

Т. А. БАГДАСАРОВА

МЕТАЛДАРДЫ КЕСУ НЕГІЗДЕРІ

*Кәсіби білім беру жөніндегі сараптамалық
кеңес кәсіби даярлау бағдарламасын іске
асыратын білім беру мекемелеріне оқу
құралы ретінде рұқсат еткен*

4- басылым, стереотипті



Мәскеу

«Академия» баспа орталығы

2016

ӘОЖ 621.91(075.9)
КБЖ 34.642 Б142

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орында 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 акпарат) 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@dcg.kz

«Үздіксіз кәсіби білім беру» топтамасы

Рецензияшылар:

«Мәскеу координаталық-жону станоктары зауыты» ААҚ бас директорының орынбасары, станок өнімдерін өндіру цехының бастығы *А.В. Курицын*; Мытищи қ. № 2 КЛ ГОУ ФӨБ оқу-өндірістік жұмыс жөніндегі орынбасары, Ресей Федерациясының Еңбегі сіңген мұғалімі *М. П. Юклев*

Багдасарова Т. А.

Металдарды кесу негіздері: оқу құралы/ Т.А. Багдасарова. — 4-Б142 бас., стер. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2016. — 80 б.

ISBN 978-601-333-374-8 (каз.)

ISBN 978-5-4468-3032-9 (рус.)

Металдарды кесу негіздері, кесу процесімен қабат жүретін құбылыстар және олардың өңдеуге теріс әсерін азайту тәсілдері туралы мәліметтер келтірілген. Инструменттерді дайындауға қолданылатын материалдар қарастырылған және қолданылатын инструменттердің ерекшеліктері, олардың геометриялық параметрлері келтіріледі, өңдеу жағдайларының кесу геометриясына әсері көрсетілген. Инструменттердің тозу себептері атап көрсетіледі және олардың төзімділігін арттыру туралы ұсынымдар беріледі. Технологиялық процесті құрайтын ұғымдар мен элементтері ашып көрсетіледі, технологиялық құжаттама туралы деректер келтіріледі.

Машина жасау және металл өңдеу кәсіптері бойынша жұмысшыларды даярлау, қайта даярлау және біліктілігін арттыруға арналған. Орта кәсіптік білім беру мекемелерінде қолдануға болады.

ӘОЖ 621.91(075.9)

КБЖ 34.642

ISBN 978-601-333-374-8 (каз.)
ISBN 978-5-4468-3032-9 (рус.)

© Багдасарова Т.А., 2007

© «Академия» білім беру-баспа орталығы, 2007

© Безендіру. «Академия» баспа орталығы, 2007

Оқырманға

Кесіп өңдеу жоғары өнімділігімен, әмбебаптығымен және икемділігімен ерекшеленетін машиналар мен механизмдерді дайындаудың негізгі тәсілі болып табылады. Металдарды кесу негіздерін білу бөлшектерді сапалырақ әрі үнемді дайындауға септігін тигізеді.

Оқу құралының арқасында сіз:

- кесу теориясының негіздерін;
- металдарды кесіп өңдеу процесімен қабат жүретін құбылыстарды;
- кесетін инструменттер геометриясын;
- кесу режимдерінің есебін;
- кесу күшінің құрамдастарын;
- бөлшектерді өңдеудің технологиялық процесін құру қағидаттарын;
- қажетті жұмысты атқаруға қажетті жабдықтың қуатын анықтау негіздерін;
- бұйым сапасы мен еңбек өнімділігін арттыру үшін еңбекті ғылыми тұрғыда ұйымдастыру негіздерін білетін боласыз.

Оқу құралының арқасында сіз мыналарды жасай аласыз:

- кесіп өңдеу процесімен қабат жүретін келеңсіз құбылыстарды жою;
- инструменттің беттерін қайраудың қажетті бұрыштарын таңдау;
- жұмыстардың белгілі бір түрлерін ескере отырып, инструментті дайындау материалын таңдау;
- кесу режимдерін есептеу;
- станоктың қажетті қуатын анықтау;
- технологиялық процесті әзірлеу;
- қажетті технологиялық құжаттаманы әзірлеу.

