық қалады. Егер рельеф салқын түсірумен түзілген болса (3.5. д- сурет) немесе байланыстың түзілуі үшін қоймалар – концентраторлар қолданылған болса (3.5.- е сурет), онда деталдың бет жағында дәнекерлеуден кейін ізі қалмайды.

Рельефті дәнекерлеумен алынған дәнекерленген байланыстар екі топқа бөлінеді:

■ Сфералық рельефтерді (нүктелік дәнекерлеудегі сияқты) қыздыру мен пішіннің бұзылуының нәтижесінде құйма өзектің түзілуімен болатын байланыстар. Байланыстың қалыбы, өлшемдері және беріктігі бұл жағдайда негізінен рельефтің қалыбы мен өлшемдеріне байланысты болады. Жылудың біртегіс таралуы және рельефтердің бір мезгілдегі пішіннің бұзылуы дәнекерлеу тоғының күшінің қысу күшін жоғарылатумен және масса мен қозғалмалы байланыс плитасының инерциясын және дәнекерлеу машинасының жүріс бөліктерін төмендетумен бірқалыпты өсірумен қол жеткізіледі.

■ Металдың пластикалық жағдайындағы құйма аумағының түзілуісіз байланыстар, құрылымдарды шеңберлік рельефпен және Т-тәріздес крест тәрізді элементтермен дәнекерлеу кезінде.

Рельефті дәнекерлеу көміртекті және құрғатылған болаттардан жасалған бөлшектерды байланыстыру үшін жетістікті қолданылуда, бірақ түсті металдардан жасалған бөлшектерды байланыстыруға сирек қолданылады.

Бөлшектерды рельефті дәнекерлеуге дайындау олардың беттерін тазалаудың, өңдеуден, сәйкестендіруден және жинаудан құралады, осыны нүктелік дәнекерлеу үшін де орындайды. Ерекше мағынаға рельефтің қалыбы мен өлшемі бойынша қалыптасуының нақтылығы ие болады.

Рельефті дәнекерлеу түзімінің негізгі параметрлері дәнекерлеу тоғының күші $I_{св}$, кА, немесе тоқтың тығыздығы j , А/мм²: $j = I/d_p$, мұнда d_p — рельеф диаметрі, мм; дәнекерлеудің ұзақтығы $t_{св}$, с; электродтарды қысу күші: дәнекерлеу кезінде $P_{св}$, Н және алдын ала (токсыз) $P_{пр}$; рельеф өлшемдері: диаметрі d_p мен биіктігі L_p , мм.

Рельефті дәнекерлеу түзімінің параметрлерінің кестелердегі келтірілген мәндерін күштерге байланысты дұрыстау керек: машина құрылымының, дәнекерлеуші беттерді дайындау сапасы, рельефтердің саны мен орналасуы, тоқ күшінің дәнекерлеу үрдісі кезінде өзгеру (модульдену) мүмкіндігі.

Рельефтің диаметрінің өсуімен (сәйкесінше, дәнекерленуші бөлшектердің қалыңдығының да) тоқтың тығыздығы азаяды. Мысалы, қалыңдығы 0,6 мм, рельеф диаметрі 2 мм, кезіндегі бөлшектерді дәнекерлеуде тоқ тығыздығы $j = 1\ 500$ А/мм²; ал бөлшектердің қалыңдығы 2 мм және рельеф диаметрі 5 мм тоқ тығыздығы $j = 440$ А/мм². Тоқтың орташа тығыздығы $j\ 200...500$ А/мм² құрайды. Шеңберлік рельефпен дәнекерлеу кезінде тоқ тығыздығы сфералық рельефтер бойынша дәнекерлеу кезіндегіге қарағандай айтарлықтай төмен болады.

Дәнекерлеудің ұзақтығы бөлшектердің қалыңдығы мен дәнекерлеу тоғының күшіне байланысты беріледі. Өсіресе үлкен қалыңдықтағы

бөлшектерды байланыстыруды орындау кезіндегі және әр түрлі рельефті бөлшектерды бір мезгілдегі дәнекерлеу ұзақтығы үлкен.

Электродты қысу күші рельефтің ауданына және детал металының механикалық қасиеттеріне байланысты. Рельефті дәнекерлеу кезіндегі шектік қысым 70 ...100 МПа құрайды, кей жағдайларда (бөлшектердің үлкен қаттылығында) 150 МПа жетеді. Қысудың күшінің тұрақты шамасы рельефтерді қыздырудың барлық уақытында сақталуы керек, ол дәнекерлеу машинасының және оның электродты бөлігінің құрылымымен қамтамасыз етіледі.

Рельефтердің өлшемдері (диаметр мен биіктік) дәнекерленетін бөлшектердің қалыңдығына байланысты болады және құйылған өзектің γ минималдық диаметрімен қамтамасыз етіледі. Электродтарды қысудың жалпы күші, әдетте рельефтердің санына пропорционал болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Түйіспелі дәнекерлеу деп нені айтамыз?
2. Түйіспелі дәнекерлеудің артықшылығы неде?
3. Түйіспелі дәнекерлеуге қандай кемшіліктер тән?
4. Түйіспелі дәнекерлеудің тәсілдерін атаңыз.
5. Нүктелік және жіктік дәнекерлеудің бір-бірінен айырмашылығы неде?
6. Кедергімен және балкумен тоғыспалы дәнекерлеудің бір бірінен айырмашылығы неде?
7. Рельефті дәнекерлеу деген не?
8. Түйіспелі дәнекерлеуге арналған машиналар дәнекерлеу тәсілі мен оларды орнату сипаты бойынша қалай ерекшеленеді?
9. Түйіспелі дәнекерлеуге арналған машиналар қандай бөліктерден тұрады?
10. Түйіспелі дәнекерлеу кезінде электродтар не үшін қажет?
11. Түйіспелі дәнекерлеуге арналған электродтар қандай материалдардан жасалады?
12. Электродтардың төзімділігін қалай көтеруге болады?
13. Жіктік дәнекерлеуге арналған электродтар қалай құралған?
14. Тоғыспа дәнекерлеуге арналған электродтар өзімен нені көрсетеді?
15. Түйіспелі дәнекерлеуге бөлшектер қалай дайындалады?
16. Нүктелік және жіктік дәнекерлеуде түзімнің қандай параметрлері қолданылады?
17. Түйіспелі дәнекерлеу аумағында неге жылу бөлінеді?
18. Түйіспелі дәнекерлеу аумағының стационарлы қыздыруын қалай қамтамасыз етуге болады? Неге аспалы түйіспелі дәнекерлеу машиналарында дәнекерлеу байланыстарының сапасы стационарлық машиналарға қарағанда тұрақтырақ?
19. Дәнекерлеудің қатты және жұмсақ түзімдері деген не?
20. Нүктелік және жіктік дәнекерлеу түзімінің параметрлерін тандау неге

байланысты?

21. Тоғыспа дәнекерлеу кезінде қандай түзім параметрлері қолданылады?

22. Тоғыспа дәнекерлеу кезінде түзім параметрлерін таңдау неге байланысты?

23. Тоғыспалы дәнекерлеуде қандай түзім параметрлері қолданылады?

24. Тоғыспалы дәнекерлеу түзімінің параметрлерін таңдау неге байланысты?

ҚЫСЫММЕН ДӘНЕКЕРЛЕУДІҢ АРНАЙЫ ТӘСІЛДЕРІ

4.1. ҚЫСЫММЕН ДӘНЕКЕРЛЕУДІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Қысыммен дәнекерлеу — бұл бөлшектердің бірге пластикалық түр өзгерісі арқылы ажырамас бөлігін алу.

Қысыммен дәнекерлеудің екі түрі белгілі: қыздырусыз (жарылыспен дәнекерлеу, магнитті-импульсті, салқын) және қыздырумен (ұсталық, ультрадыбыстық, жоғары жиілік, үйкелу арқылы газбен сығымдап дәнекерлеу, диффузиялық).

Қосылыстардың пайда болу табиғаты қысыммен дәнекерлеудің барлық жағдайында қыздырумен немесе қыздырусыз болсын біреу болады: бұл қосылыс жоғары қабатындағы белсенді атомдардың қарым-қатынасының нәтижесі. Қысыммен дәнекерлеу барысында қосылыстардың пайда болу үрдістерінің үш кезеңі анықталған.

Бірінші кезеңде жоғарғы қабаттың белсенділігі мен физикалық байланыс болады да, кристалл торлардың параметрмен тең өлшенетін қашықтығына дейін жақындайды. Бұл жағдайда қосылатын металл бөлшегінің атомдары энергетикалық кедергіден өтеді. Бірақ тұрақты жағдайын сақтайды және бірікпейді – қосылыс әлі болған жоқ.

Екінші кезеңде белсенді жоғарғы қабаттың химиялық қосылыстары құрылу есебінен және қосылатын металл бөлшектерінің атомдарының атомаралық өзара қарым-қатынасы есебінен дәнекерленеді. Бөлшек арасындағы шекара сызығы бөлімінің шекара ені түйіршікаралық шекара енімен өлшемдес болады, ал қосылыстың беріктігі – негізгі металдың беріктігімен өлшемдес болады.

Үшінші кезеңде қосылыстардың біріккен беткі қабаты арқылы диффузиялық алмасу белсенділігі артады. Бұл ретте жаңадан алынған бөлімнің беткі қабаты жуылады немесе өзара қарым-қатынас өнімдерімен бөлшектенеді. Үшінші кезеңнің ұзақтығы мен бірігетін металдардың түріне байланысты мына келесі үрдістердің бірі орын алады:

- Бөлімнің ұсақ түйіршік шекарасын біртекті металдардың бөлшектерін дәнекерлеу барысында - ұзақ шыдамдылықта ірі кристалды түйіршіктермен ауыстыру. Қосылыстың беріктігі бұл жағдайда 10 ... 20 % дейін төмендейді;

- металдың қатты ерітіндісінен тұратын дәнекерлейтін бөлшектің бір-бірімен үлкен шыдамдықта (10 минутқа дейін) жұп металды дәнекерлеу барысында шексіз ерігіштігі - диффузиялық қабатының дамуы. Қосылыстың беріктігі бұл жағдайда жұп металдың бірінің беріктігінен де жоғары болады.

Әртүрлі жұп металдардың бірінің бөлшектері бірігу барысында жұқа және сынғыш эвтектика – бұл металдардың кристалл құрамының механикалық қоспасы пайда болады. Жұптасқан металдың өзге әртекті түрлері бір-бірімен химиялық қосылыстары – өте жоғарғы беріктікте болғанымен иілгіштігі төмен интерметаллидтер түзеді. Мұндай металдарды дәнекерлеу кезінде өзара байланыста үрдістің үшінші кезеңінде эвтетикалық және интерметаллидтік қосылулар пайда болады, олар қатпараралық механикалық құрылымды нашарлатады.

Сондықтан үшінші кезеңнің созылуы кезінде біртекті материалдардың байланысындағы диффузиялық үрдістер қосылыстардың толықтай қирауына алып келуі мүмкін. Қысыммен дәнекерлеудің барлық тәсілдерінде негізгі қиындық қосылыс аралық беткі қабаттармен оларды бөлшектердің қалған пішінінің бұзылуын (майысу, артылым) барынша азайтуды қамтамасыз ету қажеттілігінде болады.

Макро, микро және субмикроскоптық-бұдырлықтан өзге оларды өңдеудің нақтылығын сипаттайтын, нақты түйісетін беткі қабаттың ауытқуы немесе макроауытқулар болады. Физикалық қатынас үлкен өзгеріске ілесіп отыруы керек.

Шын мәнінде, 10..... 15мкм биіктіктегі микротүзуеместікті жою немесе 50 ... 500 мкм көлеміндегі жазық еместікті түзулеу үшін бөлшектің үлкендігіне қарай оның қалыңдығының 90 % дейін бүкіл салмағын өзгертуге тура келеді. Бұл «мәжбүрлі» өзгеріс ϵ_b – қысым күшінің әсерімен дәнекерлеудің барлық жазықтығында физикалық байланыс аяқталу өткен түр өзгерісінің қалғанына қатысты болады.

ϵ_b түр өзгерісін үш тәсілді қолдану арқылы кемітуге болады:

- бұдыр қабаттың бөлшектерді қыздырудың жоғарғы температурасында (диффузиялы және газбен қысымдап дәнекерлеу) баяу қысу жолымен бұдыр қабатын түр өзгеріс қатаюын азайту арқылы. Бұл жағдайда 5 ... 15 % құрайды;
- бұдырлы қабаттың байланысында қарбалас жағдайда ұлғайту таза түйіспелі сығымдау жолымен (жарылыспен дәнекерлеу, магнитті-импульсті қуатпен). Бұл жағдайда $\epsilon_b \rightarrow 1$;
- түйіспе түр өзгерісіндегі беріктік болмайтын жағдайда жергілікті қыздырудың таза байланысын бір мезгілде жағдайды сақтау жолы. Бұл тәсіл түйіспелі дәнекерлеудің

$c_{\varepsilon_B} = 15 \%$ және $c_{\varepsilon_B} = 2 \dots 5 \%$. дәлдікте түйіспелі дәнекерлеуде қолданылады.

Белгілі тәсілдерінің ішінде тек диффузиялы дәнекерлеу мен жарылыспен дәнекерлеуде ғана ε_B мүмкіндіктің кіші шегіне жақындайды. Бұл пішіннің бұзылуылық беріктік кезінде түйісуді жұмсартудың диффузиялы үрдістің нәтижесінде ауыр жылдамдықпен байланысуымен тығыз байланысты.

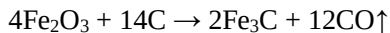
Сығымдап дәнекерлеудің қалған барлық шарттары үшін байланыстың нақты жылдамдықтары ауыр жылдамдықтардан барынша жоғары. Демек, бұл әдіс барысында аз қалдықты пішіннің бұзылуы қосылысын алуға болмайды. Мәселен, салқын дәнекерлеу барысында аз шөгіндісі бар қосылысты алу үшін бөлме температурасындағы түйістіру жылдамдығы дәнекерлеуді аяқтау үшін жылуды қажет ететіндей деңгейде баяу жүру керек болады.

Алайда қысыммен дәнекерлеу тәсілдері дәнекерлеуді қолданудың аумағын айтарлықтай кеңейтеді. Сөйтіп біртекті металдардың бөлшектерін өзара дәнекерлеуге, балқытып дәнекерлеу арқылы қосылысы мүмкін болмайтын, метал бөлшектерді металмен және көпшілік өндіріс жағдайында өнімділікті күрт арттыруға мүмкіндік береді.

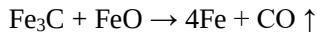
4.2. ҚЫЗДЫРУМЕН ҚЫСЫМДАП ДӘНЕКЕРЛЕУ

Ұсталық дәнекерлеу. Ұсталық (тау - ұсталық) дәнекерлеу - сығымдап дәнекерлеудің барлық заманауи тәсілдерінің бастауы Сва-рог - бұл көне славяндық ұста құдайының есімі. Отты Сварож деп айтып, оны Сварогтың ұлы деп есептеген. Осы жерден «сварка» - «дәнекерлеу» сөзі шыққан. «Дәнекерлеу» - яғни темірдің екі бөлшегін от және ұстаның ұруы арқылы тастай қылып біріктіру болып табылады. Көне славяндарда ұстаның құпия ролі қасиетті саналған. Темір ұстасы металды ыстықтай өңдеудің құпияларын меңгерген, бұл сол замандағы ұсталық дәнекерлеудің негізгі технологиясы болған. Қазба барысында табылған құралдар, б.д.д. VIII — VIIIғ.ғ қару мен ауылшаруашылық құралдары, ұсталық дәнекерлеудің XIX ғасырдың соңына дейін темірден барлық заттарды жасаудың жалғыз тәсілі болғандығын көрсетеді. Барлық құралдар мен қарулар балқыту арқылы жүргізілген. Құралдардың кесетін және шабатын бөліктері 0,6 ... 0,9 % көміртегі құрамы бар – болаттын жасалған – ұстайтын бөліктері – жұмсақ темірден жасалған. Ұсталық балқыту бірінші сынғыш металды иіlmелі құйылатын түрге ауыстыру әдісі ретінде пайда болған. .

Алғашқы темір – қызыл темірді ағаш көмірмен 1 300 °C дейін қыздыру барысында қалпына келтірудің нәтижесі.



Алғашқы темір таза темірден темір карбидімен Fe_3C - арқылы құйылатын қоспаларды дайындауға жарамсыз цементит (оның балқыту температурасы 1 150 °C) шыңдалатын темірді дайындау. Құймаға иілгіштік беру үшін оны көрікте «балқыту қызуы» (800 ... 900 °C) қыздырып, беткі қабатын қышқылдандырып және қайта-қайта жалпайтып, кезегімен екі жаққа аударып отыру қажет. («Соғу») барысында цементит оксидтен қалыптастырады:



Осындай құю нәтижесінде құмадан артық көміртегі мен оттегі шығарылып, оның иілгіштігі қамтамасыз етіледі. Бұдан бөлек құманың екі қайырылған бөлшектері бір монолитті болып қалады. Осы көріністі ұсталық балқыту деп атаған.

Тек 1970 жылдары темір карбидінің оның оксидтерімен өзара қарым-қатынасы үрдісінде белсенді темір құралатыны анықталды. Мұндай темір екі беткі қабат аралықта түйісуде «тігуші» материал болып табылады, себебі, өзінің беткі қабатында еркін белсенді атомдары болады, бұлар берік ажырамас қосылыстарды құрайды. Бұл үрдіс өте жоғары температурада жүреді. Сондықтан ұсталық дәнекерлеу $\epsilon_{\text{в}} = 20 \dots 30 \%$ жағдайында аяқталады.

Ұсталық дәнекерлеу 24 ғасыр бойы қылыш, сауыт, зәкір, метал тор, үйге қажетті заттар, соқаның тістерін жасауда теңдессіз болды. Қазіргі уақытта ұсталық дәнекерлеу негізінен ауылды жерлерде бұйымдарды жөндеуде қолданылады. Ұсталық дәнекерлеумен құрамында 0,15 ... 0,25 % көміртегі бар жұмсақ болат жақсы балқиды.

Ультрадыбыстық дәнекерлеу. Ультрадыбыстық дәнекерлеу (УДД) ультрадыбыстық тербеліс қуатын қолдануға негізделген. Дәнекерленетін бөлшектер тіреу мен дәнекерлеу ұшына қыстырылып, жиілігі 20 ... 30 кГц 0,5 ... 50 мкм күшімен тербелетін 0,1 ... 1 шегінде сығылатын дәнекерленетін металл металл ағудың 0,1 ... 3 с арасында тапталады.

Қуат көзінің ерекше түрі - ультрадыбыс – «дыбысталатын» металдардың (ультрадыбыстың әсеріне ұшырайтын т. е) сыртқы және ішкі үйкелістерінің күшін бірден төмендетеді. Ультрадыбыс «дыбысталатын» металдардың диффузиялық жылдамдығын 10^7 есеге дейін ұлғайтады. Бұл ретте металда акустикалық кавитациялы құбылыс болады: жергілікті жоғары қысымды ыдыратуы арқылы беріледі. Бұл тазалауға дәнекерленетін бөлшектердегі майдан және басқа да ластануларды тазалауға ықпалын тигізеді, қатты оксидті

қабықтарын ұсақтайды және тазалайды, сонымен қатар, дәнекерленетін бетін белсендіреді. Ультрадыбыстың әсерінен металдың еру температурасы 0,7-ге дейін жоғарылауды.

Ультрадыбыстың осындай барлық қабілеттілігі УДД жоғарғы технологиялық артықшылығын қамтамасыз етеді: алдын-ала дайындықсыз металдың бетін (оның ішінде алюминий мен оның қорытпасын) дәнекерлеу мүмкіндігі. УДД кіші энергия сыйымдылықты ($0,5 \dots 4 \text{ кВ} \cdot \text{А}$) иемденеді және дәнекерлеу кезінде $1 \dots 20 \text{ м/мин}$ жеңіл автоматандырылады. УДД тәсілімен қара және түсті металдар жақсы дәнекерленеді, әртүрлі металдардың бөлшектерінен және жуандығы жағынан (мәселен, $0,03$ және 4 мм) бір-бірінен тез ажыратылады.

Алдын ала дайындықсыз металдың бетін, полимерлі материалдардың бөлшектері мен көпқабатты бөлшектерді дәнекерлеу мүмкіндігі басым.

УДД түзімінің негізгі технологиялық параметрлері: тербелмелі күштің дәнекерлеу ұшы, дәнекерлеу аумағына ультрадыбысты енгізу алаңы, дәнекерлеуге күш салу (бөлшектерді қысу күші) мен дәнекерлеудің ұзақтығы болып табылады.

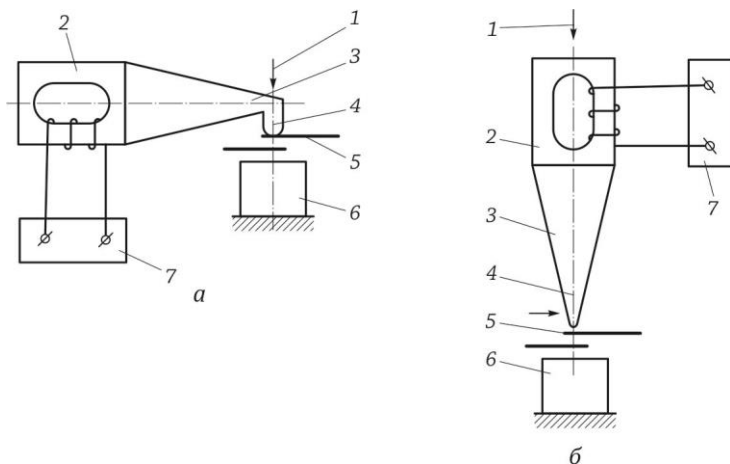
Олар материалдардың физикомеханикалық және жылу физикалық қасиеттері есепке алады, ал кейін тәжірибеден өткізіліп, бекітіледі.

Ультрадыбыстың генераторларыңы сипаттамасы дәнекерлеу аймағындағы қажетті қуат көздерінің бөлінуін қамтамасыз ету керек.

Дәнекерлеу ұштығының тербеліс күші металдың аққыштық шегіне және дәнекерленетін бөлшектердің жуандығына қарай тең өсуі қажет. Мәселен, бөлшектердің жуандығының өзгеруіне қарай $0,2$ дан $0,8 \text{ мм}$ -ге қарай дәнекерлеу ұштығының тербеліс күші 4 ден 12 мкм дейін, ал алюминий никелмен ауыстырсақ 12 ден 16 мкм дейін ұлғаю қажет. бұл уақытта бөлшектерді қысуды баяулау күшінің және ұштығының тербеліс күші ұштық диаметрімен (ультрадыбыс енгізу алаңы) тең төмендету керек.

УДД технологиялық құрылғылардың типтік құрылымдары болады. Металл бөлшектерін дәнекерлеу үшін бойлық тербеліс жүйесін орнату, ал желімдерді дәнекерлеу үшін көлденең құрылғы ($4.1.-$ сурет) жиі қолданылады.

УДД үшін қондырғыда қысымға күш алу, дәнекерлеу ұштығының толқын арнасы мен ультрадыбыстық жиіліктегі генератордың электр қуатынан күш алатын магниттістрикциялы түрлендіргіш бар. Түрлендіргіш материалдың магниттістрикциялы құрылымдары бар толқын арнасымен бір тұтас секілді орындалады: қысу қабілеттілігімен (никель) немесе магнитті өрістің әсерімен (темір, кобальт) кеңейеді.



4.1-сурет УДД-ның тербелмелі жүйесі:

а — бойлық (метал бөлшектерін дәнекерлеу үшін); б — көлденең құрылғы (желім бөлшектерді дәнекерлеу үшін); 1 — әкелу күші, қысу күші; 2 — магниттiстрикциялы түрленгiштер; 3 — толқын арнасы; 4 — дәнекерлеу ұштары; 5 — дәнекерленетін бөлшектер; 6 — тіректер; 7 —тоқ генераторлары

Генератордан берілетін энергия құрылғысы түрлендіргіш орамада ауыспалы магниттік өріс тудырып, ол түрлендіргіш металды ультрадыбыстық механикалық тербелісті қоздырады. Бұл тербелістер толқын арнасымен күші 20 ... 50 мкм дейін артып, дәнекерлеу ұштығы арқылы бөлшектерге беріледі. Ультрадыбыстық дәнекерлеу құрал жасау және радиоэлектроника саласында қалыңдығы 0,03 ... 3 мм болатын алюминий, мыс және оның қосылыстарында қолданылады, мұның бұл бөлшектерге баратын сымдарын изоляциясын шешпей-ақ дәнекерлеуге болады. Анодталған алюминий фольгасынан трансформаторлардың орамы және конденсатордың қоршауы алюминий мен жезден жасалған тоқ өткізгіш фольганы тазаламай-ақ дәнекерленеді.

Коррозияға төзімді құймалардың тетіктерімен жылу сезгіш элементтер УДД тәсілімен ерітіп жапсырылады. Дәнекерлеудің бұл тәсілі палладий құймаларын массивті бөлшектерімен химиялық аппараттарды дайындау барысында қалыңдығы 0,05 ... 0,1 мм болатын мембранамен біріктіруге таптырмайтын әдіс.

УДД үрдісінде дәнекерлеу аймағында жылу бөлінеді, ол жердегі температура материал бөлшегінің қалыңдығы, оның жылу физикалық қасиеттері (жылу өткізгіштік, жылу сыйымдылығы) дәнекерлеудің түзім өлшемі байланысты болады.

УДД үрдісі дәнекерлеу аймағында жылудың бөлігуімен жүзеге

асырылады.

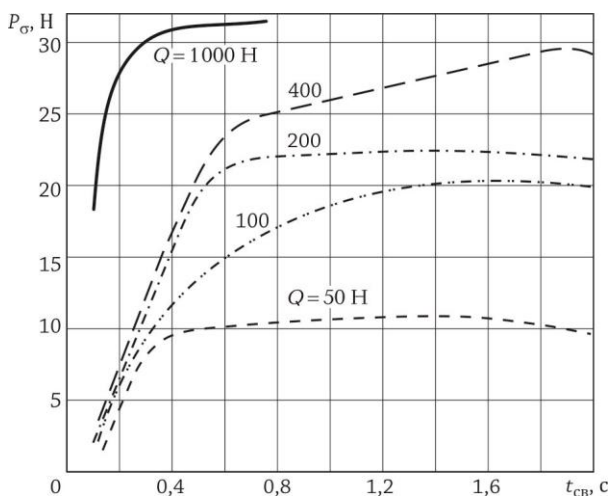
Температура бөлшек материалының қаттылығына, оның жылу физикалық қасиеттері (жылуөткізгіш, жылу сыйымдылығына) мен дәнекерлеудің түзім параметрлеріне байланысты болады.