Металдарды кесу теориясы туралы мәліметтер

Кесу — материалдарды өңдеудің байырғы тәселдерінің бірі.

Металдарды кесу — дайындаманы немесе алдын ала өңделген бөлшекті бұйымға берілген пішінді, өлшемдер, бұдырлық беру және беттің белгіленген сапасын қамтамасыз ету үшін әдіпті кетіру мақсатында жоңқасын алып тастап өңдеу.

Кесіп өңдеуге қайрау, бұрғылау, фрезерлеу, тегістеу, жаймалау, қашау, тарту және т.б. тәсілдер жатады. Кесу процесін зерделеу үшін физикалық әдістер қолданылады, қатты денелер физикасы ғылыми ұғымы пайдаланылады, ал оны ғылыми сипаттауға ***кесу теориясы*** қызмет етеді. Металдарды кесу теориясының қалыптасуында және оның дамуында ресейлік ғалымдарға зор рөл атқарады. Олар ғылыми нәтижелердің сабақтастығын сақтай отырып, бірнеше ғасырлар бойына зерттеулер әдістемесін жасап шығарды. Оны біртіндеп дамыта келе, олар орасан теориялық, бастысы, практикалық мәні бар бірқатар заңдылықтарды анықтады.

Кесу теориясында жоңқаның түзілу процесінің ортақ заңдылықтары мен кесу процесімен қабат жүретін бірқатар құбылыстар (жоңқаның шөгуі, қақ түзілу, өңделген бөлшектің беткі қабатын тойтару, жылу бөлу, діріл) қарастырылады; инструментке әсер ететін күштердің схемалары, олардың кесу процесіне ықпалы зерделенеді; инструменттердің тозу проблемалары, олардың төзімділігін арттыру жолдары, инструменттер геометриясының кесу процесіне, сондай-ақ кесу режимдерінің кесу күштеріне және инструменттің беріктігіне әсері зерттеледі; майлау-салқындату технологиялық орталарын (МСТО) таңдау қағидалары, МСТО кесу аймағына жеткізу тәсілдері және т.б. көрсетіледі.

Металдарды кесу теориясын дамыту үшін маңыздысы ғылымның өндіріспен тығыз байланысы, ғылым және өндіріс жұмыскерлерінің шығармашылық өзара әрекеттестігі болып табылады.

Металдарды кесу процестерін зерттеп жүрген ғалымдардың жетістіктері өндіріске ендіріледі — бұл, мәселен, қиын өңделетін металдар мен жеңіл қорытпаларды өңдеу, синтетикалық алмастар мен дайындамаларды өңдеу және инструменттерді қайрау үшін бордың үшінші дәрежелі натридің қолдану, МСТО жаңа түрлерін пайдалану тәсілдерін, сондай-ақ инструменттердің беріктігін арттыру тәсілдерін қолдану жөніндегі ұсынымдар.

Металдарды кесу ғылымының негізін салушылар XIX ғасырдың аяғы мен XX ғасырдың басындағы көрнекті ресейлік ғалымдары И.А.Тиме, К.А.Зворыкин, Я.Г.Усачев болып табылады. Осы ғалымдардың еңбектері әлемдік танымалдылыққа ие болды және әлі күнге дейін өзінің ғылыми және практикалық құндылығын жойған жоқ.

1868 жылы Петербор тау-кен институтының профессоры И.А.Тиме түрлі металдарды кесу процесін егжей-тегжейлі зерттеді. Ол жоңқаның түзілу процесіне, оның шөгуі құбылысына тұңғыш ғылыми түсініктеме берді, сондай-ақ металдарды түрлі жағдайларда кескен кезде алынатын жоңқаның үлгілерін жіктеп берді. Осы саладағы өз жұмыстарымен профессор И.А.Тиме ғалымдардың металдарды кесу туралы ілімінің әрі қарай даму жолын белгіледі, кесу күшін анықтау формуласын теориялық тұрғыда шығарды.

Металдарды кесу ғылымының дамуына ірі үлес қосқан Петербор политехникалық институтының профессоры К.А.Зворыкин болды. Ол кескішке әсер ететін күштердің схемасы қарастырып, кесу күшін анықтаудың дәл формуласын теориялық тұрғыда шығарды. 1893 жылы ол кесу күшін анықтайтын аспап жасап шығарды.

Петербург политехникалық институтының аға шебері Я. Г. Усачевтың жұмыстары да әлемге кеңінен танылды. Ол 1912 жылы жоңқаның түзілу процесін зерттеу үшін микроскопты қолданды, осылайша металдарды кесу ғылымында жаңа бағытты — кесу процесінің физикалық құбылыстарын зерттеу бағытын белгіледі. Я. Г. Усачевтің еңбектерінде **қақталма** құбылысы (салқын пластикалық деформация туғызған металдың қасиеттерінің өзгеруі) алғаш рет сипатталады, **шордың** түзілу процесі (жоңқаның металын инструменттің алдыңғы бетіне жабыстырылуы) түсіндірілді, кескіштің температурасын анықтау әдісі әзірленді.

XX ғасырдағы ғалымдардың, соның ішінде И. М. Беспрозванныйдың, В. А. Кривоуховтың, Н. И. Резниковтың, Г. И. Грановскийдің және көптеген т.б. металдарды кесу теориясын дамытуға үлесі елеулі болып табылады.

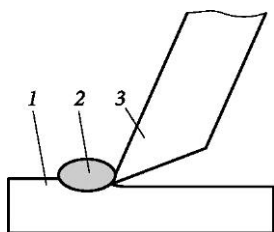
Кесу процесімен қабат жүретін құбылыстар

Металды кесу процесінің мәні қажетті пішіндегі, өлшемдегі бөлшекті және беттің бұдырлығын алу мақсатында дайындамадан жоңқа түріндегі әдіптің қабатын алып тастауда. Кесу процесі физикалық-химиялық табиғаты бар бірқатар құбылыстармен қабат жүретін серпінді пластикалық деформацияларға негізделген. Осы құбылыстарды қарастырайық.

Жоңқаның түзілу процесі. Кесу процесінде кесетін инструменттің алдыңғы бетінің дайындама металына көрсететін күшінің әсерімен кесілуі тиіс металдың қабаты деформацияланады. Серпінді пластикалық деформациялар өзінің шекті мәндеріне жеткен сәтте жоңқаның бірінші, сонсоң екінші, үшінші және т.б. элементтері ығысады (**сынады**).

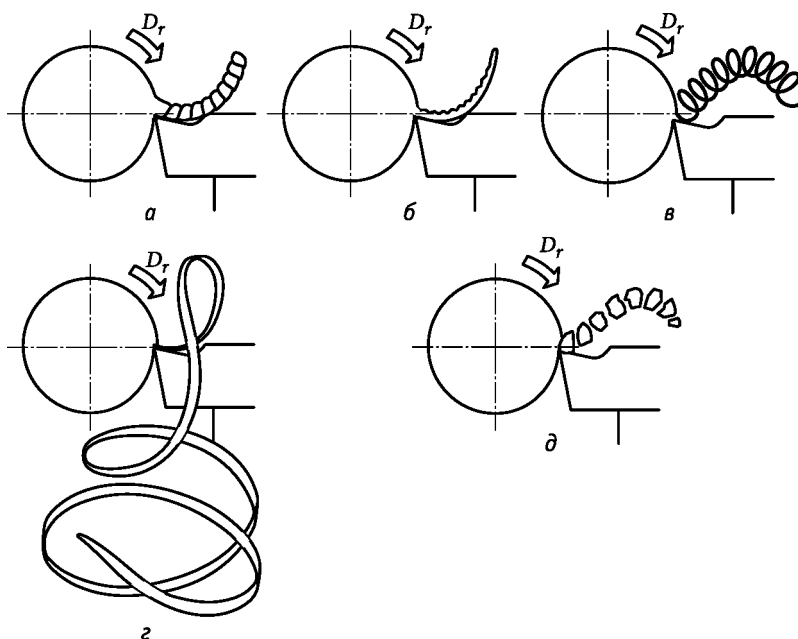
Кескіштің алдындағы аймақты кернелген-деформацияланған күйдегі дене түрінде қарастыруға болады (2.1-сурет).