УДД кезінде температура $0,6T_{пл}$ аспайды. Ең жоғарғы температураны шығаратын оңтайлы қысым бар. Сол кезеңде температураның көтерілуі анықтаушы болып табылмайды. Себебі дәнекерлеуші қосылыстар түйісуде ең жоғарғы температурада жеткенге дейін максималды беріктікті қабылдайды.

Қосылыстардың нүктелік P_n беріктігі $t_{св}$ дәнекерлеудің ұзақтығымен Q қысымға күш салуға тәуелді (4.2 -сурет). Қысымға аз күш жұмсалғанда беріктік дәнекерлеудің ұзақтығына тәуелді. Қысымға күш салуды ұлғайтқанда дәнекерлеу қосылыстары дәнекерлеу уақытының қысқалығына қарамастан берік болады. Сығымға күш салудың жоғары жағдайында және дәнекерлеудің ұзақтығында сапасыз қосылыстар қалыптасады (негізгі металдың барынша өзгеріске түсу нәтижесі және оны дәнекерлеу ұштығына оны жапсырғанда)

Жіктік дәнекерлеуде сапалы дәнекерлеу алынады. Әдетте дәнекерлеу жігінің беріктігі негізгі металдың беріктігінен жоғары болады. Беріктікке тексеру барысында сыну негізгі металда жүреді. УДД тәсілмен дәнекерленген қосылыстар тығыздығы шегінің үлкен мәні айқасу орнындағы металл байланыстарының туындау нәтижесінде қалыптасатындығы анықталды.

Балқытылған бөлшектердің бөлім шегінде динамикалық кернеу



4.2.-сурет Алюминийден жасалған P_n нүктелік қосылыстарының қысымға күш салу Q кесіндісімен $t_{св}$ дәнекерлеу ұзақтығындағы тығыздығына тәуелділігі.

күшінің жоғарылауына түйсетін беткі қабаттағы жасанды механикалық концентраторлардың есебінен (мысалы, үшкір бұрышы бар дөңестерде) қол жеткіземіз. Түйсетін беткі қабаттағы алаңдарды жасанды түрде азайту өткір қималарда бөлшектің нақты аймағын анықтауға мүмкіндік береді және дәнекерлеу үрдісінің қарқынын арттыруға мүмкіндік береді.

Ультрадыбыстық дәнекерлеу біртекті және әртекті материалдардың шағын қалыңдығында электроника саласында бөлшектерді біріктіру барысында барынша кең қолданылады.

Микроэлектроникада дәнекерлеудің бұл тәсілі жоғары сенімді қосылыстарды алуды қамтамасыз етеді, себебі, құралдардың жаппай қызуын болдырмайды. УДД құрылғыларында (диаметрі 0,02 ... 0,1 мм дейін болатын) дөңгелек және (қалыңдығы 0,05 мм дейін болатын) электрлік төсемінде жалпақ алюминий, алтын және мыс өткізгіштерді алтын алюминий, алтын және мыс, күміс, никель жалатылған т.б металдардың түйісу алаңдарында жапсыруға болады.

УДД тәсілі әуе және автомобиль өнеркәсібінде, сонымен қатар жұқа төсеніштер және негізгі тіреу және қаптама құрылымдары қолданылады.

УДД өндірісте кеңінен қолданылуы монтаждың өзге әдістерімен салыстырғанда басымдықтары бар:

- метал бөлшектердің қатты жағдайындағы дәнекерлеуін, дәнекерлеу орнында айтарлықтай қыздырусыз қолдану мүмкіндігі;
- жұқа және ультражұқа бөлшектердің қосылыстарының мүмкіндігі;
- дәнекерленетін қабаттың тазалығына қатаң талаптың болмауы;
- қысымдау күшінің азырақ болуы;
- жабдықтардың аз қуаты және оның құрылымының оңай болуы;

Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеу. Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеу (индукциялы, радиожиіліктегі) - бұл сығымдап дәнекерлеу барысында бөлшектің шеті жоғарғы жиіліктегі қуатпен қыздырылып, балқу температурасына дейін баратын әдіс. Металл бойымен жүріп өтетін жоғарғы жиіліктегі қуаттың тығыздығы, оның беткі қабатында барынша көп болады, бөлшекке тереңдеп енген сайын күрт азая береді. Осы көріністі беткі қабаттағы нәтижелілік деп атайды.

Мұнан өзге екі бірдей жапсарлас жатқан өткізгіштермен қарама-қарсы фазалардан өтетін жоғарғы жиілікті топтар бір-бірімен жақындауға ұмтылады. Бұл көрініс жақындық нәтижелігі. Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеуде бөлшектердің қызуы дәнекерленетін түйісуде

орналасқан және дәнекерленетін бөлшектің шетінде индукциялық қуатты өндіруші немесе бөлшек бетінде сырғанайтын екі электрод көмегімен өндіріледі.

Екі жағдайда да жақындасу нәтижелілігі және беткі қабат нәтижелілігі қатпар жиегінің беткі қабатында ғана қыздыруды қамтамасыз етеді (0,1 ... 0,15 мм-ден терең емес). Бұл жағдай қуат шығыны төмендетіп, дәнекерленетін қосылыс сапасының жоғарылауына әсер етеді. Себебі, жік маңында металдың қызып кетуін болдырмайды.

Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеу барысында дәнекерлеу түйіні алдындағы бөлшек, дәнекерленетін жиектердің арасында V-пішінді саңылау дайындамасы түрінде қалыптасады.

Индукциялы жиектерге (индуктор көмегімен) немесе түйісу (айналмалы түйісетін ролик көмегімен) әдісімен (4.3- сурет) ЖЖТ бір жиектен екінші жиекке олардың жанау орындары арқылы жүргізіледі.

Беткі қабаттағы нәтижелілік пен жақындық нәтижелілігі қорытындысында жиектердің жақындауы ұлғаяды, тоқтың жоғары жиектердің жиналу орнында тоқтың жоғары шегі пайда болады, олар қызады. Қызған жиектер роликтермен қысылып жапсырылады. Жапсырылған қосылыстың сапасы мен электр энергиясының шығыны өткізгіштер бойынша ЖЖТ жүруінің ерекшеліктерімен байланысты.

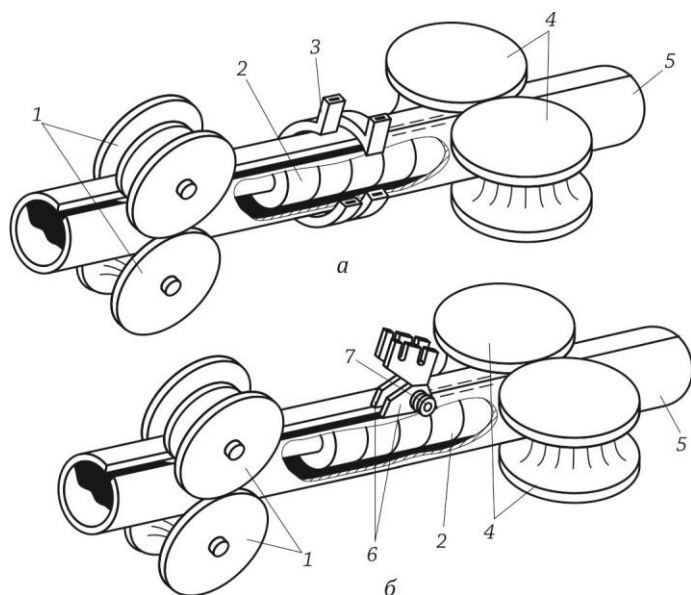
Өткізгіште тоқтың жүруі барысында өзгермелі тоқ өткізгішінің қимасында әртүрлі бөлінеді (беткі қабаттың тиімділігі деген осы). Өткізгіштің сыртқы беткі қабатында тоқтың барынша тығыздығы байқалады. Жоғарғы жиіліктегі тоқ тек өткізгіштің жұқа беткі қабатымен жүреді. Беткі нәтижелілік өткізгіштердің белсенді қарсылығын арттырады. Бұл жағдай қызып жатқан бөлшектің беткі қабатында энергияның жиылуына ықпал етеді.

Беткі нәтижелілік көрініс деңгейін бағалауда тоқтың тереңдікке ену Δ түсінігі қолданылады.

Δ қалыңдықтағы қабатта толық тоқтың 86 % жүреді. Д қалыңдығын мына формуламен анықтайды.

$$\Delta = [(1/\pi)/f\mu\alpha]^{0.5}, \quad (4.1)$$

мұндағы f — тоқтың жиілігі; μ — магнитті өтімділік; α — өткізгіштің меншіктік электрөткізгіштігі.



4.3.-сурет ЖЖТ жүруінің индукциялық (а) және түйісу (б) әдістерінде құбырларды жоғары жиіліктегі дәнекерлеу барысының сызбасы:

1 — бағыттаушы роликтер; 2 — ферритті білік; 3 — индуктор; 4 — қысушы роликтер; 5 — дәнекерленетін құбыр; 6 — түйісулер; 7 — айналмалы түйісуші ролик

Өткізгіш қалыңдығының осы ықпалын егер ол 8Δ кіші болмаса, ал бетінің қисықтығы есептелмесе, егер радиусы 4Δ кіші болмаса елемеуге болады. Өткізгіштер жүйесінде орналасқан ауыспалы тоқтың жүру барысында олардың әрбірі өзінің ауыспалы магниттік өрісінде ғана емес, сонымен бірге өзге өткізгіштердің өрісінде де болып, жақындау нәтижелілігі байқалады. Өткізгіштер периметріндегі ток оның жақын жатқан өткізгіш нүктесінде барынша көп, ал алыс жатқанында барынша аз болады.

Өткізгіштердің білік арасындағы қашықтық аз болған сайын өткізгіштің қима радиусы көп болады.

Егер өткізгішті соленоидтың ауыспалы магнитті өрісіне орналастырсақ немесе оны тізбекке қосылған ауыспалы токпен индуктормен қатар жайғастырсақ, онда бұл өткізгіште кері бағыттағы тұйықталған құйындық токтар индукцияланады (индуктордағы токтың бағыт қатынасы бойынша). Бұл жағдайда индукторға жақын аймақтармен өткізгіштің бетіндегі ток концентрациясына ықпал ететін нәтижелілік байқалады.

Өткізгіштегі жылу бөлу ток тығыздығының төртбұрышына және тез өтетін дәнекерлеу үрдісіне тең, жылу беру температуралық

өріске шешуші ықпал жасамайтын кезде қызудың бірдей тарамауы тоқтың бірдей бөлінбеуінен айтарлықтай жоғары болуы мүмкін. Сондықтан жоғары жиіліктегі қыздыру үлкен диаметрлердегі және қалың қабатты құбырлардың бөлшектерін дәнекерлеу үшін тиімсіз. Жоғары жиіліктегі дәнекерлеудің әдістерін үш топқа бөлуге болады: ерітуге қысымдық дәнекерлеу, ерітусіз қысымдық дәнекерлеу және соңғысы қысымсыз ерітіп дәнекерлеу.

Ерітуге қысымдық дәнекерлеу жиектердің жергілікті балқытуымен алдын ала қыздыру барысында орын алады. Сапалы дәнекерленген қосылымдарды алу үшін балқытылған элементтердің түйісу орнында болған бүкіл ерітілген метал шөккен кезде алынып тасталу қажет. Ерітілген металды алып тастау егер шөгіндінің жылдамдығы жеткілікті және метал сұйықтық ағу қасиетін жоймаған жағдайда болады. Дәнекерленген құрылым қатты жағдайда болатын беткі қабаттар арасында құрылады. Қыздыру жылдамдығы $15 \cdot 10^4$ °C/c жетеді, шөгінді 0,15 ... 1,5 мм құрайды, шөгіндінің жылдамдығы 2 000 мм/c.

Ерітуге қысымдық дәнекерлеу қара және түсті металдардан дәнекерленген құрылымдар өндірісінде кеңінен қолданылады. Тоқ жүру орнымен жиектердің қосылу орнының арақашықтығы әдетте 25 ... 300 мм шегінде болады. Осы кесіндіде дәнекерленетін бөлшектердің қызуы жүреді.

Ерітусіз қысымдық дәнекерлеу дәнекерленетін бетінің, дәнекерленетін металдардың балку нүктесінен төмен температурада алдын ала қыздырумен орындалады.

Қыздыру жылдамдығы 400 °C/c тан аспайды, шөгінді — 2,5 ... 6 мм, шөгіндінің жылдамдығы — 20 мм/c.

Қалпына келтіретін ортаның жоқ кезінде дәнекерлеу үрдісі, қосылыстың қанағаттандырылатын сапасын тек пішіннің бұзылуы кезіндегі температураның қысқа интервалында дәнекерленетін бетінің оксидті үлбірін жоюды қамтамасыз етеді.

Қысымсыз ерітіп дәнекерлеу ерітуге дейінгі дәнекерленетін элементтерді қыздыру барысында орындалады. Дәнекерлеуге дайындалған бөлшектер индуктордың көмегімен қыздырылып және ерітіліп, жиектер бір-біріне тығыздалып бейімделеді. Ерітілген металдардың науасы қысым жүктелмей-ақ дәнекерлеуші жікті қалыптастыра отырып салқындайды.

Қыздыру жылдамдығы - 250 ... 3 000 °C/c, қуат көзіндегі тоқтың жиілігі - 70 и 440 кГц. Бұл тәсілді қалыңдығы 0,3 ... 1,5 мм және дәнекерлеу жігінің максималды жиілігі 500 мм дейін қабырғалары бар бөлшектерді дәнекерлеу үшін қолданған дұрыс.

Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеу үшін жергілікті қыздырудың

жоғары жылдамдықтағы дәнекерлеумен үйлесетін анық байқалатын сипаттамасы сай келеді.

Дәнекерлеу қосылыстары ауданында жылу ықпал аймағының ені 1 ... 5 мм көлемінде тербеледі. Жік аймағындағы температуралық градиенттер $1\ 000\ ^\circ\text{C}/\text{мм}$. Төмен көміртекті болат бөлшектерін дәнекерлеу барысында салқындатудың орташа жылдамдығы қабаттың шегінде $1\ 000 \dots 600\ ^\circ\text{C}$ температура жиілігінде 1 мм дейін қыздырылған $1\ 500\ ^\circ\text{C}/\text{с}$ құрайды, 2 мм тереңдікке $400\ ^\circ\text{C}/\text{с}$ құрайды, 3 мм тереңдікке $170\ ^\circ\text{C}/\text{с}$ құрайды. Егер жылдамдық шектік деңгейден жоғары болса, онда дәнекерлеу қосылыс аймағында сынғыш құрылымдық құрамдар пайда болады (мартенсит, троостит).

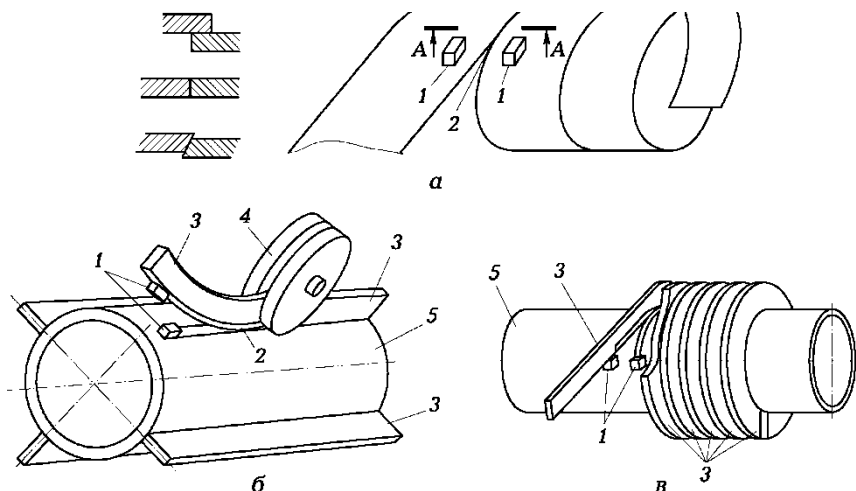
Сынғыш құрамдардың болуын жібермеу жағдайында дәнекерлеу қосылысында, шындалған құрылымдардың құрамын қамтамасыз ететін және темір перлид қоспасын құрайтын тұрақтандыру жүреді.

Құбыр-электр дәнекерлеу агрегаттарында металл лента жуғыш пен конвейерге кранмен беріледі, кейін білікті машинаға жіберіледі, кейіннен ұштарының кесінділері түйіспелі машинадағы үздіксіз лентаға дәнекерленеді.

Созылмалы айдаушы роликтермен лента қалып бөліміне келіп түседі, қалыптасқан құбыр шикізаты дәнекерлеуші машинаға келіп түсіп, жиектері қыздырылып қосылыстар қалыпқа келтіріледі. Сыртқы артылым кескіш түріндегі артылым жойғышпен алынып тасталады. Дәнекерленген құбырлар су ауа қоспасымен тоңазытқышта $50 \dots 60\ ^\circ\text{C}$ салқындатылады, кейін құбырлар диаметрлері бойынша түпкілікті калибрге келтіріледі. Құбырлар термоөңдеуден өткен соң құбыр кескіш құрылғыға және бөлу аймағына келіп түседі. Жоғары жиіліктегі дәнекерлеу шиыршық жік құбырларды дайындау үшін құбырларға қатайту қабырғасын жабыстыру үшін (4.4- сурет) металл емес сызықтарды дәнекерлеуде қолданылады.

Жоғары жиіліктегі дәнекерлеу тоқтың күші $1\ 000 \dots 2\ 000\ \text{А}$ жиілігі $2,5 \dots 500\ \text{кГц}$ болғанда жүргізіледі. Өртүрлі деталдармен материалдар үшін қысым күші $4 \dots 15\ \text{кг}/\text{мм}^2$ шегінде болуы мүмкін. Машиналық және шамдық генераторлардың жоғары жиілік тоқ қуаты $15 \dots 500\ \text{кВ} \cdot \text{А}$ құрайды.

Жоғары жиіліктегі дәнекерлеумен тазаланбаған төменгі көміртекті құрыштан жасалған ыссы илемделген тікелей жікті құбырлар дайындалады.



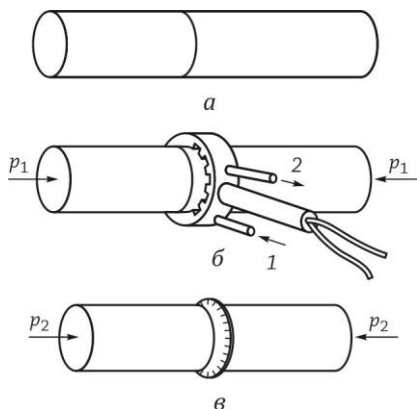
4.4 -сурет Жоғары жиіліктегі дәнекерлеу шиыршық жік құбырлар (а) және бойлық (б) және ендік (в) және құбырларға қатайту қабырғаларын жапсыру сызбасы: 1 — түйісу; 2 — қосылыстарды қалыптастыру аймағы; 3 — қабырға; 4 — ролик; 5 — құбыр

(400 кГц аса) радиожіілікте жұмыс істеу, алюминийден, ыстыққа шыдамды құйма, жылдам қышқылданатын металдардан жасалатын құбырлардың бойлық жігін орындауға мүмкіндік береді. Жіктер елеусіз ішкі артылымдармен, ыстық ықпал аймағының кішкентай енімен және жақсы механикалық қасиетімен алынады.

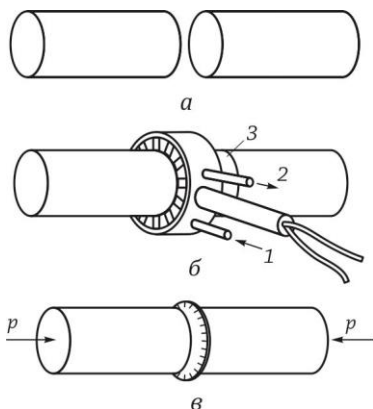
Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеу, дәнекерленетін бөлшектер бетінің және шиекті арнайы дайындаудың мінсіз жағдайын талап етпейді. Жеңіл автоматтандырылады және жоғары өнімділікке мүмкіндік береді: құбырларды дәнекерлеу жылдамдығы 20 ... 100 м/мин жетеді. Жоғарғы жиіліктегі дәнекерлеудің айтарлықтай кемшілігі - құрал жабдықтардың күрделілігі.

Газқысымды дәнекерлеу. Газқысымды дәнекерлеу иілімді күйдегі металдардан жасалған бөлшектерді өзара жалғау үрдісі болып табылады. Дәнекерленген жер көпжалынды шілтердің көмегімен металдың иілімді күйге өтуіне дейін қыздырылады, сонан соң, дәнекерленген элементтер қыздыру үрдісі кезінде немесе қыздырылып біткеннен кейін олардың осі бойымен жүріп өтетін сыртқы күштің әсерінен қысылады.

Қыздыратын жалын бөлшектердің сыртқы бетіне (оның бүйіржақтарының арасындағы саңылауға) немесе бүйіржақтарға перпендикуляр бағытталуы мүмкін. Газқысымды дәнекерлеудің түрлі тәсілдері 4.5 - 4.7-суретте келтірілген.

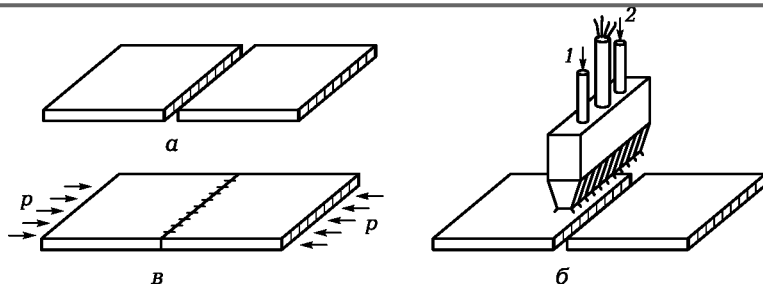


4.5-сурет. p_1 қысымда қыздырылған иілімді күйдегі металдан жасалған сояулар мен құбырларды газқысымды дәнекерлеу сатылары:
а — дәнекерлеуден бұрынғы сояулар (құбырлар); *б* — металдың иілімді күйіне дейін қыздырылған p_1 қысымда сояуларды (құбырларды) қыздыру; *в* — p_2 ; $p_2 > p_1$ қысымда сояулардың (құбырлардың) отыруы; 1, 2 — суытатын судың кіріс және шығыс нүктелері



4.6-сурет. Балқытылған иілімді күйдегі металдан жасалған сояулар мен құбырларды газқысымды дәнекерлеу сатысы:
а — дәнекерлеуден бұрынғы сояулар (құбырлар); *б* — араларында саңылау болған жағдайда сояуларды (құбырларды) қыздыру; *в* — p қысымда дайындама сояуларының (құбырларының) отыруы; 1, 2 — суытатын судың кіріс және шығыс нүктелері; 3 — сояулардың

Металдың иілімді күйіндегі дәнекерлеу екі тәсіл бойынша жүзеге асырылады. Бірінші тәсіл бойынша қысудың тұрақты қысымында жиектердің 0,8 ... 0,9 дейінгі балку температурасында оларды қыздыру



4.7-сурет. Балқытылған табақтарды газқысымды дәнекерлеу сатылары:
а — дәнекерлеуден бұрынғы табақтар; *б* — екі табақтың арасында саңылау болған жағдайда металдың иілімді күйіне дейін табақтарды қыздыру; *в* — p қысымда табақтарды дәнекерлеу; 1, 2 — суытатын судың кіріс және шығыс нүктелері

кезінде жүзеге асырылады (см. рис. 4.5), бұл қысым отырудың берілген шамасына қол жеткізген кезде немесе ауыспалы қысымда тоқтайды: бастапқыда бөлшектер азғана өстік күшпен қысылады, дәнекерлеудің берілген температурасына дейін қыздырылады; сонан соң, қысу қысымы максималды шамасына дейін көтеріледі де, бөлшектер отырудың берілген шамасына жеткен кезде дәнекерленеді.

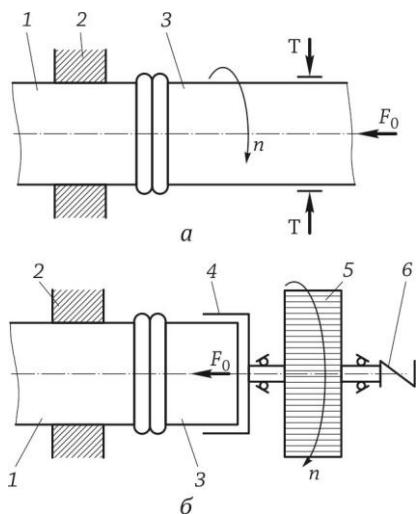
Дәнекерлеудің екінші тәсілі (балқыту арқылы) бөлшектердің бүйіржақтары арасындағы саңылауға бағытталған жалынның көмегімен бөлшектерді қыздыру арқылы жүзеге асырылады. Бүйіржақтар балқи бастаған кезде бөлшектерді қысылады да, дәнекерленеді, ал артылым түріндегі сұйық кож бөлшектердің түйіскен жерінен сыртқа ығыстырылып шығарылады (қараңыз: 4.6 және 4.7-сурет). Балқыту арқылы дәнекерлеу кезінде жалынның жоғары жылу қуаттылығы болуы қажет, бірақ, бұл тәсіл жиектердің алдын-ала өңделуі мен қиыстырылуын талап етпейді, ал, дәнекерлеу қосындысының сапасы болса, бірінші тәсілмен дәнекерлеу кезіндегіге қарағанда жоғарырақ болады.

Газқысымды дәнекерлеудің негізгі артықшылықтары оның жоғары өнімділігі, құнының төмендігі, үрдісті механикаландыру мүмкіндігі, дәнекерлеу технологиясы мен дәнекерлеу жабдықтарының салыстырмалы түрде қарапайымдылығы, күшті электр энергиясы көздеріне деген қажеттіліктің болмауы, дәнекерлеу қондырғыларының дербестігі, кез-келген пішіндегі сояулар мен құбырлардың түйісу нүктелерінің жоғары сапалылығы, белгілі бір сұрыпталым бөлшектерін дәнекерлеу жұмыстарын атқару үшін оператор-дәнекерлеушілерді айтарлықтай тез даярлау мүмкіндігі болып табылады.

Қазіргі таңда темір жол транспортының жылжымалы бөлшектерін жөндеу кезінде газқысымды дәнекерлеуді қолдануға басымдық беріледі. Шет елдерде бұл дәнекерлеу түрі сейсмикалық белсенді аудандарда ғимараттар тұрғызу кезінде кеңінен қолданылады. Алайда, үйкеліспен дәнекерлеу және түйіспелі дәнекерлеудің дамуы нәтижесінде газқысымды дәнекерлеу өзінің бұрынғы маңызын жоғалта бастады.