Алынатын жоңқаның түрі өңделетін металдың механикалық қасиеттеріне (қаттылығы, тұтқырлығы, сынғыштығы және т.б.), сондай-ақ кесу жағдайларына (кесу жылдамдығы мен тереңдігі, кескішті беру, геометриясы және т.б.) қарай саналуан болуы мүмкін (сатылы, элементті, иірімелі және жарықшалы).



2.1 сурет. Металды инструментпен кескенде дайындамада пайда болатын кернелген-деформацияланған күйдің аймағы:

1 — дайындама; 2 — дайындама металының пластикалық деформациялау аймағы; 3 — инструмент



2.2. сурет. Жоңқа түрлері

Элементті және сатылы жоңқалар қаттылығы орташа болатты, алюминийлі және оның қорытпаларын орта жылдамдықпен кесіп өндегенде түзіледі және кескіштің жағынан тегіс және ішкі жағынан кетілген таспаны білдіреді (2.2, а, б сурет).

Иірмелі жоңқа жұмсақ болатты, мысты, қорғасында, қалайыны жоғары жалдамдықпен кескенде кесіп өндеуге тән. Түзілген жоңқа шиыршық (2.2., в сурет) немесе ұзын (көбіне шатасқан) таспа (2.2. г сурет) түріне ие болады.

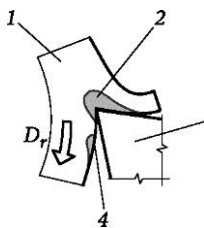
Жарықшалы жоңқа аз пластикалық материалдарды (шойын, қола) кескенде түзіледі және жекелеген кесіктерден (2.2. д сурет) құралады.

Жоңқаның шөгуі. Жоңқаның түзілу процесін ертеректе сипаттағанда жоңқаның әр элементі кесетін инструменттің алдыңғы беті түсіретін күштің әсерінен деформацияланатыны, атап айтқанда жаншылатыны атап көрсетілген болады, соның салдарынан жоңқаның ұзындығы әркез оның өзі кесіп алынған беттің бөлігінің ұзындығынан аз болады. Бұл жоңқаның шөгуі деп аталатын құбылыс **шөгу коэффициентімен** сипатталады.

мұнда L_0 — өңделген беттің ұзындығы, мм; L — жоңқаның ұзындығы, мм.
К шамасы әркез бірліктен ($K = 1,1... 10,0$) көп болады. К мәні көп болған сайын, жоңқаның деформациялану дәрежесі көп, яғни металдың сынуға кедергісі азайған сайын оның өңделгіштігі де жақсарады.

Шөгү коэффициентінің шамасы кесу параметрлерінің қатарына байланысты болады. Мәселен, кескіштің алдыңғы бұрышы ұлғайғанда шөгү коэффициенті азаяды, ал кесілетін жиектің дөңгелену радиусы ұлғайғанда ұлғаяды. Кесіндінің қалыңдығы ұлғайғанда шөгү коэффициенті азаяды және т.т.