Үйкеліспен дәнекерлеу. Үйкеліспен дәнекерлеу дегеніміз — қысым кезінде түйісетін беттердің үйкелісі нәтижесінде бөлшектің беткі жұқа қабаты қызып, дәл сол уақытта қабыршақтардан, кірден және оксидтерден тазару үрдісі жүретін қысыммен дәнекерлеу тәсілі. Үйкеліспен дәнекерлеу сызбалары 4.8-суретте келтірілген.

Үйкеліспен дәнекерлеуге алғашқы патент 1891 жылы АҚШ-та берілген, алайда, ол кезде бұл тәсіл өндіріске ендірілмеген болатын. Бұл тәсілдің тәжірибе жүзінде қолданылуы КСРО-да 1956 жылы басталды — токарь А. И. Чудиков орыс конвекциялық үйкеліспен



4.8-сурет. Үйкеліспен дәнекерлеу сызбалары:

а — әдеттегі дәнекерлеу (орыс конвекциялық); *б* — инерциялық дәнекерлеу; 1 — қозғалмайтын бөлшек; 2 — қозғалмайтын бөлшектің бекіткіші; 3 — айналмалы бөлшек; 4 — қармау; 5 — сермер; 6 — ілінісу жалғастырғышы; T — тежегіш; F_0 — айналу кезіндегі қысу күші; n — бөлшектің айналу жиілігі

дәнекерлеу деген атауға ие болған үрдістің қарапайым сызбасын ұсынған болатын (4.8 а-сурет). Бұл тәсілдің мәні мынада: екі бөлшек өзара өстес орналастырылады: олардың бірі дәнекерлеу машинасының бекіткіштері арқылы қимылдамайтындай етіп бекітіледі, ал, екіншісі айналдырылады да, P_a күшімен қимылдамайтын бөлшекке жапсырылады. Бөлшектердің жанасу аумағында үйкеліс күші пайда болады. Үйкеліс үрдісі барысында қызу нәтижесінде иілімді болған металл түйіскен жерден радиал бағытта артылым түрінде ығыстырылып шығарылады. Кенеттен тежеу кезінде және айналма күшін сақтау отырып, айнаруды тоқтатқан кезде қызу тоқтайды.

1962 жылы В 1962 г. «Катерпиллер Трактор и К°» американ компаниясы инерциялық үйкеліспен дәнекерлеу тәсілін патенттеген болатын (4.8 б-сурет). Бұл тәсілдің мәні келесіде:

дәнекерлеу машинасының сермері кішігірім электр қозғалтқышының көмегімен іске қосылады да қажетті жылдамдыққа жеткізгенге дейін қарқынды жұмыс істейді, қозғалтқыш ілінісу жалғастырғышы арқылы ажыратылады, ал сермер қармау арқылы жылжымалы бөлшекпен байланыстырылады да, қозғалмайтын бөлшекке F_0 күшімен жапсырылады. Бөлшектер арасындағы үйкеліс күші сермерді тежеп, тоқтатады. Сермердің аз уақытқа тежелуі кезінде бөлшектер дәнекерленеді.

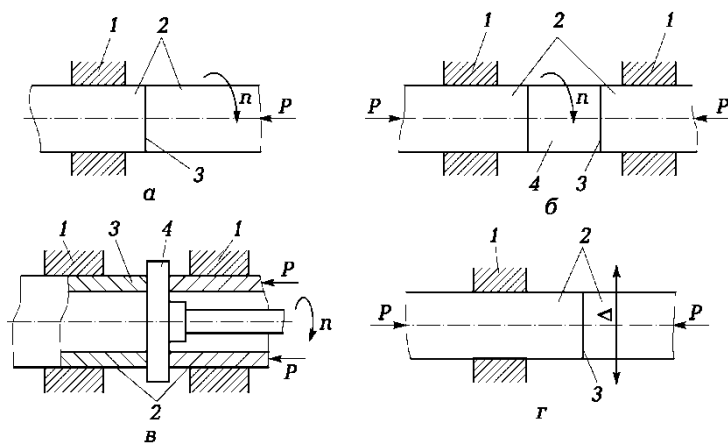
Кейінірек басқа тәсілдер ойлап шығарылып, өндіріске енгізіле бастады: айналдыру мүмкін болмайтын көлемді немесе ұзын бөлшектерді жалғауға мүмкіндік беретін айналмалы ендірімелер арқылы екі бөлшекті үйкеліспен дәнекерлеу, пластмассадан жасалған бөлшектерді дірілдете дәнекерлеу; дәнекерленетін беттің толығымен қыздырылуын қамтамасыз ететін, дәнекерлеу жұмысының басында бөлшектердің айналу осі бір-біріне қатысты жылжып кеткен орбиталық үйкеліспен дәнекерлеу.

Механикалық энергияның бір бөлігінің жылу энергиясына алмасуы

үйкеліс үрдісімен қатар жүреді. Екі металл бөлшектің өзара құрғақ үйкелісі кезінде үйкеліп жатқан байланыстағы температура бөлшектердің салыстырмалы жылжу жылдамдығына және байланыс туындайтын қысымға пропорционал түрде арта түседі. Техникадағы үйкеліс кезінде жылудың бөлінуі зиянды құбылыс ретінде қарастырылады және онымен кей жағдайларды есептемегенде, күрес жүруде. Үйкеліспен дәнекерлеу үйкеліс кезінде бөлінетін жылуды пайдалы жағына қолданудың үлгісі болып табылады.

Үйкеліспен дәнекерлеудің кез-келген сызбасында дәнекерленетін бөлшектердің бірінің жылжуының механикалық энергиясы (4.9-сурет) әрдайым жылу энергиясына өзгереді: жылу бір бөлшектің екінші (қозғалмайтын) бөлшекке қатысты айналуы кезінде, бөлшектер арасындағы ендірменің (соның ішінде, қуыс ендірменің) айналуы, түйісу жазықтығындағы бөлшектердің бірінің қайтымды-ілгерілемелі қозғалысы (дыбыс жиілігіне жақын жиіліктегі біршама аз Δ амплитудасымен) кезінде бөлінуі мүмкін. Мұнда бөлшектер тұрақты немесе артушы p қысымында бір-біріне жабысады. Жылу дәнекерлеу аумағында – тікелей алдағы жанасу орнында шоғырланады. Дәнекерлеу отырғызу және айналуы тез тоқтату арқылы аяқталады.

Дәнекерленетін бөлшектердің айналу жиілігін арттыра келе, түйісу аумағында қысатын қысым болған жағдайда, жанасатын беттердің сүртілуі мен олардың бетінде дәнекерлеуге дейін болған май үлдірлерінің жойылуы орын алады. Шекаралық үйкеліс құрғақ үйкелістен кем түседі. Жеке-дара



4.9-сурет. Бір бөлшектің екінші бөлшекке қатысты айналуы (а), бүтін (б) және қуыс (в) бөлшектер арасындағы ендірмелердің айналуы, түйісу жазықтығындағы бөлшектердің бірінің қайтымды-ілгерілемелі қозғалысы (г) есебінен механикалық энергияның жылу энергиясына өзгеруі түріндегі үйкеліспен дәнекерлеу сызбалары:

1 — жылжымайтын бөлшектің бекіткіші; 2 — дәнекерленетін бөлшектер; 3 — дәнекерлеу аумағы; 4 — бөлшектердің арасындағы ендірме; Δ — түйісу жазықтығындағы бөлшектердің қайтымды-ілгерілемелі қозғалысы амплитудасы; n — бөлшектің немесе ендірменің айналу жиілігі

микротөмпешіктер жанасады да, пішінін өзгертіп, беттік атомдардың қанықпаған байланысы байқалатын телімдерді түзеді, аталған беттік атомдардың арасында металл байланысы лезде қалыптасып, беттердің салыстырмалы қозғалысы салдарынан бірден жойылып кетеді.

Бұл үрдіс үздіксіз жүзеге асып отырады және жанасудың нақты ауданының кеңеюімен және түйіскен жердегі температураның жылдам артуымен қатар жүріп отырады. Температура артқан сайын металдың пішінін өзгертуге қарсы тұру қабілеті төмендейді де, бүкіл жанасу бетінде үйкеліс таралады. Түйісу аумағында майлау материалының рөлін атқаратын пластиналанған металдың жұқа қабаты пайда болады. Құрғақтай үйкелу шекаралық үйкелу болып табылады. Қысу күшінің әсерінен түйіскен жерден металды ығыстыру орын алады да, дәнекерленетін беттер жақындасады (отырады). Жанасу беттері дәнекерлеу қосындысының түзілуіне дайын болып шығады; түйісу аумағындағы металдың жоғары температуралы пішін өзгертуге қарсы тұру қабілеті төмен болады, оксид үлдірлері жіңішкереді, жарым-жартылай жойылып, артылымға шығарылады, жалғанатын беттердің белсенділігі артады. Тежегеннен кейін, айналу жиілігі нөлге жақындаған кезде, жылудың қайтымы салдарынан түйіскен жердегі металл температурасының біршама төмендегені байқалады. Отыру бүкіл бетте металдық байланыстың пайда болуымен қатар орын алады.

Дәнекерлеудің (шындаудың) соңғы сатысында (бұрынғы деңгейде қалуы немесе одан да артуы мүмкін болатын) өстік қысу күшінің және температураның ықпалымен дәнекерлеу қосындысының сапасына арттыруға септігін тигізетін ауқымды әрекеттестік үрдістері дамиды.

Қосындыны қалыптастыру кезінде дәнекерлеу үрдісінде жылудың бөлінуі үлкен маңызға ие. Жылудың бөліну қуаттылығы N төмендегі тәуелділік арқылы анықталады:

$$N = 2\pi n M, \quad (4.2)$$

мұндағы n — бөлшектердің айналу жиілігі, с^{-1} ; M — үйкеліс күшінің сәті, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Дөңгелек сояуларды дәнекерлеу барысында үйкеліс күшінің сәтін дәнекерлеу түзімі параметрлерінің мәндеріне қарай келесі формула бойынша шамалап анықтауға болады:

$$M = (2 \cdot 10^6 / 3) P_n S R f, \quad (4.3)$$

мұндағы P_n — меншікті қысым, МПа; S — дайындаманың қима ауданы (үйкеліс беті), м^2 ; R — дәнекерленетін дайындаманың радиусы, м; f — 0,1 ... 1 шегінде өзгеріп отыратын үйкеліс коэффициенті.

Жылудың бөлінуінің толық қуаттылығын N былай бағалауға болады:

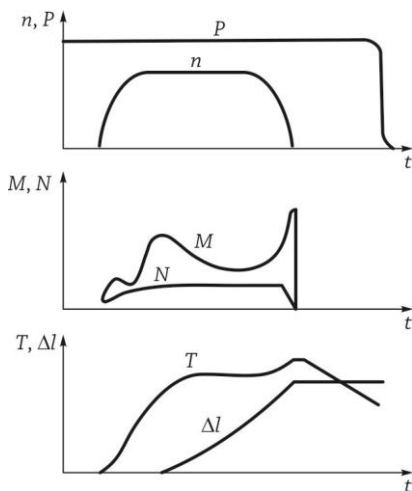
$$N = (2 \cdot 10^6 / 3) P_n v S f, \quad (4.4)$$

мұндағы v — шеткі телімдегі сызықтық жылдамдық, м/с. Дәнекерлеу үрдісіндегі үйкеліспен өстік күштің P , айналу жиілігінің n , үйкеліс күші сәтінің M , тұтынатын қуаттың N , температура T мен тұнбаның Δl өзгеріс сипаты циклограммада көрсетілген (4.10-сурет).

Үйкеліспен дәнекерлеу дәнекерлеуге жіберілетін бір бөлшек денесінің айналу өсі (сояу, құбыр) айналу өсімен сәйкес келетін, ал басқа бөлшегі — жалпақ (пластина немесе бет) болып келетін жағдайларда ғана жақсы нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Үйкеліспен дәнекерлеуге мынадай байланыстардың түрлері орындалады: сояу қыспағы, құбыр қыспағы, құбыры бар сояудың қыспағы, жалпақ бөлшегі бар құбырдың немесе сояудың Т-тәріздес байланысы.

Үйкеліспен дәнекерлеуді қолданудың мүмкіндіктері түйіндесу жерлерінде дәнекерленуші бөлшектердің қималану нысаны және өлшемімен шектеледі. Осылайша, диаметрі 200 мм асатын сояуларды үйкеліспен дәнекерлеу жөнсіз болып саналады, себебі осы үрдісті жүзеге асыру үшін айналу жиілігі 2 с^{-1} және өстік күші $3 \cdot 10^6 \text{ Н}$ астам кезінде 500 кВт қуаты кем емес дәнекерлеуші машиналар қажет болатын еді. Мұндай машинаны құрастыру мен пайдалану үйкеліспен дәнекерлеуді қолданудан түсетін табыстармен жұмсалатын шығындардың орны толтырылмайды. Сүмбінің айналу жиілігі 200 с^{-1} кем емес және оның шапшаң тежеуішті күрделі қондырғысы бар дәнекерлеуші қондырғыны қажет ететін, диаметрі 3,5 мм аз сояуларды да дәнекерлеу (тіптен зертханалық жағдайларда да) мүмкін емес.

Үйкеліспен дәнекерлеуді тәжірибелік қолданудың есептеулері мен сынақтары дәнекерлеу үрдісінде диаметрі 6...100 болатын бөлшектерді қолданған жөн болатындығын көрсетеді. Үйкеліспен дәнекерлеуді тиімді қолдану әсіресе құрамдастық дәнекерлеу-қақтау, дәнекерлеу-қю немесе дәнекерлеу-қалыптау бөлшектері өндірісінде кесуші құралдарды жасап шығару саласында кездеседі. Күрделі дәнекерленетін немесе әртүрлі материалдардан (мысалы, болат пен алюминийден, аустенитті және перлитті болаттардан) бөлшектерді



4.10-сурет. Үйкеліспен дәнекерлеу үрдісінің циклограммасы

басқа да әдістермен дәнекерлеу мүмкін болмайтын қосындылар жағдайында үйкеліспен дәнекерлеу таптырмайтын әдіс болып табылады. Пластмассалық бөлшектердің қосындылары үшін де үйкеліспен дәнекерлеу тиімді түрде қолданылады.

Үйкеліспен дәнекерлеу жоғары өнімділікті (бір сағатта 600 дәнекерлеуге дейін), қосындылардың жоғары және тұрақты сапасын, біркелкі және әркелкі материалдарды дәнекерлеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, қуат аз тұтынады (түйіспелі дәнекерлеуге қарағанда азырақ), жоғары ПӘК ие (85 % дейін), механизациялау мен автоматтандыруға жеңіл беріледі. Бұл экологиялық таза үрдіс және оның барысында улы газдар бөлінбейді және қауіпті сәулелену жоқ.

Үйкеліспен дәнекерлеу түзімнің негізгі параметрлеріне қыздыру мен соғу кезіндегі меншікті қысым, қыздыру мен соғу уақыты, бөлшектің немесе салманың айналу жиілігі, қыздыру кезіндегі тұнбаның мөлшері мен жалпы тұнбаның мөлшері жатады. Бөлшектердің бір торабын қарапайым дәнекерлеуге 2...22 с және инерционды дәнекерлеуге 0,5...5 с жұмсалады.

Бөлшектің немесе салманың айналу жиілігі дәнекерлеуші бөлшекке салынған қуаттың жалпы мөлшерін, жылу өндіруші қабаттың қалыңдығын, дәнекерленуші бөлшектердегі температуралық аймақты, сонымен бірге түйіспелі беттердің пішінінің бұзылуылық сипатын анықтайды. Аз айналу жиілігінің диапазонында металл бөлшектерінің тереңдетілген жұлмасы болса, үлкен айналу жиіліктерінде металдың беткі жұқа қабаттарының ғана тозғандығы байқалады (тегістеу әсері). Төменгі айналу жиіліктерінде жұмсалуды қуат артады, ал үрдістің өнімділігі төмендейді. Айнарудың жоғары жиіліктері дәнекерлеуші машина желілерін күрделі эксплуатациялау жағдайларын көрсетеді. Айнарудың оңтайлы жиілігін таңдау үшін кейбір тәжірибелік тәуелділіктер қолданылады (мұндағы n — бөлшектің немесе салманың айналу жиілігі, c^{-1} ; d_s — дәнекерлеу орнындағы дайындаманың диаметрі, мм):

- Қара металдан жасалған бөлшектер үшін $nd_s = (0,3 \dots 0,6) \cdot 10^3 \text{ мм/с}$;
- Түсті металдардан (алюминий, мыс) жасалған бұйымдар үшін $nd_s = (0,6 \dots 0,75) \cdot 10^3 \text{ мм/с}$;
- Титаннан жасалған бұйымдар үшін $nd_s = (8 \dots 10) \cdot 10^3 \text{ мм/с}$.

Меншікті қысым қыздыру үрдісі мен соғу үрдісінде де аса маңызды рөлге ие (түйіспелі беттердің максималды жақындасуында). Айнаруды тоқтатқандағы (жылу бөлінісі) меншікті қысымды ұлғайтушы соғу үрдісін қолдану дәнекерлік қосындының механикалық сипаттамаларын ғана жақсартып қоймайды, оған қоса қыздыру үрдісін біршама төмендетілген қысымдарда жүргізуге және соның салдарынан

қуаттылығы төмен қондырғыларды қолдануға мүмкіндік береді. Әдетте соғу қысымы p_{np} мен қыздыру қысымы p_n $p_{np} = (2 \dots 3)p_n$ тәуелділігімен байланысты.

Қыздыру кезіндегі бөлшектердің шөгү мөлшері мен жалпы кездегі қыздырудың ұзақтылығы өзара байланысты және дәнекерлеу үрдісін осы көрсеткіштердің қайсы бірімен де реттеуге болады.

4.1-кестеде кең таралған материалдардан үйкеліспен дәнекерлеу түзімінің параметрлері келтірілген. Көптеген жағдайларда дұрыс орындалған қосынды негізгі металдың қасиеттеріне ұқсас механикалық қасиеттерге ие болады. Өзгеріссіз түзімде дәнекерленген бір партиялы бөлшектердегі қосындылардың беріктік және пластикалық сипаттамаларының ауытқуы әдетте 5 ... 10 % аспайды.

Қосындылардың сапасы бөлшек беттерін дайындауға байланысты. Қосылушы беттер өзара параллель болуы қажет, олардың бетінен оксидтер, майлы қабаттар мен қаптамалар жойылғаны дұрыс (механикалық өңдеу әдісімен). Дәнекерлеу кезінде түзілетін артылымды жою қажет, себебі ол кернеудің концентраторы болғандықтан дәнекерленуші қосындының тозушы беріктігін төмендетеді.

Артылым әдетте бірден дәнекерлеуші машинада кесіледі, бірақ оны балқыту жолымен де жоюға болады (мысалы, электр доғасымен).

Үйкеліспен дәнекерлеу диаметрі 8...100 мм болатын жалпақ қималардың, 10...200 мм тең құбыр тәрізді қималардың бөлшектерін жалғау үшін қолданылады. Үйкеліс арқылы автокөліктер мен

4.1.-кесте Үйкеліспен дәнекерлеу түзімдері

Материалдың маркасы	Бөлшектің диаметрі, мм	Айналу жиілігі, с ⁻¹	Қыздыру кезіндегі қысым, МПа	Соғу кезіндегі қысым, МПа	Қыздыру кезіндегі бөлшектің шөгугі, мм	Қыздырудың ұзақтылығы, с
Ст3	20	25,0	50	50	5,0	5,0
Ст3	40	16,6	100	100	12,0	20,0
20	20	16,6	50	100	3,5	6,5
15Г	20	25,0	50	100	5,5	6,0
60С2А	20	25,0	50	100	6,0	10,0
25Г2С	22	25,0	45	45	4,0	10,0
20ХНМА	20	16,6	100	220	7,5	7,0
2Х13	20	16,6	100	200	5,5	6,0
Х18Н9Т	18	16,6	70	170	5,0	8,0
1216Н25М6	20	16,6	110	220	5,0	15,0
Д16	40	15,3	35	150	20,0	30,0
Техникалық мыс	8	23,5	25	150	—	150,0

тракторлардың, атомдық және химиялық, текстильдік, тағам, тау-кен өндірістеріне арналған қондырғылар мен жабдықтардың, көтермелі транспорттық қондырғылардың, металл өңдеуші және өлшеуші құралдардың бөлшектері мен тораптарын дәнекерлейді.

Үйкеліспен дәнекерлеу машиналарында сүмбесі бар алдыңғы қысқыш және айналушы бөлшекке арналған қысқыш, айналмайтын бөлшек үшін қысқышы бар артқы қысқыш, өстік күш пен сүмбенің айналу желілері, сүмбенің немесе электрқозғалтқышының тежеуші жүйесі және дәнекерлеу үрдісін басқару жүйесі бар. Инерциондық дәнекерлеу машиналарында бұдан басқа сермер бар. Кейбір машиналар артылымды алу қондырғысымен жабдықталған.

Әлемдегі ең алғашқы үйкеліспен дәнекерлеу машинасы 1958 жылы КСРО пайда болған (МСТ-1). Сол уақыттан бері үйкеліспен дәнекерлеу арналған жабдықтар үздіксіз дамуда. Қазіргі таңда сүмбенің өсі көлденең орналасқан жартылай автоматтан үлкен рөлге ие. Оларға қуаттылығы 40 ... 160 кВ • А, сығу күшін 100 ... 450 кН және сүмбенің айналу жиілігін 5 ... 18 с⁻¹ қамтамасыз етуші МФ-327, МСТ-20 және СТ-107 секілді екінші буынды отандық машиналар жатады. Шет елдерде үйкеліспен дәнекерлеуге арналған жабдықтарды Caterpillar(АҚШ), KUKA(Германия), Toyota(Жапония) мекемелері жасап шығарады.

Оңтайлы түзімдерде үйкеліспен дәнекерлеу кезінде қосындыларда, әдетте, кеукетер, қабыршақтар, металл емес қосылыстар секілді макро ақаулар кездеспейді. Үйкеліспен дәнекерлеу ақауларына өстік сәйкессіздік пен қисықтық, ішкі және сыртқы сақиналы шала пісірілімдер, жарықтар, нашар беріктік мен иілімділік жатады. Өстік сәйкессіздік пен қисықтық қысқышты қондырғылардың тозуы мен нашар орталықтандырылуынан, станоктың жеткіліксіз қаттылығы мен үлкен орнатылымдық ұзындығынан туындайды. Ішкі сақиналы шала пісірілім беткі қабаттың ластануы мен жылулық түзімнің бұзылуынан туындаса, сыртқы – үлкен бастапқы қысымдардан, айналу жылдамдығының төмендігінен және металдың әртүрлі иілімдіктерінен. Жарықтар қыздырылушы беттерді шапшаң суыты немесе тотықтыру кезінде пайда болады. Нашар беріктік пен иілімділік түйісуші металдың қатты қыздырылуы мен онда оксидтердің болуы салдарынан орын алуы мүмкін.

Қосындының сапасын бағалауда бақылаудың бұзылымдық және бұзбайтын әдістері қолданылады. Бұзушы бақылау әдістеріне механикалық сынақтар, технологиялық сынамалар, металлографиялық зерттеулер мен коррозиялық сынақтар жатады; бұзбайтын әдістерге – түйіспедегі ақауларды анықтауға арналған ультрадыбыстық дефектоскопия әдісі, түйіспелердің өлшемдері мен

олардың дәнекерленуші бөлшектердің қималарында таралуын анықтау. Көптеген жағдайларда дәнекерленген қосындылардың жоғары сапасы дәнекерлеу түзімінің параметрлерін бақылаумен қамтамасыз етіледі: қыздырудың ұзақтылығы, шөгіндінің күші мен мөлшері және кейде – температура.

Үйкеліспен дәнекерлеу әдістерінің ішінде инерциялық, орбиталдық дәнекерлеу мен пісіру бар.

Инерциондық дәнекерлеу — механикалық энергия дәнекерлер арасында айналушы сермерлерде жинақталатын, ал алдыңғы және кейінгі бөлшектерді дәнекерлеу үрдісінде жылуға айналатын үрдіс. Инерциондық дәнекерлеу желімен электромагниттік жалғастырғыш арқылы байланысқан бір немесе бірнеше сермерлердің екпінінен басталады. Энергияның белгілі бір бұрыштық жылдамдыққа дейін бұратылған сермерде жинақталғанда жалғастырғыш өшіріледі, бөлшектер сығылады және қарқынды жылу бөліну басталады.

Жинақталған кинетикалық энергияны жылулық айналдыру үрдісінде сермердің жылдамдығы нөлге түседі. Қысым дәнекерлеудің барлық циклы барысында тұрақты болып қала беруі немесе артуы (берілген мәнге дейін немесе оны толық тоқтатылуында сермердің бұрыштық жылдамдығының төмендеуі кезінде) мүмкін.

Инерциондық дәнекерлеу кезіндегі энергия шығыны едәуір төмен, бірақ меншікті қуаты ($23 \dots 174 \text{ Вт/мм}^2$) әдеттегі үйкеліспен дәнекерлеуге ($12 \dots 47 \text{ Вт/мм}^2$) қарағанда әлдеқайда жоғары. Айналу жиілігі $25 \dots 85 \text{ с}^{-1}$ шамасында өзгереді, тежеуге дейінгі қысым $20 \dots 100 \text{ МПа}$ құраса, тоқтатылу барысында ол $0,2 \dots 0,5$ -тен кейде 250 МПа дейін көтеріледі.

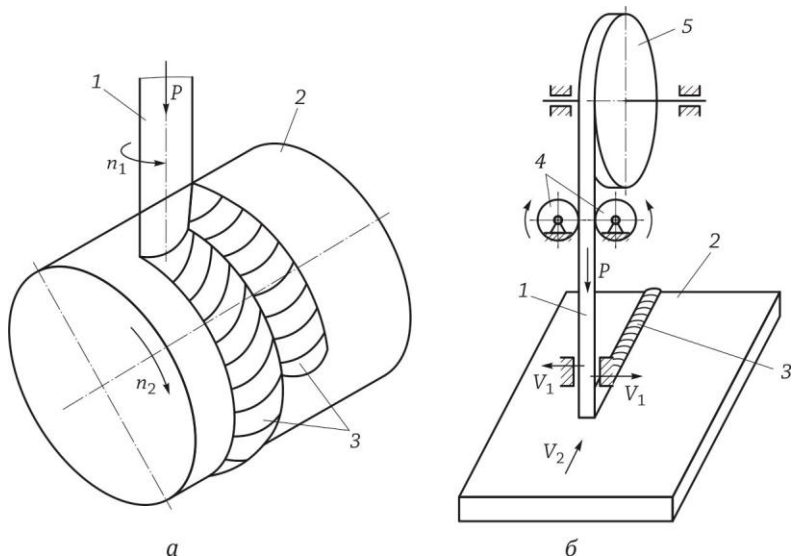
Орбиталдық дәнекерлеу шеңбер емес қималардың бөлшектерін, сонымен бірге алдын-ала өзара бағдарланған бөлшектерді жалғауға мүмкіндік береді. Екі дәнекерлеуші бөлшектер дәнекерлеу кезінде бірдей және фазалық үйлесіммен айналады, ал олардың арасындағы үйкеліс өзара параллель күйінде болатын айналу өстерінің өзара ығысуы нәтижесінде туындайды. Дайындамалардың өстері бір-біріне қатысты салыстырмалы қозғалысты қамтамасыз ететін орбиталдық радиустың өлшеміне қарай ығысады. Бөлшектерді орбиталдық дәнекерлеу кезінде, мысалы, қимасы 650 мм^2 болғанда орбиталдық радиус 3 мм тең. Дәнекерлеу кезіндегі топсалардың ығысуын арттырғанда түйіспелі беттердің шалғайдағы аймақтардың периодты жалаңаштануы орын алады, бұл өз кезегінде олардың тотығуына әкеп соғады. Орбиталдық дәнекерлеудің негізгі параметрлерін таңдау үйкеліспен дәнекерлеудің параметрлерін таңдауға ұқсас келеді.

Пісіру тозған бөлшектерді қайта қалпына келтіру үшін қолданылады. Балқытуға қарағанда пісіру кезінде металдың балқуы

жүрмейді. Пісіру айналу немесе дірілді қолдану арқылы жүзеге асады (4.11-сурет).

Айналууды қолдану арқылы пісіру кезінде шыбықша түрінде орныққан металл жоғары жиілікпен ω_1 айналады және оның күші P бар топсасы білекшенің түзілуі барысында ω_2 жиілікпен айналатын бөлшекке қарай ығысады. Үлкен ұзындықта бөлшектерді пісіру кезінде бұрандалық сызыққа төселетін білекшелерді шеттерімен жабылуы орын алатындай етіп өстік бағытта қозғалтады. Пісірілген қабаттарда беріктігі мен қаттылығы бойынша қанағаттанарлық көрсеткіштерге ие, ал электрқуатына кететін шығындар электрлік доғаны пайдаланғандағыға қарағанда әлдеқайда төмен.

Аталмыш әдістің айтарлықтай кемшіліктері де бар: айналмалы қозғалыс пісіру үшін ұзын шыбықшаларда қолдануға мүмкіндік бермейді; айналушы сүмбе арқылы пісіру орнына шыбықшаны үздіксіз беруде қамтамасыз ету қиындықтар туғызады, ал шыбықшаның қаттылығын сақтау қажеттілігіне байланысты оның сүмбеден босатылып шығуы аса үлкен болмағаны жөн.



4.11-сурет. Орныққан металды айналдыру (а) және вибрациялауды (б) қолданудағы пісіру үрдісінің сызбасы:

1 — орныққан металл (шыбықша немесе сым); 2 — пісірілуші бөлшек; 3 — пісірілген білекше; 4 — беруші роликтер; 5 — орныққан сым бар катушка; V_1 — орныққан сымның тербеліс жылдамдығы; V_2 — балкытылушы бөлшектің қозғалыс жылдамдығы; ω_1 — шыбықшаның айналу жиілігі; ω_2 — бөлшектің айналу жиілігі.

Сондықтан үрдісті аралық үзілістермен орындаған дұрыс. Аталған кемшіліктер пісіру үрдісін автоматтандыру мүмкіндігін шектейді.

Көрсетілген кемшіліктерден құтылуға мүмкіндік беретін дірілді қолдану арқылы пісірудің келешегі зор. Бұл әдістің негізінде шыбықша түріндегі орныққан металл роликтер арқылы айлақтан пісіру орнына берілуі жатыр. Орныққан сымның артқы бөлігі күшпен P пісірілуші бөлшекке қарай жабысады және дірілдейді. Сымның тек артқы бөлігінің ғана, барлық массаның емес, діріл үрдісті жеңіл автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Үйкеліспен дәнекерлеу қазіргі кезде өндірістің көптеген салаларындағы мекемелерінде қолданылады: автокөліктер, тракторлар, мопедтерге арналған тораптарды жасап шығаруда (аралық біліктер, берілістер қорабы, артқы көпіршелердің қартерлері, қардан білігі, меңгерікпен басқару, реактивті штангалардың білігі, түпкі тегершігі бар біліктер, шынжыр табанды тракторлардың роликтері); ауыл шаруашылық машиналары мен тағам өнеркәсібіне арналған машиналардың бөлшектерін жасауда (бидай комбайндарының өстері мен иінтіректері, гидравликалық жүйенің, бөлгіштердің және сүтті сепараторлар түптерінің цилиндрлері, жер қазушы шынжыр табанды машиналардың желілік біліктері); тісті берілістердің бөлшектері мен жалғастырғыштарын, доңғалақтары мен біліктерін жасауда (жалғастырғыштардың, тісті цилиндрлік доңғалақтардың корпустары мен төлкелері, бұрамдықты доңғалақтардың біліктері); қозғалтқыштардың, газдың турбиналардың, сорғылардың және компрессорлардың тораптарын жасауда (іштен жану қозғалтқышының клапандары, реактивті қозғалтқыштардың шүмектері, турбиналардың роторлары, жұдырықшалы шайбалар); көтермелі-транспорттық және бұрғы машиналарының бөлшектерін жасауда (гидравликалық піспекті сояуыштары, сояуыштары бар піспектер, транспортерлер катоктарының өстері); әртүрлі қолданыстағы құралдары жасап шығаруда.

Араластыра үйкеліспен дәнекерлеу. Араластыра үйкеліспен дәнекерлеу (АҮД) әдісін 1991 жылы Британ дәнекерлеу институты (TWI) даярлаған болатын. Технологияны жетілдіру және жаңа құрал-жабдықтарды жасау мақсатымен осы үдерісті қызу зерттеу оны вагон, кеме, әуе құрылымы секілді жоғары технологиялық және тағы басқа да салаларда тиімді пайдалануға мүмкіндік берді. Материалдарды қатты фазада қосу үдерісіне жататын араластыра үйкеліспен дәнекерлеу, металды балқытып дәнекерлеу үдерістеріне тән кемшіліктерден мүлдем ада. АҮД әдісімен дәнекерлеу қосындыларының жалпы көлемінің 10 %-ын АҚШ-та орындаса, онда парниктік газдың бөлінуі едәуір төмендейді деп есептеледі. АҚШ-та АҮД-ні өндіріске ендірудің

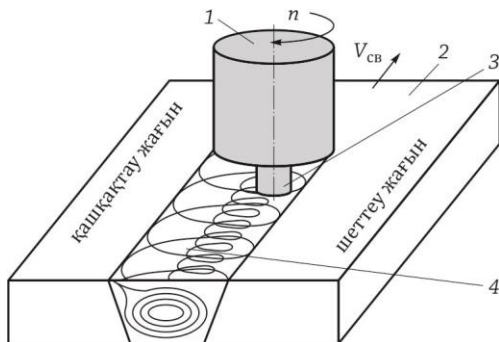
есепті экономикалық нәтижелілігі жылына 4,9 млрд долларды құрайды.

АҮД схемасы 4.12-суретте берілген. Дәнекерлеу үшін сояу пішініндегі құрал пайдаланылады, ол негізгі екі конструктивті элементтерден тұрады: иыққа артатын немесе томпақ (қалың жағы) және ұшы (шығыңқы жағы). Осы конструктивті элементтердің өлшемдері қалыңдығы және дәнекерленетін детальдердің материалына қарай таңдалынады. Ұшының ұзындығы дәнекерлеуге жататын детальдің қалыңдығына шамамен алғанда тең болуы қажет. Иыққа артатынның диаметрі 1.2 ... 25 мм аралығында өзгеруі мүмкін.

Түйіскен жердің орнында жоғары жылдамдықпен айналатын құрал детальдің бетіне былайша жанасады, оның ұшы детальдің тереңдігіне оның қалыңдығына тең шамамен енуі керек, ал иыққа артатыны оның бетіне тиюі қажет. Бұдан кейін құрал дәнекерлеу жылдамдығымен біргелікте қосылу сызығы бойынша қозғалады. Үйкеліс нәтижесінде металл пластикалық жағдайға дейін толықтай қызады, айналып жатқан құралмен бірге араласады және түйіскен жердің сызығы бойымен соңынан қозғалып келе жатқан құралдың босаған кеңістігіне қарай жылыстап шығарылады. Жік қалыптасатын көлем жоғары жағынан құралдың иыққа артатынымен шектеледі. Дәнекерлеу аяқталған соң айналатын

құрал түйіскен жерден детальдің сыртына шығарылады. Жіктердің асимметриялық құрылымына байланысты АҮД арқылы алынған дәнекерлеу қосындыларының көлденең кесінділерінде қашқақтау жағын (құралдың айналу бағыты дәнекерлеудің бағытымен сәйкес келгенде) және оған қарама-қарсы шеттеу жағын айыра білу қабылданған.

Араластыра үйкеліспен дәнекерлеу негізінен алғанда төменгі



4.12-сурет. Араластыра үйкеліспен дәнекерлеу:

1 — құралдың иыққа артатыны; 2 — дәнекерленетін деталь; 3 — құралдың ұшы (сояу); 4 — дәнекерленетін жік; n — құралдың айналу жиілігі; V_m — дәнекерлеу бағыты

температурасында балқытын материалдарды, ең алдымен алюминий және магний балқымаларын қосу үшін қолданылады. Аталған әдіспен мыс, никель, титан балқымалары мен құрыштан жасалған детальдерді дәнекерлеу ойдағыдай орындалған. АҰД көмегімен бір өтпелі жұмыспен қалыңдығы 75 мм-ге дейінгі алюминий детальдері дәнекерленеді, қалыңдығы 0,2 мм-ден бастап, алюминий табақтарын айқыш-ұйқыш түрінде қосу орындалады. Қалыңдығы 5 мм балқымалы 6082 детальдерді дәнекерлеу жылдамдығы 6 м/минутіне жетуі мүмкін.

АҰД түзімінің негізгі параметрлері дәнекерлеу жылдамдығы, құралдың айналу жиілігі, басу қажырлылығы және құралдың қозғалысы, құралдың иілу бұрыштары, құралдың өлшемі болып табылады.

Басу қажырлылығы және құралдың қозғалысы дәнекерленетін материалға, оның қалыңдығына және дәнекерлеу жылдамдығына байланысты болады. АМг6 алюминий балқымасының қалыңдығы 6,35 мм үлгісіндегі дәнекерлеу дәнекерлеудің жылдамдығын 59 ... 159 мм/мин диапазонында және құралдың айналу жиілігін 180 ... 660 мин өзгерткенде, айналу жиілігін көбейткенде металға жылу салу артатындығын және дәнекерлеу қосындысында мейілінше біртекті дәнді микроқұрылымның қалыптасатындығын көрсетті. Осы орайда белгілі бір аралыққа дейін, сондай-ақ беріктігі және пластикалық қасиеттері де артады. Дәнекерлеу жігінің қалыптастырудың оңтайлы жағдайларына қол жеткізу үшін және онда ақаулардың жоқ болуы үшін дәнекерлеудің жылдамдығын арттыруда құралдың айналу жиілігін көбейту қажет. Ақаулардың толықтай жоқ болуы, барша қажетті қасиеттер, сенімділік пен технологиялық нақты өнім үшін оңтайлы түзімді дұрыс таңдаумен қамтамасыз етіледі.

Басқа әдістермен салыстырғанда біртұтас қосындыларды алуда ҰАД бірқатар артықшылықтарға ие:

- балқыту арқылы дәнекерлеу әдісімен салыстырғанда дәнекерлеу аймағындағы негізгі металл қасиеттерінің едәуір мөлшерде сақталуы;
- дәнекерлеу үдерісінде зиянды буланудың және ультракүлгін түспен сәулеленудің жоқтығы;
- балқыту арқылы дәнекерлеу кезінде «күйген шытынаулардың» және металл жігіндегі саңылаулардың пайда болуына бейім балқымалар детальдерінде ақауы жоқ жіктерді алудың мүмкіндігі;
- дәнекерлеу алдында жиектердегі бетін жапқан оксидтерді, сондай-ақ дәнекерлеуден кейінгі қалдықтар мен шашырандыларды жоюда қосымша материал мен қорғаныс

газын қолдануда қажеттіліктің жоқтығы;

- металл жігіндегі қоспалы элементтерді жоғалтудың жоққа тән болуы.

АҮД кезінде балкудың мейілінше жоғары температурасы шамамен алғанда 70 %-ды, ал алюминий үшін 550 °С-ны құрайды. АҮД кезінде аргонды-доғалы дәнекерлеуге және 1420 балқыма үшін қалыңдығы 4 мм детальге қарағанда жылуды ендіру екі есеге аз, бұл тиісінше (дәнекерлеу жылдамдығы 500мм/минут кезінде) 190 және 390Дж/мм-ні құрайды.

АҮД кезінде жылу үдерістерін математикалық модельдеу көмегімен дәнекерленетін детальде температураны бөлу кестесі жасалды. АҮД кезінде металл аймағын қосу температурасы Балқыған электродпен дәнекерлегенге (БЭД) қарағанда анағұрлым төмен болуы дәнекерлеу қосындыларындағы бұрыштамалық өзгерістердің аз деңгейлігін ұғындырады. АҮД кезінде бұрыштамалық өзгеріс БЭД кезіндегі 1/5 – 1/7 бұрыштамалық өзгерістер мәніне тең.

АҮД кезінде металдың қызу температурасының деңгейі жоғары болмағандықтан металдағы кернеуінің қалдығы жеткілікті түрде төмен болады.

Бөлшектерді қатты бекіткенде жалпақ тіліктердің өзгеруіне үлкен шектеулер қойылады, бұл металдың динамикалық қайта кристаллизациялану аумағының және термиялық эсер аумағының (ТЭА) ұзындық және көлденең бағыттарында салқындауында металдың қысқаруына бөгет жасайды, бұл ұзындықтық және көлденеңдік кернеулерге әкеледі. Араластыру арқылы үйкеліспен дәнекерлеуде (АҮД) АМг6 және 6013 қоспаларынан жасалған бөлшектерде ұзындықтағы қалдықтық кернеу көлденеңдегіге қарағанда жоғары (дәнекерлеу жылдамдығы 300 – 1 000 мм/мин құрады, құралдың айналу жиілігі – 1 000 – 2 500 мин⁻¹). Жоғарғы созушы кернеулер негізінен металдың термиялық эсер аумағында (ТЭА) байқалады. Дәнекерлеу жылдамдығының және құралдың айналу жиілігінің төмендеуінде қалдықтық кернеу азаяды. Ұзындықтағы созылушы кернеудің максималды шамасы дәнекерлік бірігу шегіндегі аумалылықтың 30 – 60 % және негізгі металдың аумалылығының 20 – 50% құрайды.

АҮД дәнекерлеу жіктерінің макроқұрылымы балқыту арқылы жасалған жіктерге қарағанда басқаша ерекшеліктермен сипатталады. АҮД үшін тән болатыны бірігу өзегінің орталығында әртүрлі құрылымы бар сопақша концентрлік шеңберлердің қалыптасуы. Өзекке жіктің жоғарғы жағы үшін тән болатын күрделі бейін қосылады.



4.13-сурет. АҮД орындалған түйістік бірігудегі аумақтар сызбасы: А – негізгі металл; В – ТӨА; С – ТМӨА; Д – бірігу өзегі.

Сопақша шеңберлердің болуы металдың құрал ұшымен араласу ерекшеліктерімен себептеледі.

Дәнекерлік бірлікте төрт аумақ бөліп көрсетіледі, олар сызба түрінде 4.13-суретте көрсетілген. А аумағымен (негізгі металл) тікелей В аумағы шектеседі, мұнда бөлшек металы жеткілікті түрде өзгермейді, және өзінің құрылымын тек ыстықтың әсерімен өзгертеді (ТӨА дегеніміз осы). С аумағында металл бірталай пластикалық өзгерістерге және ысуға ұшырайды – бұл термомеханикалық әсер аумағы (ТМӨА). Д аумағы – бірігу өзегі, мұнда динамикалық қайта кристалдану өтеді. Металдың қаттылығы негізгі металдан жіктің орталығына қарайғы бағытта кемиді және минималды шама В аумағындағы металда орын алады. Металдағы қаттылықтың бұл аумақта төмендеуі орналасу тығыздығының қайта құрылуы және азаюы.

Дәнекерлік бірліктің механикалық қасиеттерінің жоғары деңгейі туралы көптеген зерттеушілер хабар береді. Шаршауды сынау, аргондық доғалық дәнекерлеумен салыстырғанда, АҮД бірігудің механикалық қасиеттерінің қайда жоғары деңгейде екендігін айғақтайды

Өнеркәсіптік өндірісте құйылған қоспалардан алынған бөлшектерді экструдерлеу әдісімен алынған бөлшектермен дәнекерлеу жиі кездеседі. Сынақ жасау кезінде ADC1 и A6061-T6 қоспаларынан жасалған қалыңдығы 4 мм болатын бөлшектер дәнекерленді. АҮД алынған нәтижелерді аргондық-доғалық дәнекерлеудің қорытындыларымен салыстырылды. АҮД бірігудің ең жақсы қасиеттерін беретіндігі белгілі болды. Беріктік шегі негізгі металдың беріктік шегінің 80 % құрады; майыстыру арқылы сынақта кирау негізгі металда болып өтті.

АҮД әдісінің кемшілігі ретінде жіктің соңында ұштықтың диаметріне тең келетін тесіктің қалыптасуы, бұл жағдай жікті бөлшектегі жұмыс қимасының шегінен шығаруды немесе тесікті дәнекерлеуден соң басқа әдістердің көмегімен толтыруды (мысалы, арнайы тығындарды үйкеліс арқылы дәнекерлеу) талап етеді.

Технологияның және жабдықтардың жетілуі бұл аталған кемшіліктерді жеңуге және АҮД әдісін қолдану облыстарын кеңейтуге мүмкіндік береді. АҮД әдісі негізінен түйістік және айқассалын бірігулерді дәнекерлеу үшін қолданылады, сондай-ақ ол арқылы бұрыштық, таңбалық, нүктелік жалғасуларды да алуға мүмкіндік бар.

Нүктелік АҮД екі әдіспен жүзеге асыруға болады: батырылған нүктелік дәнекерлеу және жікті толтырумен жасалатын нүктелік дәнекерлеу. Бірінші тәсілде айналушы аспап бөлшекке батырылады, металлды бірігу аумағында созылымдық және ары қарай кемершіктің астында араласу жағдайына дейін жеткізеді. Сонан соң құрал, өзіне тән терендеуді бөлшекте қалдыра отырып, көтеріледі. Екінші әдісте ұштығы және кемершігі бар құрал қолданылады, олардың әрқайсысының өзінің жетегі бар. Айналушы құрал бөлшекке түсіріледі, осы кезде ұштық өзінің астындағы металлды қысып шығарады және араластырады, сонан соң ол алынып тасталады. Кемершіктің астындағы металл шұқыршықты толтырады және тесіксіз жікті қалыптастырады.

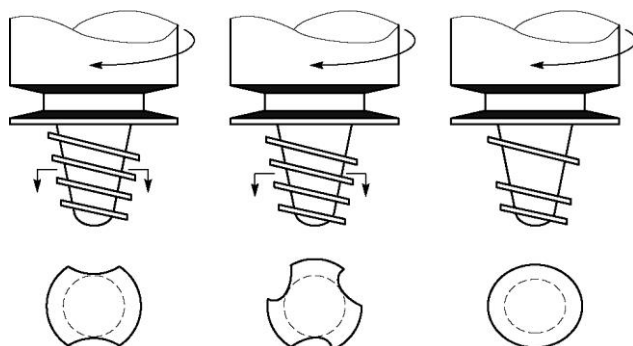
Дәнекерлеу құралы әдетте құралдық болаттардан және коррозияға төзімді мартенситтік болаттан жасалады. Бұл жағдайда кобальт қоспасынан жасалған ұштығы және болаттан жасалған кемершігі бар құрамалық аспап қолданылуы мүмкін.

АҮД тәсілінде болат бөлшектерді дәнекерлеу үшін поликристаллды текшелік нитрид бордан арнайы құрал жасалды. оның беріктігі анағұрлым жоғары және дәнекерлеу аумағында металдың дұрыс ағуы үшін қажет ұштық формасын беру мүмкіндігі бар. Құрал бөлшектің үстіңгі бетіне қатысты 2 – 3⁰ бұрышпен орналасады, бұл оның ең жоғары сапа көрсеткіштерін қамтамасыз етеді.

Өзін-өзі реттегіш құрал жасалған, оның ұштығының ұзындығы оның өзіне әсер етуші күштер арқылы анықталады. Ұштыққа берілетін жүктелім шамасынан ауытқыған жағдайда оның ұзындығы автоматты түрде түзетіледі. Мұндай құрал ауыспалы қимасы бар бөлшектерді дәнекерлеуге мүмкіндік береді және шеңберлік жіктерді орындауда тесіктердің қалыптасуына мүмкіндік бермейді.

Қалыңдығы 50 мм болатын алюмини қоспалардан жасалған бөлшектерді дәнекерлеу үшін құралдар қатары жасалған, олар дәнекерлеуді бір өтілім ішінде орындап шығуға мүмкіндік береді (4.14-сурет).

АҮД жаңа нұсқалары болып табылатын Re-Stir, Skew- Stir, Corn-Stir технологиялары бар. Re-Stir технологиясында құралда сағат тілінің жүрісімен және кері ауыспалы айналуы бар, ол дәстүрлі АҮД тән жіктің ассиметриясын болдырмайды. Skew- Stir технологиясы бойынша құрал машинаның сүмбісіне қатысты біршама еңкейіп



4.14-сурет. Бір өтімдік АУД үшін жұмысшы құралының конструкциясы.

тұрады, бұл жағдайда сүмбінің және құралдың өстерінің қимылысу нүктесі (фокустық нүкте) дәнекерленуші бөлшектің үстінде де, астында да және ішінде де орналасуы мүмкін, бұл материалдың қасиеттеріне және түзім параметрлеріне тәуелді.

Құралдың айналуындағы бұл ерекшелік дәнекерлеу үрдісінде ені жоғарылау жікті алуға мүмкіндік береді. Құрал беріктігі жоғары айқасқан бірігулердің қалыптасуын қамтамасыз етеді. Corn-Stir технологиясының ерекшелігі дәнекерлеу барысында құралдың айналдырушылық және орбиталдық қозғалыстарын біріктіруге мүмкіндік береді. Нәтижесінде кең жіктер алынады, бұл негізінен әртүрлі материалдарды біріктіруде қолданылады.

Қатарынан екі құралмен жүйесу жасалған – Twin-Stir.

АУД жаңа технологияларының дамуы үздіксіз жалғасуда. Миссури Университетінде (Колумбия, АҚШ) ұштығы арқылы ток өткізгенде ілесіп жүруші қосымша ысытуы бар құралды дайындаумен айналысуда. Алдыңғы қатарлы материалдарды өңдеу және біріктіру Орталығында (АҚШ) материалды алдын ала индукциялық жылытумен АУД жасау да, бұл жасалым дәнекерлеу жылдамдығын арттыруға, құралға әсер етуші күштерді азайтуға және оның тозуын кемітуге бағытталған. Магний қоспаларынан жасалған бөлшектерді АУД металды алдын ала жылыту үшін лазерді қолдану мүмкіндіктері де қарастырылуда. АУД үрдісіне әсер етуші факторлардың аздығына және жабдықтар конструкциясының қарапайымдылығына байланысты бұл әдіс автоматтандыру және роботтандыру үшін нағыз лайық болып табылады.

АУД әдісі әртүрлі жоғары технологиялық бұйымдарды өндіруде қазірдің өзінде кеңінен қолданылуда. General Dynamics Land Systems и Edison Welding Institute деп аталатын фирмалар біріккен жұмыстар өткізді, олардың мақсаты – теңіз сауытталған тасымалдаушылары үшін қажет 2195-T87 алюминий қоспасынан

жасалған сауыт тақталардың бірігуінің талап етілуші баллистикалық сипаттарымен қамтамасыз ету. Қалыңдығы 31,8 мм болатын тақталарды аргондық-доғалық дәнекерлеудің орынына АҮД тәсілімен дәнекерлеу төзімділік қасиеттері жарамды және жұмсақтығы жоғары (2 – 3 есе) жіктерді алуға мүмкіндік берді. Дәнекерлену бірліктері баллистикалық сынақтардан ойдағыдай өтті.

Жоғары өткізгіш ниобий-титандық сымдардың қасиеттерінің нашарлауын алдын алу үшін оны таза алюминийден жасалған қатты элементпен 400 С төмен температурада біріктіру қажет. Бұрын бұл үшін төменгі температуралық пісірімді пайдаланған бірақ пісірілген жіктердің беріктігі төмен болды. АҮД сұйық гелиде дәнекерленген бірігулердің талап етілуші қасиеттерін қамтамасыз етті.

2003 ж. бастап Ford Motor Co. (АҚШ) бірнеше мың Ford GT автомобилдерін дайындады, ішкі бөлімнен оқшауланған жанармай бағы болатын орталық бөлігінде АҮД қолданылды. Араластыру арқылы үйкеліспен дәнекерлеу өлшемдердің дәл болуын жоғарылатады және бірігулердің беріктігін, қорғау газдарының ортасындағы доғалық дәнекерлеумен салыстырғанда, 30 % ұлғайтады. 2003 ж. бастап 100 000 астам Mazda RX-8 автомобилдер өндірілді, олардың шанақтары АҮД тәсілімен дәнекерленді. Бұл тәсілдің табысты түрде қолданылуы фирмаға осындай дәнекерлеуді автомобилдердің жаңа буыны MX-5 қолдануды жоспарлауға мүмкіндік беруде.

АҮД тәсілін зерттеумен және ендірумен аэрокосмостық салада да белсенді айналысуда – 2001 ж. ол оралатын ғарыш кемелеріне арналған тасымалдаушы зымырандардың сыртқы бактарын дайындауға қолданылды. Технология сұйық сутегіге арналған 2195 қоспасынан жасалған сұйық қоймаларда сегіз ұзындық жіктерінің және сұйық оттегіге арналған сұйық қоймаларда төрт ұзындық жіктерінің орындалуын қарастырады, бұл әрбір бакта 1/2 мили жік болады дегенді білдіреді. Ғарыштық вакуум жағдайында АҮД жөндеуіне арналған жабдықтар дайындалуда. АҮД қолдану тұжырымдамасы бұл жағдайда құралдың айналуының (30 000⁻¹) жоғары жиілігіне негізделген, бұл дәнекерлеуді орындау үшін қажет күш салуды азайтуға мүмкіндік береді.