Шор түзілу. Түзілгеннен кейін жоңқа кесетін инструменттің алдыңғы бетімен төмен түседі және жоңқаның және инструменттің түйіскен алаңшасында үйкеліс пайда болады және материалдардың температурасы көтеріледі. Үйкеліс күші мен көтеріңкі температураның нәтижесінде инструменттің алдыңғы бетіне жабысқан металл дөңесі түрінде пластикалық деформациясының қосымша аймағы пайда болады. Мұндай дөңес шор (2.3 сурет), ал құбылыс шор түзілу деп аталады. Шордағы металл қатты деформацияланған, нығыздалған, жоғары қаттылыққа ие, өйткені қыздыру және әрі қарай салқындату барысында ол термиялық өңдеуге – шынықтыруға ұшырайды. Шыңдалған металл тек қатты ғана емес, сонымен бірге сынғыш келеді. Сондықтан шор кескіште ұзақ уақыт ұсталмайды, ол ауық-ауық сынады. Сынғыш шордың ұшып кеткен кесіктері бөлшектің өңделіп қойған бетін сызаттайды.



2.3 сурет. Алдыңғы беттегі шорлы кескіш:

1 — өңделетін дайындама; 2 — шор; 3 — кескіш; 4 — дайындаманың бетіне жабысқан шордың бөлшегі; D_r — негізгі жүрістің бағыты

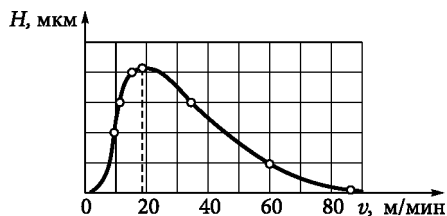
Шор түзілудің кесіп өңдеу процесіне әсері екі жақты болады. Шор кесетін инструменттің геометриясын өзгертеді: шорлы бөлікте кескіште болған оң бұрыштың орнына теріс алдыңғы бұрыш түзіледі. Шордың есебінен кесетін жиек сакталады, өйткені шор кесудің бүкіл жүктемесін өзіне алады. Бұл ретте кескіштің алдыңғы және артқы беттерінің тозуы азаяды, яғни шор оларды қажалудан қорғайды. Сонымен бір мезгілде өңдеудің дәлдігі нашарлайды, өйткені шордың салдарынан кесілетін қабаттың қалыңдығы ұдайы өзгереді. Одан бөлек, бөлшектің өңделген бетіндегі ұсақ тегіссіздіктің биіктігі ұлғаяды, өйткені шордың ұшып кететін кесіктері бетке әсер ете отырып, онда жаншылма түзеді немесе бөлшекке жабысады.

Осылайша, қаралтым өндегенде шор түзілудің жағымды құбылыс, ал таза өндегенде зиянды құбылыс деп тұжырым жасауға болады. Бұл жағдайда технологтар бұл құбылыстың алдын алуға тырысады. Шор түзілу себептерін жою үшін өңделген беттің жоғары сапасын алу мақсатында мынадай шараларды ұсынамыз:

- **белгіленген кесу жылдамдығы кезіндегі жұмыс**, өйткені шор кесудің минутына 7... 18 м/мин жылдамдығында (2.4- сурет) қарқынды түзіледі. Кесудің аз жылдамдығында (7 м/мин дейін) кесу аймағындағы температура жоңқа металын инструментке жабыстыру және шор металын шынықтыру үшін жеткіліксіз, ал кесудің үлкен жылдамдығында (минутына 80 м) шор кескішке жабысып үлгермейді, өйткені жоңқа түйісу аймағынан жылдам кетіріледі.

Назар аударыңыз! Жылдам кесетін болаттан жасалған көпжүзді инструментпен: жаймалағышпен, таңбалағышпен және үлгілік кескіштермен, яғни аз бұдырлықты қамтамасыз ететін инструменттермен өңдеуді кесудің аз жылдамдығымен, ал қатты қорытпалы кескіштермен және зенкерлермен өңдеуді аса жоғары кесу жылдамдығымен жүргізу қажет;

2.4 сурет. H шордың биіктігінің өзгеру сипаты v кесу жылдамдығына қарай



- *кескіштің алдыңғы бетін бабына жеткізу немесе жалтырату*, өйткені бұл кезде жоңқаның инструментке үйкелісі кілт азаяды және шор мүлдем түзілмейді;
- *майлау-салқындату технологиялық орталарды қолдану*, өйткені егер кескіштің беті жақсы майланса, онда шордың түзілуі қиындайды және кесу аймағындағы температура төмендейді. МСТО ретінде таза өңдеу кезінде сульфозфрезол, арнайы көпқұрамдасты құрамдар, құрамында молибден қос сульфиті бар сұйықтық және т.б. қолданылады.

Қақтама. Бөлшектің өңделген бетіндегі металдың қаттылығы қақтама құбылысы нәтижесінде дайындаманың ішіндегіге қарағанда әркез жоғары болады. Қақтама өңделетін металдың жоңқаны жарып кетіру процесінде салқын деформацияның әсерімен өңделетін металдың беткі қабатын өзгертумен сипатталады. Қақталған қабаттың тереңдігі 1... 2 мм жетеді. Қақтама дәрежесі (қаттылықтың арту дәрежесі) және қақталған қабаттың тереңдігі өңделетін материалдың механикалық қасиеттеріне (сынғыш металдар тұтқыр металдарға қарағанда азырақ қақталады), кескіштің геометриясы (кескіштің алдыңғы кіші бұрышы үлкен қақтама туғызады), кесу режиміне, МСТО түріне және басқа да факторларға байланысты болады. Қақтама термиялық өңдеумен – суарумен алынады.

Кескен кезде жылу бөліну. Кесу барысында металл бөлшектің, кесетін инструменттің және жоңқаның түйіскен аймағындағы температура артады. Кесу аймағындағы температураның артуы — бұл кесу жұмысына жұмсалатын механикалық энергияның айналуының жанама және болмай қоймайтын нәтижесі. Кесу аймағында бөлінетін $Q_{рез}$ жылуы өзара түйісетін жоңқамен ($Q_{стр}$), дайындамамен ($Q_{заг}$), инструментпен ($Q_{инстр}$) және қоршаған ортамен (атмосферамен) ($Q_{атм}$) арасында бөлінеді:

Жоңқа аса қатты қыздыруға түседі, өйткені оның қалыңдығы шағын болады

$$Q_{рез} \rightarrow Q_{стр} + Q_{заг} + Q_{инстр} + Q_{атм}$$

және деформацияға ұшырайды: кесу аймағындағы бүкіл жылудың 75 % дейін жоңқамен жинақталады. Инструмент едәуір қыздыруға түседі, оның қызуы үйкелістің, сондай-ақ оның алдыңғы бетінен түсетін жоңқадан берілген жылудың есебінен болады. Инструмент сіңіретін жылудың көлемі кесу аймағында пайда болатын бүкіл жылудың 40 % жетуі мүмкін.

Қыздырылған инструменттің кесетін жиегі көк реңкке ие болады және ериді. **Балқыту кесу жиектері** — кесу режимін дұрыс таңдамау салдарынан пайда болады.

Тіптен егер инструмент апатты бүлінуге келмесе де, қызып кету инструменттің кесетін жиегінің материалын жұмсартуға және оның тозуын жеделдетуге әкеледі.

Жылудың 10 % дейін дайындама сіңіруі мүмкін және жылудың 1 % жуығы қоршаған ортаның қызуына келеді.

Кескен кездегі дірілдер. Кесу барысында инструменттің, дайындаманың және станоктің дірілдеуі пайда болады. Көптеген жағдайларда дірілдердің пайда болуы кесу режимдерін және еңбек өнімділігін арттыру мүмкіндігін шектейтін негізгі себеп болып табылады, өйткені олар инструменттің төзімділігін азайтады. Тіптен әлсіз дірілдер өндеудің сапасына теріс әсер етеді, станоктың бөлшектерінің тозуын жылдамдатады.