Boeing компаниясы АҮД Delta II и Delta III зымырандарын өндіруде қолдана бастады. Сұйық сутегі үшін қажет ұзындығы 8,4 м болатын, ұзындығы 12 м сұйық оттегі үшін қажет жанармай бағындағы және басқа да конструкциялардағы жіктер дәнекерлеу арқылы орындалады. Араластыру арқылы үйкеліспен дәнекерлеу жіктің жоғары сапасын (76,2 м жікке бір кемістік), онымен салыстырғанда аргондық-доғалық дәнекерлеуде (8,4 м бір кемістік), және дәнекерлену конструкциясын дайындау уақытының азаюын қамтамасыз етеді. Delta

II и Delta III зымырандарын өндіру жылына 8 бірліктен 17-ге дейін өсті.

АҮД әдісін қалыңдығы 4 мм болатын 2024, 7475, 7050 қоспаларынан жасалған, ұшақ қанаттарына арналған қабырғаланған тақталарды дәнекерлеуде ендіруге бағытталған жұмыстар жүргізіліп жатыр. АҮД әдісімен дәнекерлеу Airbus A350 ұшағын және ұшақтың жаңа екі нұсқасын A340 (A340-500 и A340-600) өндіруде жоғары сапамен қамтамасыз етілген. Eclipse Aviation компаниясы Eclipse 500 бизнес-класс реактивті ұшағын сертификациялауды аяқтауда, оның тораптары АҮД тәсілі бойынша дайындалған.

АҮД технологиясы өндірістің әртүрлі салаларында ойдағыдай дамуда және қолданыс табуда. Жарияланымдардың басым бөлігі алюминий қоспаларынан жасалған, орта және үлкен қалыңдықтағы бөлшектерді дәнекерлеу туралы болып келеді. Әдетте қиындық қалыңдығы 0,5 – 3 және 40 мм жоғары болатын бөлшектерді біріктіргенде, сондай-ақ дәнекерлеуі қажет жұқа қабырғалы үлгілерді құрастыру дәлдігін қамтамасыз етуде пайда болады. Осыған байланысты АҮД үрдісін арнайы эксперименталды қондырғыда зерттеу жұмыстары өткізілді. Осы эксперименттердің шеңберінде қалыңдығы 1,8 – 2,5 мм болатын алюминилік АМг6, 1201, 1460 қоспаларын дәнекерлеу жұмыстары орындалды. Сонымен қатар дәнекерлеу құралының жұмысшы бөлігінің әртүрлі бейіндерінің тиімділігі тексерілді. Белгілі болғандай, бұл тәсілмен орындалған біріктірулер механикалық қасиеттерінің жоғары деңгейімен айрықшаланады (олардың беріктік коэффициенті негізгі металдың беріктік деңгейінен 0,7 -0,9% құрайды).

Диффузиялы дәнекерлеу. Диффузиялы дәнекерлеуді-бөлшектерді қатты жағдайда балқытусыз макроскопиялық пішіні өзгеруінің тәсілі ретінде 1951-1961 Н. Ф. Казаков әзірлеген..

Әдістің мәні мынада, балқытылатын бөлшектер бір-бірімен қиылысады, қысылады, жаншылады, вакуумда қыздырылып, берілген уақыт ішінде шыдамдылығын қалыптастырады. Бұл ретте жергілікті пластикалық пішін өзгерісі және келесі диффузиялық материалдың бірігетін бөлшектері бір-бірімен монолитті балқытылған қосылысты құрайды.

Дәнекерлеудің халықаралық институты мынадай анықтаманы қабылдаған: «Қатты жағдайдағы диффузиялық дәнекерлеу – атом жағдайындағы байланыс құрудың нәтижесінде құралған , біріктірілетін материалдың беткі қабатында өзара диффузияны қамтамасыз ететін, жоғарғы температурада жергілікті пластикалық түр өзгерісі есебінен, түйіспелі беттің барынша жақындату нәтижесінде монолитті қосылысты алу тәсілі».

Қысыммен дәнекерлеудің өзге тәсілдерімен салыстырғанда диффузиялық дәнекерлеудің ерекшелігі қыздырудың қатысты жоғарғы температурасында ($0,5 \dots 0,7$) $G_{пл}$ және салыстырмалы төмен үлестегі сығатын қысым ($0,5 \dots 0,8$ МПа) бірнеше минуттан бірнеше сағатқа дейінгі изотермиялық ұсталымында болып табылады.

Диффузиялық дәнекерлеумен барлық белгілі құрастырмалы материалдардың бөлшектерін дәнекерлеуге болады. Әртекті материалдардың бөлшектері жақсы дәнекерленеді (оның ішінде өзінің жылу физикалық қасиеттерімен айрықша ерекшеленетіндері де бар), бір-бірінде еріп кетпей және дәнекерлеудің басқа тәсілдерінде сынғыш химиялық құрылым түзетіндері де бар. Мысалы, алюминий бөлшекті, болат, титан, болатты шойынмен, мысты молибденмен дәнекерлеуге болады. Сонымен қатар металдық бөлшектер металл емес бөлшектермен дәнекерленеді: болат графитпен, шыны мыспен және т.б.

Диффузиялық дәнекерлеумен алынған құрылымдарды бұзу әрқашан негізгі металдың бір бөлшегінде жүреді, ал әртекті металдардың бөлшектерін дәнекерлеуде - беріктігі аз метал да жүреді. Құрылымдарда дәнекерлеудің көптеген дәстүрлі әдістеріне тән көптеген ақаулар болмайды (тесік, қабыршақ және оксидті қосылымдар). Құрылымдардың механикалық қасиеттері тұрақты, олардың тербеліс мәнінің көрсеткіші $2 \dots 5\%$ аспайды.

Диффузиялық дәнекерлеу барысында кететін күштің шығыны балқытып дәнекерлеу мен түйістіріп дәнекерлеумен салыстырғанда 4 - 6 есе аз. Диффузиялық дәнекерлеу үнемді: зиянды сәулелену болмайды, металл шашырамайды, ұсақ дисперсті шаң болмайды.

Диффузиялық дәнекерлеудің басты артықшылығы – бұл құрылымның қалыптасу барысында бөлшектердің пішін өзгерісінің барынша аз болуы (5% дан көп емес). Диффузиялық дәнекерлеуден алынған бөлшектердің пішіндеріне жіберу механикалық өңдеудің жіберуімен мөлшерлес болады. Бұл дәнекерлеудің өзге тәсілдерімен жасау мүмкін емес, күрделі жоғары нақты бөлшектерді жасап шығаруға мүмкіндік береді. Мұндай бөлшектердің мысалдары қалыңдығы 8 мкм алюминий фальга жапсырылған мыстан жасалған ауыр тор; қатаң берілген ішкі сыйымдылығы бар, бос денелі болат стакан дайындаудың аяқтаушы амалы қақпақты жапсыру.

Диффузиялық дәнекерлеудің кемшіліктері дәнекерлеу жүргізілетін камерада вакуум құруға қосымша уақыт шығыны және құралдарды күрделендіру: камера, құбыр желілері, вакуум жасау үшін насос пен арматура қажет. Бөлшектерді дәнекерлеуге дайындау барысында қатаң талаптар қойылады: түйістіретін беттің параллельдігін қатаң сақтау және оларды өңдеуге жоғары тазалық

қажет. Мұндай жоғары талаптар күш жұмсауды ұлғайтады. Мұнан бөлек, дәнекерленген құрылымдардың сапасын бақылау қиын: мысалы, беткі қабатты байқаусыз ластау нәтижесінде құралатын жергілікті жабыспау (жапсыру), бақылау барысында жоймайтын әдістермен анықталмайды.

Диффузиялық дәнекерлеудің әдісі барынша қарапайым. Дәнекерлеу алдында бөлшектердің біріктірілетін беттерін дайындау өте маңызды. Себебі, дәнекерлеуде дәнекерлеу аймағында металдың пластикалық пішін өзгерісінің көлемі кіші. Сондықтан бөлшектердің бетінде бұдыры аз болып жақсы түйісу болуы қажет. Иілгіш материалдың бөлшектерін дәнекерлеу барысында (алюминий, мыс, күміс) беткі қабатты ерекше өңдеудің қажеті жоқ; ал қатты материалдардың бөлшектерін дәнекерлеу барысында (ыстыққа төзімді құймалар мен болат құралдар) олардың беткі қабаты тазалықтың 6-шы тобына сәйкес болуы керек. Мұндай бұдырлық токарь станогында жартылай таза жонуды қамтамасыз етеді. Түрпітас бөлшектері беткі қабатта қала отырып, дәнекерлеу барысында диффузияға кедергі келтіруі мүмкін болғандықтан, бұл құрылымның беріктігін төмендетеді, түрпітас құралмен өңдеудің қажетілігі жоқ. Бәрінен дұрысы – кесетін құралмен механикалық өңдеу. Жабыспадан қашу үшін, өңделген беткі қабат дәнекерлеу барысында ендіру осіне қатаң түрде перпендикуляр болу керек.

Диффузиялық дәнекерлеу түзімінің өлшемдері бөлшектер түйістірудегі қыздыру температурасы, бөлшектерді сығымдау қысымы, берілген температура мен қысымды ұстау уақыты, вакуум тереңдігі (камерадағы ауаның қалған қысымы).

Біртекті металдардың бөлшектерінің түйісуінің қыздыру температурасы оны балқыту 0,5 ... 0,7 температурасын құрау керек, ал әртекті металдардан – балқыту температурасынан жоғары оңай балқитын металға дейін. Мұндай температурада түйісу беті арқылы біріктірілетін металл атомдарының өзара диффузиясы жылдамдайды және қысық беттің (олардың қисаюы) пішін өзгерісін жеңілдететін металды жұмсарту қамтамасыз етіледі. Қыздырудың барынша жоғары температурасында дәнекерлеу аймағында метал түйіршіктер өлшемі үлкейеді де, құрылымның механикалық қасиеті нашарлайды.

Бөлшектерді сығу қысымы біріктірілетін бетте тығыз түйісуді қамтамасыз ету үшін жеткілікті болуы керек, пішін өзгеру нәтижесінде түйісудегі барлық жер толтырылу керек. Түйісудің беткі қабатындағы түйісу оксидтерінің жойылуы болады да, тазартылған бетте тығыз түйісуді қамтамасыз етеді. Дәнекерленетін метал бөлшектерге байланысты қысым 5 ... 50 МПа (немесе 0,5 ... 5 кгс/мм²) шегінде таңдалады. Қысымды бұдан жоғары шекте ұлғайтсақ, құрылымның

беріктігі ұлғаймайды, бірақ дәнекерлеу аймағының пішін өзгерісі ұлғаюы мүмкін.

Берілген қысым мен температурада ұсталым уақыты дәнекерленетін металл бөлшектеріне байланысты 1 ... 10 мин шегінде таңдалады. Бұл уақыт түйсетін беттегі бұдырлық түр өзгерісі және монолитті құрылымды құру үшін диффузия үрдісін аяқтау үшін жеткілікті. Ұсталым уақыты көбейгенде металдағы дәнекерлеу аймағындағы түйіршіктер көлемі ұлғаяды немесе сынғыш фаза қалыптасады (мысалы, әртекті метал бөлшектерін дәнекерлеу барысында интерметалит қалыптасады) бұл жағдай құрылымның механикалық қасиеттерін нашарлатады. Дәнекерлеуден кейін бөлшектер вакуумда 100 °С температураға дейін салқындатылады – бұл құрылымның барынша жақсы сапасын қамтамасыз етеді.

Диффузиялық дәнекерлеу барысында вакуумның тереңдігі (камерадағы ауаның қалған қысымы) маңызды орын алады. Біріншіден, қыздыру барысында вакуумның біріктірілетін бетінде бұзатын оксидтер болады. Оларды тазалай отырып; екіншіден, вакуум дәнекерленетін метал бөлшектерін газбен әсерлесуден қорғайтын қорғаныс ортасы қызметін атқарады. Вакуумның тереңдігі кез келген жағдайда 10^{-2} мм рт. ст. төмен болмауы керек. Вакуум тереңдігін ары қарай ұлғайту құрылымның тығыздығына ешқандай әсер етпейді. Бірақ үлкен уақыт шығынын алады. Тек белсенді оңай балқымайтын металл бөлшектерін дәнекерлеу барысында (титан, тантал, ниобия) камерада қалған қысымды мақсатты түрде 10^{-4} ... 10^{-5} мм рт. ст. төмендету керек.

Диффузиялық дәнекерлеу шарты мен тәртібінің өлшемдерін бұзған кезде құрылымда ақаулар пайда болуы мүмкін: шала пісу, жабысу, жарылу бөлшектердің жоғарғы пішін өзгерісі еру бөлшектердің берілген жағдайдан айтарлықтай ауытқуы. Шала пісу мен жабысудың себептері қыздырудың жеткіліксіз температурасы, вакуумның жеткіліксіз тереңдігі, біріктіретін бөлшектердің өзара қисаюына алып келетін, бөлшектердің бейімделу барысында дұрыс емес орнату, беткі қабатты дәнекерлеуге сапасыз дайындау. Жарықшақтар қысудың күшін арттырып жіберу, қыздырудың шектен тыс жоғары температурасы мен ұсталым уақытының көптігінен, сонымен қатар беткі қабатты дәнекерлеуге нашар дайындаудан, шектен тыс жоғары жылдамдықтағы қыздыру мен суытудан пайда болады.

Қыздыру температурасы және ұсталым уақытын арттыру да дәнекерлеу барысында бөлшектердің түр өзгерісінің үлкеюмен еруге алып келеді. Ерудің себептері қыздырғышты дұрыс орнатпау салдарынан бөлшекті бірдей қыздырмаудан болуы мүмкін. Берілген жағдайға қатысты бөлшектерді жылжыту дәнекерлеу алдында құралдарды дұрыс орнатпау мен дәнекерлеу үрдісінде құралдың

дірілдеу салдарынан болады. Жоғарғы түр өзгеріс, еру және бөлшектерді жылжыту, бөлшектердің өлшемін өлшеу және көзбен бақылау кезінде жақсы анықталады. Жарықшақ шала пісу, дәнекерлейтін құрылымдардың қабыспауы жоймайтын бақылаудың белгілі әдістерімен анықталады: ультродыбыс, капилляр және магнитті әдістер, гидро және пневмотексерулер тесік іздегіштің көмегімен анықталады. Кішігірім жергілікті шала пісу және беттердің жабысуы бақылаудың бұзбайтын әдістерімен анықталмайды. Бұл ақаулардың дұрысы сапаны мұқият бақылау жолымен ескертіп, бірігетін бетті дәнекерлеуге дайындап, дәнекерлеу түзімінің өлшемдерін берілген және тексерілген әдістерді қатаң сақтай отырып, ескерткен жөн. Жаппай өндірісте шалапісу мен бөлшек сынықтарының жабысуын, партиядағы бірнеше бөлшектерді жойып, бақылау арқылы түзім өлшемдерін түзету керек.

Диффузиялық дәнекерлеуді вакуумдық камерадан тыс ауада да өткізуге болады. Бұл үшін міндетті түрде бөлшектерді механикалық өңдеу үрдісінде беткі қабаттың түйісетін дәнекерлеуіне дайындау барысында біріктіретін сақтағыш жақпа жағылады – қыздыру барысында қатты қалдықтар шығармай және дәнекерленетін материалдарына әсер етпей жайылатын (мысалы, акрилды шайыр) қоймалжың сұйықтық. Сақтағыш жақпа таза бетті қышқылданудан сақтайды – ал дәнекерлеу үрдісінде қызу кезінде газ текті өнімдерді құрайды, олар бөлшектің түйісуінен шығып, онда ауаның келуіне кедергі жасайды.

Диффузиялық дәнекерлеу барысында құрылымның сапасы физико-химиялық дәнекерлеу барысында ағатын ; қыздырылған металдың қоршаған ортаның газымен өзара қатынасы, дәнекерленетін бетті оксидтерден тазарту, жоғарғы температуралық ағатын және кристалданбауы және ағуы. Көпшілік жағдайда бұл диффузиялық қызу белсенді үрдістер.

Дәнекерленетін дайындаманың қышқылдануын азайту және түйісу бетін оксидтерден тазалау жағдайын жасау үшін дәнекерлеу барысында газ қалпына келтіргіштер, тұздар балқытпасы, қосындылар, жақпалар алайда көбіне вакуум немесе инертті газдар қолданылуы мүмкін.

Диффузиялық дәнекерлеу барысында беттер мен оксидті үлбірлер арасында қатты қосылыстар жиналуы мүмкін. Бірақ мұндай қосылыстардың икемділігі төмен қатынаста. Метал қосылыстары егер олар таза беттер арасында құрылатын болса, оңтайлы қасиетке ие болады.

Металдың бетін оксидтерден тазалау оксидтердің сублимациясы мен диссоциациясын дамыту барысында болады, оттегінің металға диффузия есебінен оксидтердің еруі (метал иондарының оксидтерге) оксидтерді қышқылдатқыш элементтермен метал бөлшектерінің құрамында метал бөлігінің шегінде қыздыруға диффузиялық қалпына келтіруші мысалы, болат оксиді көміртекпен қалпына келтіру барысында барынша жылдам кетеді, ал титан металда көміртектің еру жолымен кетеді.

Диффузиялық дәнекерлеу кезіндегі физикалық түйісу дәнекерлеу аумағында бір мезгілде ағатын және сыртқы мен ішкі кернеудің әсерінен жоғары температуралық түр өзгерісі деңгейін анықтайтын үрдістер нәтижесінде дамиды.

Дәнекерленетін беттердің жақындауы бірінші кезекте сыртқы сығымдық кернеудің қосымшасы мен негізделген және металды қыздырумен беткі қабатқа жақын қатпарлар мен шағын дөңестердің платикалық түр өзгерісі есебінен болады.

Тұрақты кернеудің әсерімен металдың түр өзгерісі (тұрақты жүктеме) жылжымалылық деп аталады. Жылжымалық үрдісі диффузиялық дәнекерлеуден кейінгі көлемдік (жинақталған) дайындама түр өзгерісті анықтайды.

Қыздырылған металда әрқашан пайда болуы фазалық айналумен металл қасиетінің анизотропиясі мен тойтарумен байланысты ішкі (өзіндік) кернеу болады. Ішкі кернеудің деңгейі қыздыру барысында металдың өтетін және физикалық үрдістері мен табиғатына негізделген. Мысалы, титандағы түрлі морфты айналуының өзгеру нәтижесі 30 МПа кернеу көлемін құрайды.

Ішкі кернеудің әсерімен өзіндік микроқұрылымдық және субқұрылымдық түр өзгерісін құрауды қамтамасыз ететін металдың жоғарғы қабатының түр өзгерісі болуы мүмкін. Бұл бедердің биіктігі механикалық өңдеуден кейін бетте болатын шағын дөңестің биіктігімен мөлшерлес болуы мүмкін.

Түр өзгеріс үрдісінде дәнекерленетін бет оксидтен еркін белсенді болады және физикалық түйісуде өзара айқасады.

Біртекті металдардың бөлшектерін диффузиялық дәнекерлеу барысында дәнекерленетін құрылымның беріктігі негізгі металдың беріктігіне мынадай жағдайда; егер қосылыстың құрылым аймағы негізгі металдың құрылымынан айырмасы болмаса тең болады, бұл үшін түйісу аймағында дәнекерленетін бөлшектер үшін металдың ортақ түйіршіктері пайда болады. Бұл түйіршіктер шегін көшу есебінен рекристалды өңдеу жолымен немесе жинақтау рекристалдау жолымен мүмкін болады.

Қосылыс аймағындағы тесік түріндегі ақаулар түйіршік аралық шегіне көшуге тұрақтандырушы ықпал жасайды. Түйіршіктердің кейбір ауыр мөлшеріне дейін кішіреюі оның ақау шекарасымен және көшу жолынан алыстаған кезде мүмкін болады. Қосылыс аймағында ондағы ақауды ауыздықтаушы ортақ түйіршіктер пайда болады.

Түйіршік аралық шекараның көшу механизмімен жылдамдығы кристал торлардың ақауларының тығыздығымен қажалу деңгейіне байланысты болады; олар жанама түрде шегелеу мен терең шегеленген қатпармен сипатталады.

Алдын-ала шегеленген беттегі үлгілерлі диффузиялық дәнекерлеу барысында төмен бұрышты дислокациялық шекараны қалыптастыру, кейінірек жоғары бұрышты шекараға өтетін, кристалдандырусыз шаранасын және бөлімнің шекарасын туылу әсеріне еріту және ортақ түйіршіктер өсімінде дислокацияны қайта бөлу жүреді.

Дәнекерлеу үрдісінде ақаулардың тығыздығының артуы, қосылыс аумағының мысалы, түр өзгеріс жылдамдығын арттыру арқылы қол жеткізетін түйіршік арасының шекарасын үдетеді.

Алайда түр өзгерістің жылдамдығын шектен тыс көбейту түйісу аймағында металдың түр өзгеріс беріктігіне әкеліп, үрдістің барлық кезеңінде қосылысты қалыптастыру жылдамдығының күрт төмендеуіне әкеліп соғады.

Диффузиялық дәнекерлеу біртекті және әртекті материалдар (алюминийден, титаннан, ыстықа төзімді, жай еритін қоспалар, керамика, шыны, саффир, графит, біріккен композициялық және ұнтақ материалдар) бөлшектерінің өзара сапалы қосылысын алу мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

Дәнекерленетін бөлшектер пішіні бойынша әртүрлі болуы мүмкін және жинақы, дамыған түйісу беті болады; олардың геометриялық өлшемдері - бірнеше микрометрден бірнеше метрге дейін болады.

Диффузиялық дәнекерлеудің сызбалық үрдісін былайша қарастыруға болады. Дәнекерленетін бөлшектер түйісу аймағына қысым бере алатын құралға жинақталады. Камераға орналастырылады да, онда жұмысшы вакуум беріліп балку температурасына дейін қыздырылады. Мұнан соң жиналған бөлшектерге дәнекерлеудің берілген ұзақтығына сығымдық қысым қойылады. Кейбір жағдайда қысым алынған соң қосылыстар сапалы қосылыстарды қалыптастыруға септігін тигізетін қосымша кристалдандырусыз үрдісінің өтіп кеткенінше дәнекерлеу температурасында қосымша ұсталады.

Дәнекерлеу циклі аяқталғаннан соң вакуумда инертті ортада немесе ауада суытылады.

Түйісу аймағында метал пішіннің бұзылуын тудыратын қосылыстың қалыптасу аймағын анықтайтын жүктемеге байланысты шартты түрде диффузиялық дәнекерлеудің екі түрін бөліп көрсетуге болады: күштік әсерімен (салыстырмалы қысым) жоғары интенсивті дәнекерлеу ($P = 20 \dots 100$ МПа) және төменгі интенсивті дәнекерлеу ($P < 2$ МПа).

Жоғары интенсивті күштік әсермен диффузиялық дәнекерлеу барысында дәнекерлеу қысымы вакуумды камерамен қыздыру құралымен жабдықталған сығымдаушы көмегімен жасалады. Көптеген жағдайда ашық сығымдау қолданылады. Бұл ретте дәнекерленетін бөлшектер жұмысшы вакуумы құрылған, қаптаушы контейнерлерге салынып, дәнекерлеу температурасына дейін құрылады.

Дәнекерленетін бөлшектердің тұрақтылығынан айрылмау үшін дәнекерлеу аймағына қысымды жеткізу және метал түр өзгерісіне бағытталған жағдайды қарастыру үшін түйісу аймағында диффузиялық дәнекерлеу бос жерлердегі құралдарда орындалады (қабырға аралық кеңістік), олар технологиялық элементтермен толықтырылған болат астар, мембрана, төсеніш, олар дәнекерлеуден кейін монтаждалады немесе химиялық өңдеумен жойылады.

Жоғары интенсивті күш әсерімен дәнекерлеу барысында металдың қосылыс аймағындағы түр өзгерісі әдетте қосылыстың тұрақты сапасын қамтамасыз етіп, бірнеше ондаған пайызға жетеді.

Төмен интенсивті күш әсерімен диффузиялық дәнекерлеу барысында жіберілген сығымдық күштер жұқа қабырғалық элементтердің тұрақтылығымен шектелген. Бұл әдіс күрделі арнайы құралдарды құруды талап етпейді және көптеген жағдайда жапыстыру барысында қолдағы бар технологиялық сызбалар мен құралдарды қолдануға мүмкіндік береді. Төмен интенсивті күш әсерімен диффузиялық дәнекерлеу қатпарлы құрылымдарды дайындау барысында сәтті қолданылады.

Жалпақ (немесе қисаюдың үлкен радиусымен) конструкцияларды жасау барысында сығымдау күші бәрінен бұрын сыртқы бетке технологиялық жабдықтау мен қосылыс аймағына газ қысымын төмендету арқылы ауаның атмосфералық Q қысымымен қамтамасыз етіледі. Жергілікті қаттылық және сыртқы жағына дәнекерленетін элемент орналасқан технологиялық элементтердің бар болуы, күшейтілмеген учаскелерде майысудың пайда болу тұрақтылығында қаптаманы жоғалту мүмкіндігін жоққа шығарады. P

дәнекерлеу қысымының мөлшері шекті кернеуде технологиялық элементтердің тұрақтылығын жоғалтуымен шектеледі.

Күрделі қысық профил конструкцияларын жасау барысында нейтралды газдың қысымы тікелей конструкцияның қаптамасы бар, қабығы сыртқы элементтерімен қабылданатын технологиялық сызба қолданылуы мүмкін. Газ қысымымен болатын дәнекерлеу барысында бекітілмеген учаскелерде қаптамалар өзгеріске ұшырайды (майысады). Бұл қосылысты қалыптастыру үшін жағдайды нашарлатады, бірақ арна сызықтарын азайтады және беттегі аэродинамикалық жағдайды әлсіретеді. *P* қысым кернеумен шектеледі, онда бекітілмеген учаскелердегі қаптаманың шектен тыс түр өзгерісі болады.

Кей жағдайларда дәнекерлеуге дайындаманы қысу үшін материалда қыздыру барысында болатын сызықтық кеңеюдің әртүрлі коэффициентін қолданатын термикалық кернеуді пайдалана отырып, сыртқы қысымды қолдануды шектейміз. Коаксиалды жиналған дайындамаларды дәнекерлеу барысында бөлшектерді қамтитын сызықтық кеңею коэффициенті бөлшекті қамтыған сызықтық кеңею коэффициентін құрайды.

Диффузиялық дәнекерлеу барысында вакуумда сапалы қосылыстарды құрау кешенді факторлармен анықталады. Олардың негізгісі температура, қысым, ұсталым уақыты, ыдырату, бетті өңдеу тазалығы өз кезегінде дәнекерлеудің түзім параметрі фазалық құрам мен дәнекерленетін метал бөлшегінің құрылымына және қосылыстың түріне де байланысты.

Дәнекерлеу қосылысын қалыптастыру негізінде олардың дамуы дәнекерлеу температурасының ұлғаюын реттейтін термикалық белсенді диффузиялық үрдістерді жатады. Сығымдау қысымын азайту және дәнекерлеу ұзақтығын кеміту үшін дәнекерленетін бөлшектердің қызу температурасын мүмкіндігінше барынша жоғары етіп алған дұрыс: бұл ретте металдар пластикалық өзгеріске аз қарсылық білдіреді, рекристаллизация үрдісі дамиды, дәнекерленетін бөлшектер арасындағы бөлімнің көшу шекарасы жүреді. Мұнымен бірге құрылымдық айналу үрдісін дамыту мүмкіндігін де ескеру қажет. Гетеродиффузия және эвтектиктердің пайда болуы металдың дәнекерленетін бөлшегінде физикомеханикалық қасиеттердің өзгеруіне алып келеді.

Меншікті қысым диффузиялық қосылыстар мен дәнекерленетін қосылыстардың жиналған түр өзгерісін қалыптастыру жылдамдығына әсер етеді. Көп жағдайда үлестік қысым көмегімен, яғни (жоғары

интенсивті әсер ету аймағына өте отырып) дәнекерлеудің ұзақтығы қысқарады да, түр өзгеріс ұлғаяды. Осылайша дәнекерлеуде жоғарғы үлестік қысымды қолдана отырып (бірнеше ондаған мегапаскальға дейін) қосылыстың құралу уақыты секундтармен өлшенуі мүмкін., ал металдың түр өзгерісі қосылыс аймағында ондаған пайызға өлшенеді. Қысқа қабырғалы элементтердің шектелген тұрақтылығымен дәнекерлеуде төменгі үлестік қысымды қолдана отырып (мегапаскальдың ондық бөлігіне дейін) дәнекерлеудің ұзақтығы сағаттармен өлшенеді, ал қосылатын бөлшектер түр өзгерісі пайыздық үлесімен өлшенеді. Осылайша үлестік қысым таңдау мақсаты конструкция түрін есепке ала отырып, технологиялық сызбалар мен дәнекерленетін бөлшектердің геометриялық пішінін ескере отырып, ал дәнекерлеу уақыты, температура мен үлестік қысымды ескере отырып шешілу керек (біртекті металдардың бөлшектерін дәнекерлеу кезінде), қосылыстың беріктік тәуелділігі, дәнекерлеу уақытының таралуына статистикалық тексеруде параболаға жақын қисық болып суреттеледі. Өртекті металдың бөлшектерін дәнекерлеу барысында дәнекерлеудің ұзақтығының ұлғаюы қосылымның механикалық сипаттамасының төмендеуімен, қосылыс аймағында сынғыш интерметаллид фазасының қалыптасуына алып келетін, гетеродиффузия үрдісінің дамуына байланысты сипатталады.

Қазіргі уақытта металды қышқылданудан сақтайтын барынша тараған әдіс ауаны шығаратын жүйемен жабдықталған арнайы вакуумды камера немесе контейнерлерде дәнекерлеу.

Дәнекерлеуге арналған бет тазалығының тобын жоғарылатуға физикалық түйісуді қалыптастыру интенсификациясы әсер етеді. Бұл ретте негізгі ролді дәнекерлеу барысында дамитын рельефтің түр өзгерісі алады.

Жоғарғы топты тазалық беткі қабатты алу үшін, бұқаралық өндіріс негізінде диффузиялық дәнекерлеуге дайындық барысында дәнекерлеуге біріктіретін бөлшектерді дайындаудың дәстүрлі әдістері (нүктелік, фрезерлік, жону) олардың төмен өнімділігіне байланысты қолданылмайды. Бұл әдістер сондай-ақ дамыған қосылыс беті бар конструкцияларды дайындау барысында да тиімсіз. Бұндай жағдайда өңдеудің жоғары өнімді тәсілдері пневмодинамикалық, су бытыра ағынды, тербелмелі сонымен қатар, тербелмелі жону және тербелмелі тегістеу болып табылады.

Қазіргі таңда диффузиялық дәнекерлеу жұқа қабатты конструкцияларды , никелден кеуекті пісірілген бөлшектерде , коррозияға шыдамды болаттан , кеуек сүзгіш жасауда, титан құймасынан жабық түрдегі турбинаның жұмысшы дөңгелегін жасауда қолданылады.

Салқын дәнекерлеу. Салқын дәнекерлеу - бұл бөлме ішіндегі және де сонымен қатар теріс температурадағы сыртқы негізден қыздырылмастан бөлшектерді қосу тәсілі. Дәнекерлеу арнайы құрал жабдықпен іске асырылады, арнайы жабдықпен орындалады, дәнекерленетін затты алдын-ала тазалап сонымен қатар көлемінің өзгеруі және (белгілі деңгейге дейін) шиеленіскен жағдайда, бір тұтас жоғары сапалы берік қосылыс пайда болады.

Салқын дәнекерлеумен алюминийден, мыстан, қорғасыннан, мырыштан, никельден, күмістен, кадмийден, темірден және басқа металдан жасалған бөлшектерді салқын дәнекерлеумен қосуға болады. Әртүрлі металдарды басқа дәнекерлеу тәсілдерімен салыстырғанда, жылуға сезімтал немесе интерметалликтердің пайда болуынан – салқын дәнекерлеудің артықшылығы ерекше зор.

Қызулықтың жоқтығы – қызулыққа төзімді металдардың бөлшектерін салқын дәнекерлеумен дәнекерлеуге мүмкіндік береді және қызулылықты болдыру мүмкін емес, сондықтан салқын дәнекерлеуде энергия сыйымдылығы аз, (газ бөліп шығармайды, шашырамайды, сәуле шығармайды) әртүрлі металдардың бөлшектерін сенімді жалғастыруды қамтамасыз етеді (мысалы, алюминий мен мыс), нәзік интерметаллик саңылаудың болмауын сақтап қалады.

Салқын дәнекерлеудің кемшіліктеріне – тек созылмалы металдардың бөлшектерін дәнекерлеуге, қосқан кезде терең майысқаны, майыстырып қосқанда майысуы, күрделі және майда түрдегі бөлшектерді қосуға келмейтіндігі, қиын жерлерді дәнекерлеуге мүмкін еместігі жан-жақты емес.

Салқын дәнекерлеу – күрделі физико-химиялық үрдіс, тек созылмалы кезде түрінің өзгеруі, себебі өте жоғары қысымдағы салмақ кезіндегі атмосфералық жағдайда бөлшектерді қосқанда біртұтас құрамда (жалғастыруға) дәнекерлеуге – мүмкін емес.

Қышқылданған қабыршақтар және газдың сорылған қабаттары дәнекерлеуді қиындатады. Атмосфералық жағдайдағы аяғына дейін таза жетілмеген беттің пайда болуын есептеу қателік. Қабыршақтың аумалы кезеңдегі қалыңдығы болады, осы жағдайда біртұтас жалғастыру мүмкін емес. Қышқылданған қабыршақ түйіршік шекарасындағы қалыңдықтан кем болса, созылмалы және берік қосылады. Қышқылданған қабыршақтың қалыңдауы – дәнекерлеу кезінде пластикалық пішіннің бұзылуы үрдісінде пайда болады.

Салқын дәнекерлеу кезіндегі ең басты кедергі, терең пластикалық пішіннің бұзылуы кезінде жөндеуге болмайды, ал судың

және майдың жалғастырылған бетіндегі қабыршақтар дәнекерлеуге мүмкіндік бермейді. Майлы қабыршақ металдың пішіннің бұзылуы кезінде созылады, бірыңғайлығын жоғалтпастан үстінің жақындасуына кедергі болады. Химиялық өңдеуден және майсыздандырудан майлы қабыршақтар толығымен кетпейді және дәнекерлеуге кедергі жасайды. Бірнеше рет спирт-ректификатпен жууда көмектеспейді. Майлы қабыршақтар – жабыстарған (дәнерлегенде пайда болған) диаметрі 50 ... 200 мм болат щеткамен тазартуға болады, 500 ... 3000 мин⁻¹ дөңгелектің жылдамдық айналуымен және 1 ... 2 МПа қысымды күшейтіп, үстін тазалайды. Бөлшектерді аралық қыспақпен қосқан кезде ұшын кесіп тастайды. Егер тазалау ыңғайсыз болса, онда майда бөлшектерді дәнекерлеу кезінде – никельмен қаптау әдісін қолдану қажет (немесе өңдеу), қаңылтырдан жасалған бөлшектерді дәнекерлеген кезде – үстін анодтау қажет. Дәнекерлеуге дейінгі дайындау уақыты – шексіз.

Мысалы, пуансонды қысып басқан кезде салқын нүктелік дәнеркерлеу сызбасы бойынша алюминий бөлшектердің қосылған беттігі 40 есе ұлғаяды.

Металдың бағыт сызығының өзгешілегі, қышқылданған жұқа қабыққа металдың терең қабатының жақындауы, олар қосылған беттікте орналасқан, артынша осы қабыршақтарды «шайып» кетеді - металл жағынан қамтып және оларды шеткі аймаққа жылжытады, итереді. Қышқылданған қабыршақтар орталық дәнекерлеу аймағынан шетке қарай ретсіз жіңішкереді немесе жұқарады.

Қышқылданған қабыршақтардың /жіңішкеруі/ жұқаруын көлімнің тұрақты Заңы бойынша шамамен анықтауға болады:

$$F_h U_h = F_k U_k \quad (4.5)$$

F_h , P_k - қабыршақтың алғашқы және соңғы аумағы, алаңы.

U_h , U_k - қабыршақтың алғашқы және соңғы қалыңдығы. Әдетте $U_h = 5 \dots 10$ нм, $F_R = 40 F_h$. Бұдан U_k , нм :

$$U_k = F_h U_h / (40 F_k) = 0,1 \dots 0,25 \quad (4.6)$$

Сондықтан, қышқылданған қабыршақтың жалпы қалыңдығы 0,2 ... 0,5 нм алюминий торының кристаллдық ұяшықтың көлеміне жақын, сондықтан 0,4 ... 0,41 нм және түйіршіктер арасындағы қалыңдығынан аспайды.

Сондықтан қуаттың ретсіз бөлінуі және түйісу кезінде таза созылмалы беттіктің пайда болуы мүмкін.

Егер сорылған беттіктің бір бірімен бірігуі пластинканың елеусіз қозғалысы кезінде болады. Металдың қосылу кезінде қалыңдығы қалың болса, қосалқы атомның белсенділігін арттыруға өте көп энергия қажет. Салқын дәнекерлеуге атомды белсендіруге негізгі электр қуаты көзі механикалық ауа қысымы немесе қуатты туындатуы.

Есептеу бойынша, салқын дәнекерлеу кезінде пайдаланған ауа қысымы, механикалық немесе жылу энергиясының эквивалентіне тең, негізінде металды жоғарғы шартты температураға қыздыруға болатын еді /4.2 кесте/. Төменгі температура кезінде атомдардың ауытқу амплитудасы өте көп, ауа қысымы неғұрлым жоғары болса яғни қысым, жылу металды қуатпен толтыруға қабілетті.

Металдардың қосылу кеңістігінде кеңістікке үдемелі көрінбейтін қозғалысы, қосылған беттікте белсенді орталықтар пайда болуына әсер етеді.

Сонымен салқын дәнекерлеу кезінде пішіннің бұзылуының рөлі қышқылданған қабыршақтың жұқаруы немесе жойылуы, кристаллдық тордың ұяшығының мөлшерінің дәнекерлеу беттігіне жақындауы, сонымен қатар беттік атомдардың деңгейінің энергетикалық жоғарылауы, химиялық байланыстардың пайла болуын қамтамасыз етеді.

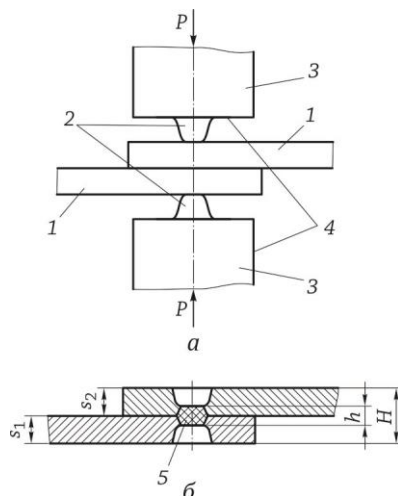
Дәнекерлеу сапасы, физика-химиялық беттіктің қосылған жағдайы дәнекерлеу кезіндегі және ауа қысымымен (қысымды күшейтумен) пішіннің бұзылуы деңгейімен сонымен қатар пішіннің бұзылуы сызбасы және қысымының қосымша әдісімен (статистикалық, тербелу). Сондықтан дәнекерлеу алдында мұқият, алдын-ала түйісу беттігінің дайындығы, сыртқы ласты тазарту, металды тазарту . Дәнекерлеуге ерекше органикалық кірлер, дәкерлеуленген бөлшектердің бірінғай пішіннің бұзылуы кедергі етеді.

Ең жақсы дәнекерлеу, беттікті механикалық тазарту - 1) беттіктің жұқа қабаты кесіледі, 2) пышақпен немесе қырғышпен қышқыл қабыршақтарымен органикалық сорылған қосындылар , ылғал , газ. Бірақ бұл әдіс өндірістік жағдайда тиімді емес. Ең көп

4.2- кестесі. Шартты температураға сәйкес үдемелі Тм		
Металл	P, МПа	T °C м
Алюминий	1000...1200	405...497
Мыс	2200...2500	746...856
Кадмий	300...400	147,6...196,8
Қалайы	250...300	151,8...181,5
Қорғасын	120...135	80,9...91,6
Мырыш	870...900	312...322,3

4.15 -сурет. Салқын нүктелік дәнекерлеу (а) и және дәнекерлеу қосылуының геометриясы (б):

1 - тазартылған бөлшектер; 2 – қалыптың жұмыс бөлігі; 3 – қалыптар; 4 – қалыптың тіреуіштері; 5 – біртұтас қосылған жері; s_1 – бірінші және екінші қосылған бөлшектердің қалыңдығы; h – біртұтас қосындының қалыңдығы; H – қосылған қалыңдық жинағы.



таралған және өндірістік әдіс - беттіктің диаметрі 0,08 ... 0,3 мм айналмалы болат сыммен тазарту.

Металды химиялық тазарту механикалық әдіспен қиын өнделетін күрделі түрдегі бөлшектердің беттігін тиімді тазартады. Сонымен алюминий бөлшектер 5 – 10 % сілті еріндісімен, мыс - 40% азот қышқылымен уландырылады.

Химиялық тазартудан кейін 6 сағаттан соң, ал механикалық тазартудан кейін 24 сағаттан соң дәнекерлеуі төмендейді.

Алюминий бөлшектерді тазалау үшін 350 – 400 С температурасында майлы қабыршақтарды балқытып күйдіреді. Қышқылданған қабыршақтар бөлшектердің пішіннің бұзылуы кезінде жойылады.

Тазартылған беттікті қолмен ұстауға болмайды, себебі қолмен металдың бетіне тиген майлы қабыршақтар салқын дәнектерлеуді болдырмайды. Механикалық тазалауға арналған құрал, мұқият майлылықтан тазартылуы керек. Дәнекерлеу бөлшектері салқын дәнекерлеу сызбасына байланысты нүктелік, пісірілген жігі, түйіс жік болуы мүмкін.

Нүктелік дәнекерлеу – ең қарапайым және кеңінен таралған әдіс. Ол алюминий бөлшектерді алюминиймен, алюминийді мыспен , қайта күшейтілген алюминийді мыспен қосуға тиімді. Салқын дәнекерлеу – жамаудан және нүктелі дәнекерлеуді алмастырады.

Салқын нүктелік дәнекерлеу кезінде (4.15 сурет) тазартылған бөлшектер 1 қалыптар арасында қапсырып орнатылады 3, жұмыс бөлімі бар 2 және тіреу беттігі 4, орнатылады. Қалыпты басқан кезде P

– қысымды күшейту кезінде бөлшектердің пішіннің бұзылуы және дәнекерлік қосылыс болады. Қалыптың тірегі дәнекерлеудің соңғы кезеңінде қосымша күшейтілген жағдайды тудырады, металға қалыптың терең түсуін шектейуін және бөлшектердің қисаюын азайтады.

Жасатылған бөлшектер (қалыңдығы 0.8 ... 5мм) дөңгелек қалыпты дәнекерлеуді ұсынады, ал қатайтылған - тікбұрышпен немесе күрделі түрімен. Рационалды диаметр d қалыптың дөңгелек жұмыс бөлігі мына формуламен анықталады

$$d = (1,8 \dots 3,5)s, \quad (4.7)$$

s - бөлшектің қалыңдығы.

Дәнекерлеудің соңғы кезеңінде жалты қысым P жалп. Қалыптың жұмыс бөлігі және тірек бөлшегінен тұрады

$$P_{\text{жалп.}} = P F_{\tau} + P_{\text{оп}} F_{\text{оп}}, \quad (4.8)$$

F_x және $P_{\text{оп}}$ - (пуасон) қалыптың жұмыс және тіркелу көлеміне сәйкес; P және $P_{\text{оп}}$ - қалыптың жұмыс және тіркелу көлеміне сәйкес; P және $P_{\text{оп}}$ - қалыптың жұмыс және тіреуіш бөлігіне сәйкес үдемелі қысым.

Ең аз қысым P қалайы бөлшектерді дәнекерлеу 90 МПа құрайды, жасатылған алюминий - 160 МПа, мыс – 280 МПа, АРМКО темір – 750 МПа, болат Х18Н9Т – 2000 МПа. Өндірісте алюминий бөлшектері ең аз үдемелі қысымда 260 МПа дәнекерленеді, ал АРМКО темір 1300 МПа. Үдемелі қысымды шамамен анықтау мүмкін

$$P = 3\sigma_{\tau} \quad (4.9)$$

σ_{τ} - дәнекерленген бөлшектің металл ағымының шектігі.

Алюминий бөлшегінің дәнекерленген кездегі тіреуін жағына түскен үдемелі қысым $P_{\text{оп}} = 25 \dots 50$ МПа (қалындағы аз бөлшекке қойылған – төменгі шек).

Металдың салқын нүктелік дәнекерлік қабілетін бағалауға «дәнекерлену» мағынасына немесе қалдық қалыңдылығы коэффициенті S , осыған байланысты анықталады

$$S = h \cdot 100 / (s_1 + s_2),$$

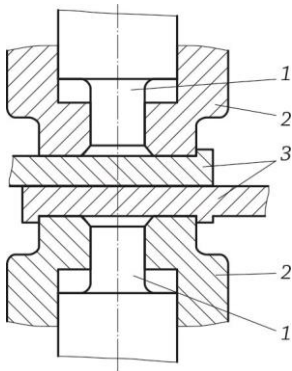
h - біртұтас қосылған қалыңдық (қалып арасындағы қалған қалыңдық) ; s_1, s_2 - бірінші және екінші қосылып дәнекерлену бөлшектерінің қалыңдығы .

Алюминийге (0,8 ... 4 мм қалыңдығы) үйлесімді дәнекерлену 30 % тең, қалыңдығының қалындауы, ұлғаюы 5 ... 10 мм шегінде дәнекерлену 20 % төмендейді. Дәнекерленуді 40% көтеру үшін қалыптың тіреуішіне, шиеленіскен жағдайды қамтамасыз ететін жоғары қысым қажет. Жоғарғы деңгейдегі пішіннің бұзылуы ($S = 10\%$) нүктенің беріктілігі өседі, бірақ қысым шұғыл жоғарлайды, бұл дәнекерлеу бөлшектердің пішіннің бұзылулары мен шалыстануы дәнекерлеуде алдын ала нүктелердің қысу сызбасы бойынша көбейеді. Нүктенің беріктілігін 10 – 20 % жоғарыталуға болады (4.16 сурет).

Дәнекерлетін бөлшектер 3 алдын-ала қысқыштармен 2 қысылады (қалыпты 1 қатты қысу бір мезгілде немесе осыға дейін 1). Қалыптың қатты қысылу төңірегінде кеңістік болуы бөлшектердің шалыстануын азайтады және шиеленіскен жағдайды дәнекерлеу кеңістігінде жоғарылатады. Қалыпты ізінің көлемінің жанында қатты пісірілуі мүмкін. Бірақ техникалық қиындық туындайды, екі жоғары қысым болуына байланысты беттіктің кіші көлемінде және қысқашпен қалыптың арасында металдынауын жою, осындай әдіс төменгі сапалы материалдардан бөлшектерді дәнекерлеуге мүмкіндік береді.

Нүктелік салқын дәнекерлеудің орындалуына байланысты арнайы құралды машинаны қажет етпейді , соған орай бақылаушыны қолданып сериялы қысымда табысты жұмыс атқарады, дәнекерлеу бөлшектері сенімді белгілейді, бұл олардың шалыстануын

болдырмайды.



4.16 -сурет. Алдын-ала , нүктелік салқын дәнекерлеу сызбасы: 1 – пуансондар; 2 – қысқыштар; 3 – дәнекерленетін бөлшектер.

Жинаған бөлшектер 3 олардың жұмыс шоқысы металл бөлшектеріне толық батқанша дөңгелектер арасына қондырылады. Бөлшектерді орналастырып және металға жұмыс шоқысының жүйелі орнатылуы (роликтер) дөңгешеліктер белсенді пішіннің бұзылуын тудырады, қорытындысында үздіксіз (моноклиттік) бітұтас қосылыс пайда болады – жігі 4.

Пісірілген жігі екі жақты, бір жақты және симметриялық емес болады, екі жақты дәнекер біркелкі

дөңгелектермен орындалады. Бір жақты дәнекерлеу шоқысы бар дөңгелектің биіктігі екі жақты дәнекерлеу дөңгелек шоқысының жиынтығына тең, ал екіншісі - тіреуіш және жұмыс шоқысы жоқ. Симметриялық емес дәнекер жұмыс шоқысының дөңгелектері әртүрлі мөлшерде болады.

Біркелкі жігі дәнекері көбінесе әртекті металдарды дәнекерлеуге бөлшектерді қосуға қолданылады, қаттылығы өте қатты айырмашылығын білдіреді.

Дөңгелектің жұмыс тарауы қатты металға кіргізіледі. Осындай дәнекер барлық басқа жағдайда біркелкі металдардың бөлшектерін дәнекерлегенде берік жігіні қамтамасыз етеді, жігі дәнекерінде металл білікті бойлай ағады. Бұл металдың шиеленіскен жағдайда дәнекерлеуін қиындатады.

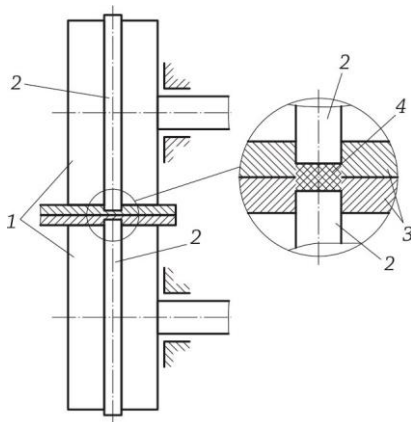
Сондықтан пісірілуге жету үшін, нүктелік дәнекерден емес, яғни өте үлкен пластикалық пішіннің бұзылуы (2 - 6%) қажет. Шиеленіскен жағдайды жоғарылатуға болады, ол үшін дөңгелектің диаметрін ұлғайту керек. Дөңгелек диаметрі 505 жақын,

Жұмыс тірек дөңесінің ені (1 ... 1,5) 5, биіктігі (0,8 ... 0,9) 5 құрайды, ал дөңгелектің тіреуіш бөлігінің ені пішіннің бұзылуылаумен шектеледі, оның жұмыс шоқысының ені 2 – 3 есе көп. Пісірілген жігі алюминий бөлшегінің 1 мм қалыңдығымен 27% дәнекерленуі 8 ... 12 м/мин жылдамдығымен орындалады.

Пісірілген жігі салқын дәнекерге металды кесетін станоктар (мысалы, фрезер станогі) қолданылады жұқа майысқақ металдардан бөлшекті дәнекерлеуге - үстелде тұратын қолдың станогі қолданылады.

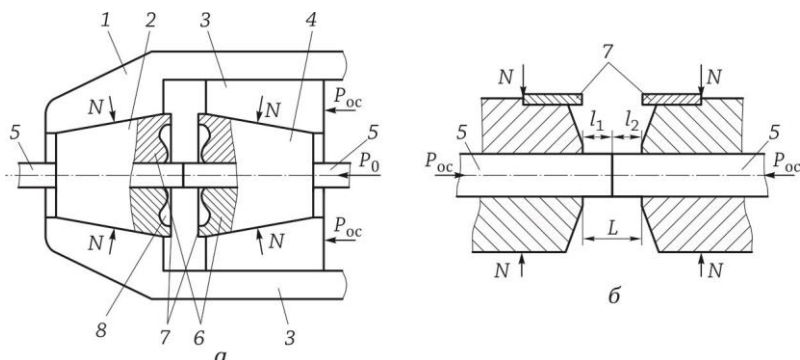
Салқын түйіс дәнекерлеу осы сызбаның біреуімен іске асырылады; бір жылжымалы және бір жылжымайтын қыпқыштармен немесе екі жылжымалы, қыпқыштармен (4.18- сурет)

Бір жылжымалы және бір жылжымайтын қыпқыштары бар дәнекерлеу сызбасы – алғашқы салқын пісірілу жігі сызбасы - қазіргі уақытқа дейін тәжірибелік мәнін жоғалтқан жоқ. 1 корпусінде жылжымайтын конустық қысқыштың 2 ұясы бар және бағыттағыш 3



4.17- сурет. Салқын пісірілген жігінің (дөңгелек) сызбасы :

1 – калып (дөңгелектер); 2 – калыптың шоқысы (дөңгелектің); 3 – жинақталған бөлшектер; 4 – дәнекерлеу жігі (біртұтас қосылу).



4.18- сурет. Бір жылжымалы және бір жылжымайтын қысқышы бар (а) және екі жылжымалы қысқыштары (б) бар салқын түйіс жігі дәнекерлеу сызбасы:

1 - корпус; 2 - жылжымайтын конустық қысқыш; 3 - жылжымалы конустық қысқыштарды бағыттаушылар; 4 - жылжымалы конустық қысқыш (жылжыма); 5 - дәнекерлетін бөлшектер; 6 - қысқыштардың бөліктерін қалыптастыратын кесу жиегі; 7 - тіректер; 8 - қысқыштардың тереңдігі; N-бөлшекті қысатын қысым; P_0 - бөлшектің төмен түскенге дейінгі қысымы; P_{oc} - күш жобасын әзірлеу.

жылжымалы конустік қысқыш 4. Дәнекерленетін бөлшектің алдынала тазартылған шетжағы жылжымайтын конустік қысқышқа 2 орнатылады, ол қысқыштың қалыпқа келтіретін бөлігінің кесетін жиектері 6 және тіректер 7. Төмен түсу күші жылжымалы конустік қысқышқа 4 қосылады, ауыстырылған кезде бөлшектердің шет жағы қысылады және екі конустың көмегімен жазып белгіленеді. Төмен түсіру күшімен 8 қысқыштар металлмен тіреуіштердің 7 бірігуінен бұрын толтырынады. Сондықтан тіреуіштер тығыз тұтасып қалған кезде, түйіскен бөлшектер орнында шиеліскен жағдай туғызады. Тоғысқан жерде бөлшектердің қосылуы (дәнекерлеу) болады, ал қалған металды кесуші жиегімен 6 кесіледі. Кесуші жиектің орналасуына байланысты жалғастыруды күшпен немесе күшсіз алуға болады.

Түйіс жігінің дәнекерлеу жұмыс ережесі дәнекерлікке қалдырылған артық көлем немесе бекітілген ұзындық L , дәнекерленетін бөлшектердің белгіленген ұзындықтарының жиынтығынан $L = l_1 + l_2$ қысым күшімен; үдемелі қысыммен (күшпен) төмен түсуі пішіннің бұзылуымен немесе төмен түсу жылдамдығымен анықталады.

Біркелкі металдардың ($L = 2l$) теңдей кесілген бөлшектерді дәнекерлегенде, l - мөлшері алюминий бөлшегінің шамасы ($0,8 \dots 1,2$)d құрайды, мыстан ($1,25 \dots 1,75$)d, қорғасыннан - ($1,0 \dots 1,2$)d, d - диаметр немесе бөлшектің қалыңдығы.

Дәнекерлеу бөлшектерінің кесілген жерінің қысқышы металдың қозғалысын болдырмау үшін, қысқыш күші болу керек : $(1,45 \dots 1,6) P_{ос}$, $P_{ос}$ - түсіру күші.

Үдемелі қысым (күш) бөлшек металлына байланысты және оның құрылымына, дайындық кесілуіне, құрастырылған жабдықтардың мөлшерінен және түрінен төмен түсу жылдамдығы. Төмен түсу үдемелі қысым тәжірибе жолымен анықталады. Мысалы, алюминийден жасалған бөлшектерге ол 450 ... 850 МПа құрайды , мыстан – 1 050 ... 1 450 МПа.

Төмен түсіруді алдымен бір қалыпты, соңынан жылдамдықты ұлғайтып жүргізеді (мысалы, 100 мм/с дейін). Кез-келген төмен түсіру жылдамдығы симметриялық бір мезгілдегі пішіннің бұзылуын қамтамасыз етуі керек.

Машина жасау өндірісінде салқын дәнекерлеу негізіне арнайы жабдықтармен және өндірістегі арнайы бейімделген прессте орындалады. Электротехникалық өндірісте қол құралдыры, үстел үстіндегі станоктар және машиналар қолданылады.

Алюминий сымдарын 2,5 ... 10мм² қимасымен дәнекерлеуге және мыс сымдарының 2,5 ... 4мм² қимасына КС-6 қол тістеуігімен әзірленген, алюминий және мыс қимасына 25мм² дейін - үстел үстіндегі станок СНС-3.

Салқын түйіс жігі дәнекерлеу - таза механикалық үрдіс, сондықтан автоматтандыру өте ыңғайлы. Е.О.Патон атындағы электрдәнекерлеу институтында жартылай автомат әзірленген, үздіксіз өндіріс жағдайында қолданылады. Оператор тек бөлшектерді қысқыш жылғасына төсейді, ал қысым, ұштарын кесу, қағып алу (қайталап, төмен түсу жағдайында) екінші шөгінді түсу, темір ұнтағын дебірлеу.

Қысқыштарды ашу және итеру автоматты түрде орындалады. Жартылай автомат алюминий сым қимасын 90мм² дейін және мыс сым қимасын 30мм² дейін дәнекерлейді.

МСХС және МХСД машиналары гидравликалық жетекті, төмен ток қуатымен ерекшеленеді, гидравликалық сору сымына ғана қолданылады. Сонымен МСХС-35 машинасы салқын жігі дәнекерлеуді 150мм² дейінгі мыс сым қимасымен орындайды, 1,7 кВт электр қуатын қолданады, ал контактілік пісіру дәнекерлеуге осындай сым қимасына небәрі 75 – 80 кВт қажет. МСХД-40 және МСХД-80 машиналары троллейбус сымдарын және тартымдылық қосалқы станцияларға арналған және 400 – 800 кН сәйкес күш жобасын жасайды. Машинаның өнімделігі - сағатына 60 және 100 дәнекерлеуге сәйкес жұмыс атқарады.

Жарылыс арқылы дәнекерлеу. Жарылыс арқылы дәнекерлеу –

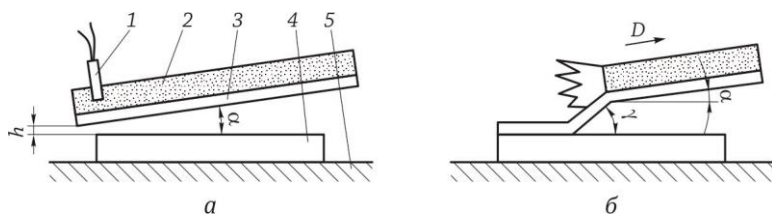
бұл алуан түрлі металдардан және қорытпалардан, соның ішінде басқа әдістермен дәнекерлеуі қиындық тудыратындардың да шектелмеген көлемдегі биметалл құрылымдарды алуға мүмкіндік беретін салыстырмалы түрде жаңа және келешекті технологиялық үрдіс.

Жарылыс арқылы дәнекерлеу барысында қосылыстар жарылғыш заттар (ЖЗ) зарядының жарылысы барысында энергия әрекетінен алынады.

Дәнекерлеудің принциптік бұрыштық сызбасы 4.19. суретте берілген. Жылжымайтын тілім (табан) 4 және лақтырылатын тілім (қаптама) 3 оның ұшы барысында тілімдер арасындағы шағын $h = 2... 3$ мм саңылаумен $a = 2... 16^\circ$ бұрышымен орналасады. Қаптамаға жарылғыш заттың заряды 2 қойылады, ал бұрыштың ұшында детонатор 1 орнатылады. Дәнекерлеу тіректе 5 жасалады. Бастамалық жарылыстан соң детонация ЖЗ зарядымен секундына бірнеше мың метр D жылдамдығымен таралады.

Жарылыстың кеңейтілген өнімдерінің жоғарғы қысымының әрекеті барысында қаптама секундына бірнеше жүз метр U_n жылдамдығына ие болады және V_u/D қатысының өсімімен артатын u бұрышымен негізбен соқтығысады. Соқтығысу орнында жиынтықтау әсері пайда болады – тілімдердің соқтығысу аумағынан өте жоғары жылдамдықпен табан және қаптау металынан тұратын жиынтықтау ағыны лақтырылады. Бұл ағын олардың қосылуының алдындағы уақытта дәнекерленетін беттердің тазалануын қамтамасыз етеді. Дәнекерлеудің тиімді тәртібі барысында дәнекерленетін беттердің сомалық қалыңдығы $1 \dots 15$ мкм металл қабаты алынады.

Табан мен қаптаманың соқтығысуы металдың беткі қабатының жергілікті қызуын шақыратын пішіннің пластикалық өзгеруімен жалғасады, оның нәтижесінде физикалық байланыс артады және дәнекерленетін беттер белсендіріліп, қосылыстар құралады.



4.19- сурет Дәнекерлеудің принциптік бұрыштық сызбасы жарылысқа дейін (а) және жарылыс барысында (б):

1 - детонатор; 2 - ЖЗ заряды; 3 - лақтырылатын тілім (қаптама); 4 - жылжымайтын тілім (табан); 5 - тірек; D - детонацияның таралу бағыты; h - тілімдер арасындағы a бұрыш ұшы барысында шағын саңылау; u – тілімдердің соқтығысу бұрышы; α – тілімдер арасындағы бұрыш

Координаталық торсыздықтың бұрмалануы бойынша тілімдердің соқтығысу аумағындағы пішіннің пластикалық өзгеруін зерттеу көрсеткендей, тілімдердің соқтығысуы олардың өзара жылжуымен қоса жүрген жерлерінде ғана беткі қабаттарының берік қосылысы құралады. Өзара жылжу болмаған жерде (атап айтқанда, жарылысты бастамалау аумағында) берік қосылыс құралмайды. Табанға жылдамдықтың тангенциалдық құраушысынсыз және жылжу пішінін өзгертуінсіз қаптаманың «тура» соққысы қосылыс аумағында дәнекерлеуге алып келмейді.

Жарылыс арқылы дәнекерлеу үрдісі қаптаманы лақтырудың V жылдамдығымен, тілімдердің соқтығысу бұрышымен, қысыммен, соқтығысу ұзақтығымен, соқтығысу аумағындағы температурамен анықталады.

Дәнекерлеудің технологиялық тәртібі D детонациясының таралу жылдамдығымен, $\varepsilon = m_{\text{св}} / T_{\text{пл}} = 8_0 / p_0 = 8_1 / p_1$ (онда $T_{\text{вв}}$, $T_{\text{пл}}$ – тиісінше заряд және қаптама массасы; 8_0 , p_0 – ЖЗ қабатының қалыңдығы және оның зарядының тығыздығы; 8_1 , p_1 – қаптаманың қалыңдығы және тығыздығы) қатысын білдіретін g мөлшерсіз көрсеткішімен, a бұрышы барысында тілімдер арасындағы h шағын саңылаумен беріледі.

Детонация – бұл газ және жылу бөлетін ЖЗ ажырау үрдісі. Детонацияның D таралу жылдамдығы ЖЗ түрімен, қабаттың қалыңдығы және тығыздығымен анықталады. Гомогендік зарядтарда детонация жылдамдығы сызықтық заң бойымен тығыздығының артуымен өседі. Кейбір әртекті (қоспалы) ЖЗ детонацияның таралу жылдамдығы олардың тығыздығының артуымен белгілі мәнге дейін өседі, ал әрі қарай тығыздалуы барысында – төмендейді. ЖЗ қабатының артуымен детонацияның таралу жылдамдығы қабаттың кейбір шекті қалыңдығына дейін өзінің үлкен мәніне жете отырып артады (әрбір нақты ЖЗ үшін ол өзінікі).

Детонацияның $D < C_0$ (онда C_0 — дәнекерленетін металдың бөлшегінде дыбыстың таралу жылдамдығы) дыбысқа дейінгі таралу жылдамдығы газдар қысымының қысқамерзімді импульсінің және металдың бетіндегі қысатын кернеулерінің ықпалымен жарылыс барысында металға енгізілетін энергияны жартылай жұта отырып, пластикалық пішін өзгеруі дамып үлгереді. Детонацияның газ тәрізді өнімдерінің қысымымен шақырылған қысу аяқталғанда пайда болатын жеңілдену толқыны (кернеулерді созатын) салыстырмалы түрде шағын амплитудасы болады және, ережеге сәйкес, металл үшін де, дәнекерленетін қосылыстарға да қауіпті емес.

Детонацияның $D > C_0$ дыбыстан жылдам таралу жылдамдығы барысында пластикалық пішін өзгеруі дамымайды. Металда баяу

өшетін және металдың зақымдануына алып келетін ауыздықтан құлайтын және шағылысқан соғылу толқындардан пайда болады.

Жарылыспен дәнекерлеу барысында детонацияның таралу жылдамдығы қосылатын тілімдердің металдарындағы дыбыстың таралу жылдамдығынан кем болатын және 1 500 м/с бастап C_0 дейінгі диапазонда болатын ЖЗ таңдалады. Мысалы, болатта дыбыстың таралу жылдамдығы 5 900 м/с құрайды, алюминийде - 6 260 м/с, мыста - 4 700 м/с, ал аммониттердің түрлі сұрыптарындағы детонацияның таралу жылдамдығы 2 500 ... 6 000 м/с шегінде болады, аммиакты селитрада - 1 800 м/с, гексогенде - 6 600 м/с болады. Отандық және шетелдік тәжірибеде жарылыспен дәнекерлеу барысында ЖЗ ретінде игданиттер - аммиакты селитраның дизельді отынмен қоспасы қолданылады; қоспада дизельді отынның құрамы көп болған сайын детонацияның таралу жылдамдығы төмен болады.

Жарылыспен дәнекерлеу барысында детонацияның таралу жылдамдығы қаптамамен дамытылатын U_n қалыпты жылдамдығын және тілімдердің соғылысуы барысында дәнекерлеу ошағындағы қысымды анықтайды. U_n жеткіліксіз жылдамдығы қосылыстың төзімсіздігіне немесе шалапісірілімге алып келеді. Болаттан бөлшектерді дәнекерлеу үшін $U_n < 500 \dots 700$ м/с. U_n шектен тыс жоғары жылдамдығы қаптамада және табанда құлайтын, шағылысқан соғылу толқындарының әсерінен сызаттардың пайда болуына алып келуі мүмкін.

Тілімдердің соғылысу жылдамдығы h саңылауына байланысты болады. Егер $h = 0$, онда $U_n = 0$ және дәнекерлеу, ережеге сәйкес, болмайды. h саңылауы 2 ... 3 мм кем болмайы тиіс. Үлкен h саңылауы қосылыстардың сапасын нашарлатады, ал өте үлкен саңылау барысында дәнекерлеу мүлдем болмайды.

Дәнекерлеу алдында біріктірілетін беттерді органикалық ластанудан мұқият тазалау қажет, себебі олардың зиянды ықпалы жиынтықты ағынмен де, тілімдердің соғылысуы барысында вакуумды жылжитын пішіні өзгеруімен жойылмайды.

Дәнекерлеу тәртібінің (D , h , z) бастапқы көрсеткіштерінің төмен көміртекті және хромникельді болаттан жасалған тілімдердің қосылу сапасына ықпалын зерттеу $\sigma_{отр} = f(D, h, z)$ функциясында дәлелдің өсу шамасына қарай: беріктігі төмен (шамамен $D < 1\,800$ м/с; $h < 3 \dots 5$ мм; $z < 1,1$); қосылыстың тиімді беріктігі және ақаусыз құрылымымен ($D = 2\,000 \dots 3\,000$ м/с; $h = 5 \dots 12$ мм; $z = 1,1 \dots 1,5$), дәнекерленетін беттерді тойтару нәтижесінде жоғары беріктігі бар, бірақ ақаулар мен сызаттары болатын ($D > 3\,000$ м/с; $h \gg 12$ мм; $z > 1,6$) үш саланы бөліп көрсетуге болатынын көрсетті. Дәнекерлеу тәртібін таңдау қосылыстардың

беріктігінің және құрылымының сипаттамасына байланысты болады (сызаттардың және кескіндеме бұзылуының болмауы).

Қосылыстардың сапасын көп жағдайда анықтайын негізгі шарттардың бірі h саңылауының өзгермеушілігі болып табылады. $h = 0$ барысында дәнекерлеу іс жүзінде мүмкін емес. Әсіресе бұл шарт үлкен беттерді жұқа табақтармен (1... 5 мм) жалату барысында өзекті болады. h саңылауының өзгермеушілігі сыртқы табақтың таспада және сымда асып қоюмен, металл шарларды, төсемдерді, шиыршықтарды, жіңішке металл кеңірдектенген тілімдерді пайдалануымен, беттерінің біреуіне өткір тістерін әкелуімен (механикалық өңдеу) қамтамасыз етілуі мүмкін. Жалату барысында ірі габаритті табақтарды іс жүзінде кеңінен пайдалану қалыңдығы 0,1 ... 0,2 мм болатын табақтардан алынған V-түрлі металл тіректерін алды. Тілімдер арасындағы h саңылауы үрдіс алдында олардың арасында дәнекерленетін тілімдердің металымен химиялық әрекеттесуге түсетін қысылған газды (артық қысым 4 ... 10 Па) айдау арқылы жасалуы мүмкін, бірақ бұл жағдайда саңылауды жабу қиындық тудырады.

h саңылауын жасау және тұрақтылығы үшін қажетті дәнекерленетін жұқа металл тілімдердің (фольга табақтары) қаттылығын арттыру үшін оларды кез келген әдіспен (мысалы, нүктелі дәнекерлеу) қосымша металл табаққа бекіту қажет. Олар өзара жарылыс барысында пісіріліп қалмас үшін олардың арасына майлау материалының жұқа қабаты жағылады.

ЖЗ зарядымен байланыста болатын жалататын табақтың беті зарядтың бризантты әрекеті (детонациялық) салдарынан зақымдалуы мүмкін. Заряд және жалататын табақ арасындағы бетті қорғау үшін буферлік қабат орналастырылады (полиэтиленнен, линолеумнен, резеңкеден).

Жарылыспен дәнекерлеу іс жүзінде кез келген металдан жасалған табақты дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Бірақ алынған қосылыстардың келесі қыздыруы қосылыс аумағында және белсенді диффузияны шақыруы және қосылыстың беріктігін төмендететін интерметалды фазалардың құралуы мүмкін (жеткілікті жоғары температурада ол нөлге дейін төмендеуі мүмкін).

Бұл құбылыстарды болдырмау үшін дәнекерленетін тілімдердің материалдарымен химиялық қосылыстарды құрамайтын жарылыспен дәнекерлеу металдардан жасалған аралық қабаттар арқылы жасалады. Мысалы, титаннан жасалған тілімдерді болаттан жасалған тілімдермен дәнекерлеу барысында аралық материал ретінде ниобий, ванадий немесе тантал пайдаланылады.

Сояуларды және құбырлардың ішкі беттерін және цилиндр құрылымдарын жалатуға жарылыспен дәнекерлеу пайдаланылады

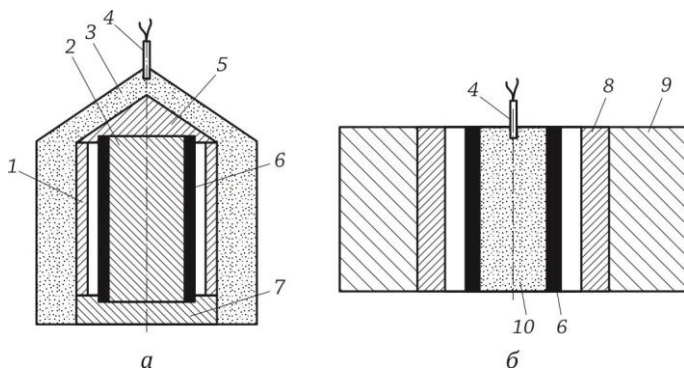
(4.20 -сурет).

Сояуларды жарылыспен жалату барысында гильза 1 сояуға 2 саңылаумен орнатылады. Гильзаның ішкі беті және сояудың сыртқы беті механикалық өңделген және майсыздандырылған болуы тиіс. Гильзаның сыртқы бетінде бүкіл қимасы бойы бір мезетте жарылыс оның өзегіне қатар заряды бойымен таралатындай етіп бастамалайтын (қозатын) жарылғыш заттың 3 сыртқы заряды орналасады. Жарылыстың мұндай таралу аумағын құру үшін ұшында детонаторы 4 бар ЖЗ конусы пайдаланылады. Детонация өнімдерінен саңылауларды бітеу үшін және сояуға қатысты құбырды орталықтандыру үшін оның жоғарғы бөлігінде металл конус 5 орнатылады. Жалататын құбырдың қалыңдығы 6 0,5 ... 15 мм болуы мүмкін, ал диаметрі теория бойынша шектелмейді.

Құбырдың ішкі бетін жалату өңделетін құбырды 8 орналастыруды қарастыратын массивті матрицада 9 сызба бойынша орындалады. Саңылауы бар өңделетін құбыр ішінде 8 детонатормен қоздырылатын 4 жарылғыш заттың ішкі заряды 10 бар жалататын құбыр 6 орнатылады.

Жауапты тағайындалымы бар ірі габаритті құбырлар және цилиндр құрылғылардың ішкі беттерін жалату үшін массивті матрицаның 9 орнына өңделетін цилиндрдің сыртқы бетінде орналасқан және бір мезетте ішкі зарядпен 10 жарылатын ЖЗ қосымша заряды пайдаланылады.

Үсті – үстіне жұқа табақтарды қосу үшін жарылыспен нүктелі дәнекерлеу тиімді пайдаланылады. Дәнекерленетін табақтар тіректе



4.20 - сурет. Сояуды (а) және құбырдың ішкі бетін (б) жарылыспен жалату сызбасы:

1 - гильза; 2 - сояу; 3 - жарылғыш заттың ішкі заряды; 4 - детонатор; 5 – металл конус; 6 - жалататын құбыр; 7 - табаны; 8 – өңделетін құбыр; 9 -массивті матрица; 10 - жарылғыш заттың ішкі заряды

жиналады. Беткі табаққа буферлік төсем арқылы детонатормен жарылатын ЖЗ цилиндр заряды орнатылады. Жарылыстан соң сақина түріндегі қосылыс пайда болады.

Жарылыспен дәнекерлеу барысында бірнеше грамнан бастап жүздеген килограмға дейін салмағы бар ЖЗ зарядтары қолданылады. Жарылыс барысында бөлінетін энергияның үлкен бөлігі қоршаған ортаға ауа соққы толқындары, сейсмикалық ауытқулар, сынықтардың ұшуы түрінде беріледі. Ауа соққы толқындары – жарылыстың зақымдаушы факторларының ішіндегі ең зияндысы, сол себепті тұрғын және өндірістік нысандардан айтарлықтай қашықтыққа алыстатылған полигондарда (ашық және жерасты) және жарылыс камераларында жарылысты дәнекерлеумен өткізу шартталған.

Ашық полигондарда жұмыстың артықшылығы іс жүзінде шектелмеген габаритті құрылымдарды дәнекерлеу мүмкіндігі болып табылады.

Ашық полигон жай жүретін техниканы және қызметкерлерді жарылыс уақытында баспаналары, жарлығыш материалдар қоймасы және темір жол тармағы бар жарылыстарды өткізу үшін арнайы жабдықталған алаңды білдіреді. Жарылыспен дәнекерлеуге барлық бөлшектерді дайындау тазалау, жуу, пакеттерге жинау) цехта жүргізіледі. Жиналған пакеттер темір жол көліктерімен полигонның жүк түсіретін алаңдарына жеткізіледі, ал ол жерден автокөлікпен-жарылыс орнына жеткізіледі. Жарылыспен дәнекерлеу сол тізбекпен өткен соң бөлшектер кері тәртіппен бақылаудан және, қажеттілігіне қарай, термиялық өңдеуден өткізу үшін цехқа жеткізіледі. Кейде жарылысқа бөлшектерді дайындауға арналған цех полигонда орналасады. Дала жағдайында жұмыстарды жүргізу барысында дәнекерленетін беттерге құм, тозаң, ылғал түсуі мүмкін, ол қосылыстың сапасына кері әсерін тигізеді. Сусымалы ЖЗ реттеу жел және жауын-шашын болғанда белгілі қиындықтар тудырады. Жағымсыз температуралар жағдайында металдардың соққы тұтқыштығының төмендеуінен бөлшектердің бүлінуі мүмкін.

Жерасты полигондардың кейбір артықшылықтары бар: ауа райының жағдайларына қарамастан жұмысты орындау мүмкіндігі, жарылыстың зақымдаушы факторларын кепілді оқшаулау.

Жарылыс камералары төзімділігі жоғары тау жыныстарында орнатылады және 5,4 ... 8,0 x 3,5 ... 3,8 x 2,5 ... 2,8 м габаритті көлемдері болады. Материалдарды, бөлшектер мен дайын өнімдерді сақтау үшін полигонда жарылыс қоймаларынан 100 м қашықтықта орналасқан қоймалар жабдықталады. ЖЗ заряды қойылған қаптама табақтарымен табан табақтары бір жинақта камераға арнайы массивті платформамен жарылыс уақытында соққыны амортизациялауға арналған құрылғымен

жабдықталған темір жол арқылы беріледі. Жарылыстан соң және камераны үрлеп тазартудан кейін детонацияның газ тәрізді өнімдерін жою үшін дәнекерленген бөлшегі бар платформа тоннельден шығарылады.

Жерасты полигондардың кемшілігі дәнекерленген бөлшектердің шектелген көлемдері, ауаның жоғары ылғалдығы, жүйелі жарылыстардан камералардың бүліну мүмкіндігі, өнімнің жоғары өзіндік құны болып табылады.

Жарылыстың зақымдаушы факторларын оқшаулау үшін жерге тереңдетілген жабық бетон құрылғылар қолданылады. Мысалы, АҚШта диаметрі 12 м, биіктігі 8 м қабырға қалыңдығы 0,61 м болатын темір бетонды камералар қолданылады. Камера 23 кг дейінгі салмағы бар ЖЗ зарядына есептелген. Жарылыс 2,4 x 1,8 x 1,5 м көлемді болат тақтада жасалады.

Жарылыстың зақымдаушы факторларын оқшаулаудың перспективті әдісі - жарылыспен дәнекерлеуді металл жарылыс камераларында жүргізу болып табылады: цилиндрлік (қабықшасы көлденең және тік орналасқан) және сфералық. Диаметрі 10,5 м қабырға қалыңдығы 20 мм болатын сфералық жарылыс камералары 09Г2С болаттан дайындалады және 50 кг дейінгі салмағы бар ЖЗ зарядына есептелген.

Дәнекерленген қосылыс сапасына бөлшек орнатылатын тірек айтарлықтай ықпал етеді. Тірекке қойылатын басты талап – соққы толқындарын сенімді тойтарыс беру қабілетін сақтау барысында ұзық қызмет етуі және бөлшектердің шамалы қалдық пішіннің бұзылуылануын қамтамасыз ету.

Тірек оған түрлі пішінді және көлемді бөлшектерді орналастыруға жарамды болуы тиіс және жалататын табақтың асылып тұрған жиектерін кесуді қамтамасыз ететін және онда бөлшектің тереңдеп кетуін болдырмайтын сығылмаушылығы болуы қажет. Қосымша жұмыстар жарылыс барысында тірек бөлшектерді лақтырып жібермес үшін тіректе бөлшектің сенімді бекітілген жағдайда механикаландырылуы және автоматтандырылуы мүмкін.

Ең кең таралған тіректер топырақты-құмды қоспалардан, қиыршық тастан, металдан, резеңке мен металдан, темір бетоннан, металл бөлшектен жасалған тіректер болып табылады. Топырақты-құмды тіректердің кемшілігі бөлшектердің қалдықты пішіннің бұзылуылануы және жиектік пісірілмегендігі болып табылады (қалыңдығы 10 мм кем бұйымдарды дәнекерлеу барысында). Бүтін металды тіректер ұзаққа шыдамайды және күрделі пішінді бөлшектерді дәнекерлеуді мүмкін етпейді.

Резеңкемен бөлінген металл табактардың жиынтығын білдіретін

резеңке-металл тіректер тиімді пайдаланылады. Бірақ металдың беткі табағы пішінін тез жоғалтады. Темір бетонды тіректер күрделі пішінді бөлшектерді дәнекерлеуге мүмкіндік береді, бірақ олар бір рет қана пайдаланылады, демек, қымбат болады.

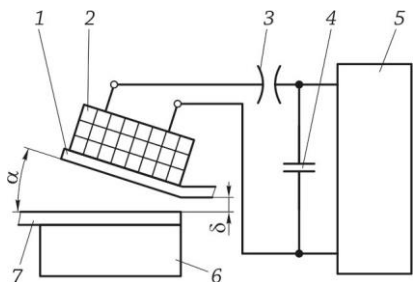
Металл бөлшектерден жасалған тіректер барлық талаптарды толығырақ қанағаттандырады: олар қызмет көрсетуге ыңғайлы және жұмыста сенімді.

Бөлшек материалы дәнекерленетін бөлшектің материалының физикалық-механикалық қасиеттері бойынша таңдалады. Мұндай тіректердің құрылымдары алуан түрлі болады және тағайындалуына байланысты таңдалады. Қалыңдығы 10 мм кем емес табактарды жарылыспен дәнекерлеу барысында металл бөлшектерден жасалған тіректерде бөлшегі бар ыдысты сұйықтықпен толтыру қажет: өзінің сығылмауына байланысты сұйықтық өзіне жарылыс импульсының айтарлықтай бөлігін қабылдайды, соның есебінен дәнекерленетін табактармен байланыс жасау аумағында бөлшектің қысымы төмендейді және қалдық пішіннің бұзылуы азаяды.

Магниттік-импульстық дәнекерлеу. Металдарды магниттік-импульстық дәнекерлеу дәнекерленетін бөлшектердің қабырғаларында көзделген оларды импульстық магниттік өрістің және магнит ағынының өзімен күштік магнит сызықтарымен қиюы барысында құйын тоғы арасындағы электромеханикалық өзара әрекеттесу күштерін пайдалануға негізделген. Бұл ретте электр энергиясы тікелей механикалыққа өтеді және магнит өрісі қысымының импульсы бөлшекке қандай да бір беруші ортаның қатысуынсыз әрекет етеді.

Магниттік-импульстық дәнекерлеуге арналған құрылғыға (4.21 сурет) жоғары вольтті трансформатордан және түзеткіштен тұратын заряд құрылғысы 5, қосымша электродқа тұтандырушы импульстің берілуі барысында қосылатын және жоғары вольтті конденсаторларды батареялардың зарядын 4 жалпақ индукторға 2 шақыратын коммутирлейтін құрылғы 3 кіреді. Дәнекерленетін бөлшектер 1 және 7 үсті-үстіне бір-біріне бұрышпен арасындағы саңылаумен 5 орнатылады. Индуктор 2 бетінде дәнекерленетін құрылғыға қарама-қарсы орнатылады. Дәнекерлеу барысында жылжуды болдырмау үшін бөлшек 7 тіректе 6 қатты бекітіледі. Бекітілген бөлшектер 1 оның дәнекерленетін ұшын бөлшектің 7 бағытына қарай жылжуын қамтамасыз етеді. Индуктор мен бөлшек арасындағы саңылаудағы конденсаторлар батареясын зарядтау барысында осы бөлшектегі тоқты индуктирлейтін қатты магниттік өріс пайда болады.

Индуктор тогының бөлшекке индуктирленген токпен өзара



4.21-сурет. Магниттік-импульстық дәнекерлеуді орнатуға арналған принципалды сызба;

1, 7 - дәнекерленетін бөлшектер; 2 - жазық индуктор; 3 – коммутирлейтін құрылғы; 4 - жоғары вольтті конденсаторлардың батареясы; 5 – зарядтайын құрылғы; 6 - тірек; α – бөлшектер арасындағы орнатылатын бұрыш; δ - бөлшектер арасындағы бастапқы саңылау

әрекеттесуі индуктор 2 және бөлшек 1 арасындағы кері итеру күшінің пайда болуына алып келеді, салдарынан бұл бөлшек үлкен жылдамдықпен индуктордан жылжымайтын бөлшектің 7 бағытына қарай ауысады. Бөлшектердің соғылысуы барысында олардың байланысқан аумағында жоғары қысымдар пайда болады және дәнекерлеген қосылыс құралады.

Магниттік-импульстық дәнекерлеу барысында лақтырылатын бөлшекке қысым лезде беріледі (магниттік өрістің таралу жылдамдығымен) және жарылыспен дәнекерлеу барысындағыдай жеке аумақтарға емес, қозғалыс бүкіл

лақтырылатын бөлшекке хабарланады. Дәнекерлеу барысында байланыс аумағын бірізді ауыстыруды қамтамасыз ету үшін бөлшектер дәнекерлейтін беттермен бір-біріне бұрышпен орнатылады, лақтырылатын бөлшекті дәнекерлеу алдында өңдейді. Қосылыс, жарылыспен дәнекерлеу барысындағыдай, дәнекерленетін беттердің қысық соғылысуы нәтижесінде құралады. Бұл ретте олардың оксидті қабықшадан және ластанудан кумулятивті ағынмен және олардың арасындағы металл байланыстары құралған белсенді пластикалық пішіннің бұзылуылауды тазалануы үшін жағдай жасалады.

Дәнекерлеу қосылыстарын бір-бірімен қатар орналасқан беттер арасында да қалыптастыру мүмкін.

Бұл ретте магниттік өрістің шашырап тарауы индуктордың ұшында лақтырылатын бөлшектің бойымен қысым біркелкі таралмайды – ол ұшында кем, ал орта бөлігінде көп болады. Мұндай жүктей барысында бастапқы тіксызықты лақтырылатын бөлшек жылжымайтын бөлшекпен өзара әрекеттесу аумағына ауыса отырып, кездесу уақытына дөңес болады, және жазық соқтығысу бастапқы байланыстың аумағынан екі қарама-қарсы бағытта таралатын (жалпы ағдайда) қысыққа өтеді.

Магниттік-импульстік дәнекерлеудің үш сызбасы бар: бөлшекті қапсыратын индукторды пайдаланып құбырлы бөлшектерді сығу барысында; бөлшектің ішінде орналасқан индукторды пайдаланып

құбырлы бөлшектерді тарату барысында; жазық индуктормен табак дайындамаларды деформирлеу барысында.

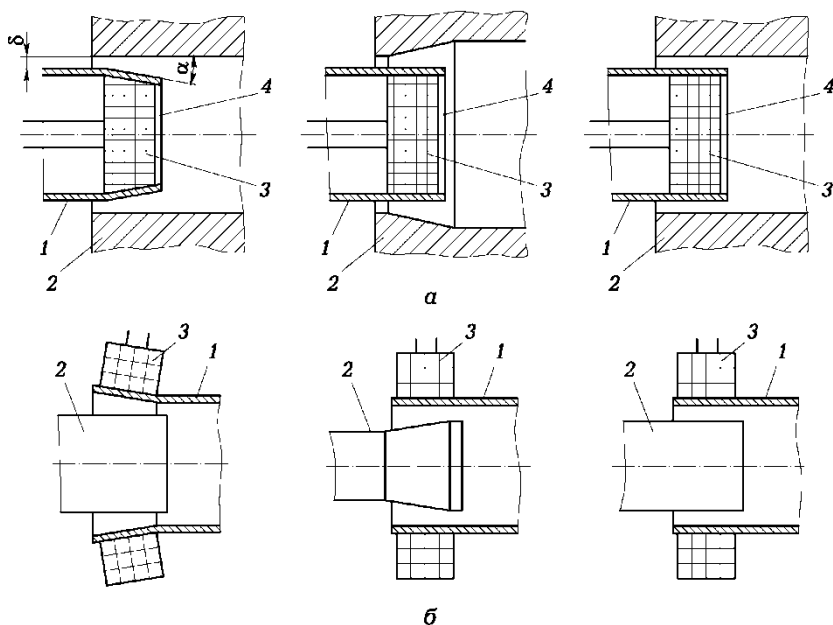
Екі негізгі сызба 4.22 суретте берілген. Жұқа қабатты элементтердің пішіннің бұзылуын болдырмау үшін дәнекерлеу үрдісі барысында бөлшектің (құбырдың) ішіне дәнекерлеуден соң жойылатын металл жақтау қойылады.

Дәнекерлеу үрдісін дәнекерлеудің негізгі динамикалық көрсеткіштерінің көмегімен реттеуге болады: беттердің соқтығысу жылдамдығы V , беттердің соқтығысу бұрышында және байланыс жағы қозғалысының V_R жылдамдығы.

Бөлшектердің соқтығысу V жылдамдығы лақтырылатын бөлшекке магниттік өрістің қысымымен анықталады, оның таралу және өзгеру сипаты,

лақтырылатын бөлшектің геометриялық көлемімен, материалдың физикалық-механикалық сипаттарымен, дәнекерленетін бөлшектер арасындағы бастапқы саңылаумен 5 және олардың арасындағы орнатылатын бұрышпен а сипатталады.

Бөлшектер арасындағы байланыстың ауысу V_k жылдамдығы



4.22 -сурет. Магниттік-импульстік дәнекерлеудің негізгі сызбалары:

a – бөлшекті қапсыратын индукторды пайдалану арқылы құбырлы бөлшектерді қысу барысында; *б* – бөлшектің ішіне орналасқан индукторды пайдалану арқылы құбырлы бөлшектерді тарату барысында; 1, 2 — дәнекерленетін бөлшектер; 3 — индуктор; 4 — дәнекерлеуден соң жойылатын металл жақтау

бөлшектердің соқтығысу V жылдамдығымен және бөлшектердің соқтығысу бұрышымен келесі тәуелділікпен байланысты:

$$V_k = V/\sin \gamma. \quad (4.10)$$

Дәнекерлеу барысында V жылдамдығы лақтырылатын бөлшектің ұзындығы бойымен өзгереді, сонымен бірге бөлшектердің соқтығысуында бұрыштары өзгереді және, нәтижесі ретінде, V_k жылдамдығы өзгереді.

Импульстік магниттік өрістің лақтырылатын бөлшекке әрекет етуі индуктордың ұзындығы мен орам санына, разрядтың кернеуіне, конденсаторлар батареясының сыйымдылығына, разряд энергиясына, индуктивтілікке және разрядтық контурдың белсенді қарсыласуына, көлденең қимасындағы индуктордың ішкі бетінің аумағына байланысты.

Магниттік-импульстік дәнекерлеу барысында жеделдетілетін бөлшекке магниттік өрістің әсері оны жылымайтын дәнекерленетін бетпен кездескенге дейін ауысу уақытымен шектелген. Бұл уақыт ішінде лақтырылатын бөлшекке дәнекерлеуге қажетті барлық энергия беріледі. Бөлшектің жеделдету уақытының аз болуы салдарынан разрядтың қуатын арттыру қажеттілігі туындайды. Бірақ бұл ретте пішіннің бұзылуыланатын бөлшек сияқты қысымды қабылдайтын индукторлардың беріктігімен байланысты және тоқтың үлкен тығыздығы барысында оны жылытумен бұл арттырудың шектеулері де пайда болады.

Индуктор әдетте ток өткізуші шиыршықтан, ток өткізгіштен, механикалық күшейткіштің оқшаулауы және элементтерінен тұрады.

Индуктордың басты элементі - берілген көрсеткіштері бар магниттік -импульстік өрісті құрауға қызмет ететін ток өткізгіш бір немесе көпорамды шиыршық.

Бір орамды шиыршығы бар индукторлар көпорамдыға қарағанда айтарлықтай берік және дайындауда қарапайым. Бірақ олардың шамалы индуктивтігі салдарынан күрделірек жоғары жиілікті магниттік-импульстік құрылғыларды пайдаланған жөн. Индукторлардың шиыршықтары лентадан жасалуы немесе бүтін дайындамадан әзірленуі мүмкін. Сонымен бірге салқындатқыш ортасы арнай арналард арқылы өткізілетін салқындататын индукторлар қолданылады.

Индуктордың төзімділігі оқшаулау сапасына байланысты болады. Индукторда басты (дайындамадан оқшаулайтын индуктор) және орам аралық оқшаулау қолданылады. оқшаулау ретінде арзанқол материалы бар армирленген шыныпластик (мысалы, эпоксидті шайыр), полиэтилен, фторопласт, лавсан пленкалары қолданылады.

Индукторлар мыс және оның қорыпталарынан жасалады. Өте күшті

өрістерден индукторларды алу үшін танталдан - ең перспективті материалдан жасайды.

Индукторлардың шектеулі көлемдері және жеткіліксіз беріктігі үлкен көлемді қосылыстарды алу үшін магниттік-импульстық дәнекерлеуді қолдануға мүмкіндік бермейді. Бұл әдісті әдетте түрлі құбырлы бөлшектерді өзара және басқа бөлшектермен, сонымен бірге жазық бөлшектерді ішкі және сыртқы контуры бойымен дәнекерлеу үшін пайдаланады.

Магниттік-импульсік әдіспен бөлшектерді іс жүзінде кез келген біртекті және түрлі материалдардан дәнекерлеуге болады. Лақтырылатын бөлшектердің қалыңдығының диапазоны 0,5 ... 2,5 мм құрайды.

Құрал жасау, авиациялық және ғарыштық өндірісте жұқа табақты көп әрекетті қалыптау дәстүрлі әдістермен алу қиын, кейде мүмкін емес жұқа қабатты сырықты бөлшектер кең қолданылады. Дәнекерлеу қымбат тұратын жабдықтауды және тапшы дәнекерді пайдалануды талап етеді. Қымбат тұратын және көп еңбекті қажет ететін жабдықтау салыстырмалы түрде қарапайым пішінді жұқа табақты бөлшектерді түйіскен және лазерлі дәнекерлеу барысында қатты жайғастыру үшін де қажет.

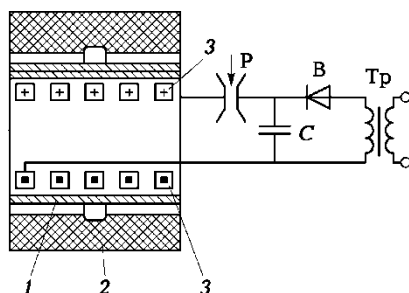
Мұндай түрдегі жұқа табақты бөлшектерді пішіндеу және дәнекерлеу үшін импульстық өрістердің энергиясы пайдаланылады.

Қатар қолданылған түйіскен дәнекерлеу – пішіндеудің принципиялды сызбасы (МИКСФ) 4.23- суретте көрсетілген.

МИКСФ мәні келесіде. Үсті – үстіне қосу арқылы жиналған фольга 1, болашақ құрылымның пішіні бар диэлектрлік ажыратқыш матрицаға 2 орнатылады. Бөлшектің ішінде жұмыс құралы орналасқан — индуктор 3. Конденсаторлар сыйымды батареяларын разрядтау үрдісінде индуктор орамдары бойымен индуцирленген ток I_i , өтеді, сызығының бағыты бірінші жарты кезеңде сызбада символмен (+) белгіленген, екінші жарты кезең— символмен (??) белгіленген. I_i тогының ауыспалы магнитті ағыны құйын токтарды бөлшекке ауыстырады. Индуцирленген токтың I_i күштік ағыны бөлшектің периметрі бойынша бағытталған, сондықтан оның үсті-үстіне қосылған жерден өтуі барысында қабықшада Джоуль жылуы бөлінеді.

4.23-сурет. МИКСФ принципиялды сызбасы:

1 — фольга; 2 — диэлектрлік ажыратқыш матрица; 3 — индуктор; P — разрядтаушы; В — түзеткіш; C - конденсатор; Tr - трансформатор



Құйын токтардың белгілі мәндері барысында ұштастырылған беттердің қосылыстарында балку пайда болады. Сол уақытта индуктордың магниттік өрісінің қабықшада құйын токтармен өзара әрекеттесуі оның бүкіл бетінде магниттік қысымның пайда болуына алып келеді. Қысым мен жылудың ұштастырылған беттің балкуымен бірлескен өзара әрекетінің нәтижесінде ұштастырылатын беттердің балкуымен түйіскен электрмен дәнекерлеу түрі бойынша дәнекерленген қосылыс пайда болады.

Дәнекерлеумен қатар матрицаның берілген конфигурациясына сәйкес құрылымды пішіндеу жүреді.

Пішін қалыптасу үрдісінде үсті-үстіне қосылыстардың алдын ала қысылған беттері бір-біріне қатысты жылжижы. Нәтижесінде, оксидті пленканың тұтастығы ыдырайды, ол дәнекерленетін беттердің сенімді балкуына ықпал етеді.

МИКСФ үрдісі қабықшалы бөлшектерді дайындаудың дәстүрді технологияларына қарағанда бірқатар артықшылықтары бар:

- бірқатар операцияларды алып тастау есебінен бағдарлы технологияны айтарлықтай жеңілдету; бұл ретте бөлшектер бір құрылғыда дайындалады;
- кең диапазонда және әкелінетін энергияның үлкен нақытылығымен реттеу мүмкіндігі (мөлшерлеу);
- автоматтандыру мүмкіндігі.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қысыммен дәнекерлеу деген не?
2. Қысыммен дәнекерлеудің негізгі түрлерін атаңыз.
3. Қысыммен дәнекерлеу барысында қосылыстардың құрылу табиғаты қандай болады?
4. Қысыммен дәнекерлеу барысында белсенді орталықтар ненін есебінен құрылады?
5. Қысыммен дәнекерлеу барысында қосылыстардың құрылу кезеңі қандай болады?
6. Дәнекерлеу қосылыстардың құрылуы кезеңінде қандай үрдістер жүреді?
7. Табиғи түйістіру проблемасы неде болады?
8. «Мәжбүрлі пішіннің бұзылуылау» термині не білдіреді ?
9. Жылуы бар қысыммен дәнекерлеу әдістерін атаңыз.
10. Темір ұсталық дәнекерлеудің мәні неде ?
11. УДД мәні неде?
12. УДД барысында пайдаланылатын ультрадыбыстың негізгі қасиеттері қандай ?

13. УДД жетістіктері неде?
14. УДД тәртібінің негізгі көрсеткіштері қандай?
15. УДД пайдалану салалары қандай?
16. Үйкеліспен классикалық дәнекерлеу және инерциялық дәнекерлеудің мәні неде?
17. Үйкеліспен дәнекерлеудің басқа әдістермен салыстырғанда артықшылықтары неде?
18. Дәнекерлеуге үйкеліспен дайындау мәні неде?
19. Үйкеліспен дәнекерлеу қайда қолданылады?
20. Газқысымды дәнекерлеу дегеніміз не?
21. Қандай үрдіс жоғары жиілікті дәнекерлеу деп аталады?
22. Жылусыз қысыммен дәнекерлеудің негізгі әдістері қандай болады?
23. Қыздырмай дәнекерлеу дегеніміз не?
24. Қыздырмай дәнекерлеудің жетістіктері мен кемшіліктері неде?
25. Қыздырмай дәнекерлеуді қолданудың негізгі салалары қандай?
26. Бөлшектерді қыздырмай дәнекерлеуге дайындау ерекшеліктерін қандай болады?
27. Қыздырмай дәнекерлеу тәртібінің негізгі көрсеткіштері қандай?
28. Қыздырмай дәнекерлеу әдістерінің түрлерін атаңыз.
29. Жарылыспен дәнекерлеудің мәні неде?
30. Жарылыспен дәнекерлеудің жетістіктері неде?
31. Магниттік-импульстық дәнекерлеудің мәні неде?
32. Диффузиялық дәнекерлеудің мәні неде ?
33. Диффузиялық дәнекерлеудің жетістіктері неде?
34. Диффузиялық дәнекерлеудің кемшіліктері неде?
35. Неліктен диффузиялық дәнекерлеу дәнекерленген бөлшектердің көлемінің жоғары нақтылығын қамтамасыз етеді?
36. Диффузиялық дәнекерлеуге бөлшектерді қалай дайындайды?
37. Диффузиялық дәнекерлеу тәртібінің көрсеткіштері қандай?
38. Диффузиялық дәнекерлеуге арналған құрылғылар неден тұрады?
39. Диффузиялық дәнекерлеу барысында бөлшектерді жылытудың қандай әдістері қолданылады?
40. Диффузиялық дәнекерлеу барысында вакуум неліктен қажет?
41. Вакуумсыз диффузиялық дәнекерлеуді жасауға бола ма?
42. Диффузиялық дәнекерлеу барысында дәнекерленген бөлшектердің қандай ақаулары болады?
43. Диффузиялық дәнекерлеумен орындалған қосылыстар қалай бақыланады?

1. *Вавилов А. Ф.* Үйкеліспен дәнекерлеу / А. Ф. Вавилов, В. П. Воинов. — М.: Машина жасау, 1964. — 155 б.
2. *Виль В. И.* Металдарды үйкеліспен дәнекерлеу / В. И. Виль. — Л.: Машина жасау, 1970. — 175 б.
3. *Волков Б. Б.* Ультрадыбыстық дәнекерлеуді қолдану арқылы жасалған пластмассадан жасалған бұйымдарды құрастыру ерекшеліктері. // Дәнекерлеу өндірісі, 1999. — № 5. — Б. 26 — 29.
4. *Гельман А. Б.* Қысыммен дәнекерлеу негіздері / А. Б. Гельман. — М.: Машина жасау, 1970. — 312 б.
5. *Дудин А. А.* Металдарды магниттік-импульстық дәнекерлеу / А. А. Дудин. — М.: Машина жасау, 1979. — 128 б.
6. *Кабанов Н. Б.* Түйістірілген машиналарда дәнекерлеу / Н. Б. Кабанов. - 2-ші бас., өңделген және толықтырылған. - М.: Жоғ. мект., 1973. — 255 б.
7. *Казаков Н. Ф.* Материалдарды диффузиялық дәнекерлеу / Н. Ф. Казаков. - М.: Машина жасау, 1976. — 312 б.
8. *Канон Ю. А.* Жарылыспен дәнекерлеу / Ю. А. Канон, Л. Б. Первухин, А. Д. Чудновский. - М.: Машина жасау, 1987. — 216 б.
9. *Каракозов Э. Б.* Қатты фазада металдарды қосу / Э. Б. Каракозов. — М.: Металлургия, 1976. — 263 б.
10. *Каракозов Э. Б.* Металдарды қысыммен дәнекерлеу / Э. Б. Каракозов. — М.: Машина жасау, 1986. — 276 б.
11. *Нефёдов Б. Б., Лялякин В. П.* Плазмалық дәнекерлеу – балқыма қамптаманы шетелде дамыту // Дәнекерлеу өндірісі, 1998. - № 3. - Б. 21 - 27.
12. *Николаев Г. А.* Дәнекерлеудің арнайы әдістері / Г. А. Николаев, Н. А. Ольшанский. - М.: Машина жасау, 1975. — 231 б.
13. *Петрунин И. Е.* Дәнекерлеу барысындағы физикалық-химиялық үрдістер / М. Е. Петрунин. - М.: Высш. шк., 1972. — 280 б.
14. *Сахацкий Г. П.* Металдарды қыздырмай дәнекерлеу технологиясы / Г. П. Сахацкий. — Киев: Наукова думка, 1979. — 295 б.
15. Үйкеліспен дәнекерлеу: анықтама / В. К. Лебедевтің ред., И. А. Черненко, В. И. Билля. — Л.: Машина жасау, 1987. — 236 б.
16. Машина жасаудағы дәнекерлеу: анықтама: 4т. - Т.1 / Н. А. Ольшанскийдің ред. - М.: Машина жасау, 1978. - 504 б.
17. Машина жасаудағы дәнекерлеу: анықтама: 4т. - Т. 2 / А. И. Акуловтың ред. — М.: Машина жасау, 1978. — 462 б.
18. *Стрижаков Е. Л., Глинберг А. Д., Карандашев Н. А.* және басқалар. Магниттік-импульстік түйістірілген дәнекерлеу – қабықшалы құрылымдарды пішіндеу // Дәнекерлеу өндірісі, 2000. - № 11. - Б. 37 - 39.

19. Авиакұрылыста дәнекерлеу және пісірудің технологиялық негіздері / [В. А. Фролов, В. В. Пешков, А. Б. Коломенский, В. А. Козаков]. — М.: Интернет инжиниринг, 2002. — 455 б.

20. Металдар мен қорытпаларды балқумен электр дәнекерлеу технологиясы / Б. Е. Патон ред. — М.: Машина жасау, 1974. — 768 б.

21. *Холопов Ю. В.* Ультрадыбыстық дәнекерлеу / Ю. В. Холопов. — Л.: Машина жасау, 1972. — 152 б.

22. *Шамов А. Н.* Металдарды жоғары жиілікті дәнекерлеу / А. Н. Шамов, И. В. Лунин, В. Н. Иванов. — Л.: Машина жасау, 1977. - 198 б.

Кіріспе	3
1 Тарау. Балқыта дәнекерлеудің дәстүрлі тәсілдері.....	5
1.1. Газ жалынымен дәнекерлеу	5
1.2. Бүркелген электродтармен қолдан доғалық дәнекерлеу 18	
1.3. Флюс қаптары астында автоматтандырылған доғалық дәнекерлеу	30
1.4. Қорғаныс газдары ортасында доғалық дәнекерлеу	41
1.5. Ұнтақ сымды доғалық дәнекерлеу	60
1.6. Электр қожды дәнекерлеу.....	62
2 Тарау. Балқыту арқылы дәнекерлеудің арнайы тәсілдері	73
2.1. Плазмалық дәнекерлеу	73
2.2. Электр-сәулемен дәнекерлеу	89
2.3. Лазерлік дәнекерлеу	99
2.4. Жарық сәулесімен дәнекерлеу	109
3 Тарау. Түйістіре дәнекерлеу	116
3.1. Түйістіре дәнекерлеу туралы негізгі мәліметтер	116
3.2. Жіктік дәнекерлеу	123
3.3. Түйіспелі дәнекерлеу	125
3.4. Нүктелік дәнекерлеу	130
4 Тарау. Қысыммен дәнекерлеудің арнайы тәсілдері.....	135
4.1. Қысыммен дәнекерлеудің ерекшеліктері	135
4.2. Қыздырылған қысыммен дәнекерлеу	137
4.3. Қыздырусыз қысыммен дәнекерлеу	177
Әдебиеттер тізімі	200

Оқулық басылым

Овчинников Виктор Васильевич

Дәнекерлеудің заманауи түрлері

Оқу құралы

4-басылым, стереотипті

Редактор Е.А.Омарханов

Техникалық редактор *Е. Ф. Коржуева*

Компьютерлік өңдеу: *Д. В. Федотов*

Корректор *О. В. Попова*

Бас. № 104114216. Басылымға қол қойылды 29.07.2014. Формат 60 x 90/16.
«Балтика» гарнитурасы. Офсеттік қағаз № 1. Офсеттік баспа. Шарт. бас. б. 13,0.
Таралымы 1000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы. www.academia-moscow.ru 129085, Мәскеу, Мир
даңғылы, 101В, бет. 1.

Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Санитарлық-эпидемиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16591 29.04.2014
жылы.

«Первая образцовая типография» ААҚ-да баспа табыс еткен электрондық тасушыдан
басып шығарылды.