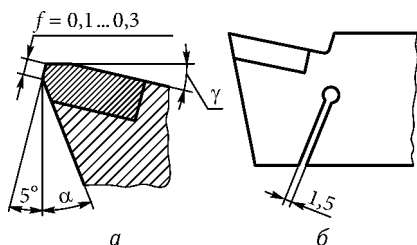
Дірілдер жұмысшының организміне де зиянды әсер етеді, артериялық қысымының жоғарылауына ықпалын тигізуі мүмкін. Бөлшектерді өңдеу барысында дірілдерді азайтуға, олардың пайда болу себептерін жоюға бағытталған шаралар қолданылады.

Дірілдердің пайда болуының себептері әртүрлі — бұл басқа станоктардан іргетас арқылы берілетін тербелістер, жоңқа элементтерін жару және шор түзілу, өндеуге алынған әдіпті алып тастау сәттерінде металдың кедергілеу күштері есебінен тербелістер, дайындаманың беткі қабатының тегіссіз қаттылығы, инструменттің тозғандығы немесе оның берік бекітілмеуі, сондай-ақ дайындаманың, айлатетіктің теңгерілмей немесе нашар бекітілуі, станок бөлшектерінің, мәселен шпиндельдің мойнының және мойынтіректердің және т.б. тозғандығы себептерінен тербелістер.

Дірілдермен күрестің тәсілдері мыналар болуы мүмкін. Станок амортизациялық шайбалары бар іргетас блоктарына тартқыш сомындармен мықтап бекітіледі немесе станок діріл тіреуіштеріне (амортизациялық төсемдеріне) орнатылады.

Үш жұдырықшалы патрондар планшайбалармен бірге теңгеріледі, жетектегіш планшайбаға салмақты теңгерімдейтін қарсысалмақтар бекітіледі. Симметриялық емес дайындаманы өндеген кезде де қарсысалмақтар соғу шамасын азайту мақсатында қарсысалмақтар орнатылады.

Біліктерді өндеген кезде артқы басшаның күпшесі барынша аз шығуы, артқы басша мықтап бекітілуі, күпшек бекітілуі қажет. Кескіштің 1 шығымы 1,5H аспауы тиіс (мұнда H — ұстағыштың биіктігі)



2.5-сурет. Дірілді азайтуға септігін тигізетін кескіштердің құрылымы: *a* — дірілді басатын жүзімен; *f* — жүзі; *α* — артқы бұрыш; *γ* — алдыңғы бұрыш; *б* — дірілді басатын керткіпен

Шығымды ұзарту қажет болған жағдайда кескішке жүктеме азайтылады.

Бойлай берілмейтін тілу және кесу жұмыстары кезінде суппорттың күймешесін қысу қажет. Бапталған станокпен жұмыс істегенде тіреудің бойымен көлденең бермей суппорттың көлденең жылжымаларының сыналары тартылады.

Дірілдерді болдырмау үшін кескіштердің құрылымы өзгертіледі. Қаралтым өңдеу кезінде кескіштің артқы бетінде діріл басқыш жүз жетілдіріп орындалады (2.5, а сурет). Өңделген беттің бойымен осы жүз үйкелген кезде дірілдер біршама азаяды.

Қаткыл емес біліктерді қаралтым өндегенде діріл басқыш кертiгi бар кескіш қолданылады (2.5, б сурет).

Қаткыл емес дайындамаларды өндегенде люнеттердің көмегімен қосымша бекіту тәсілі қолданылады. Шпиндельдің мойынтіректерінің тозуын қадағалап, оларды уактылы ретке келтіріп отыру қажет.

Дірілдерді азайту үшін пісіру деректерін пайдаланып, кесудің ұтымды режимдерін таңдау қажет.

Дірілдерді артқы бұрышы кіші және алдыңғы бұрышы үлкен инструментті қолданып, жоюға немесе азайтуға болады.

Дірілдерді жою үшін діріл басқыш деп аталатын құрылғылар қолданылады.

Жоғарыда тізбеленген тәсілдерді қолдану дірілдердің шамасын азайтуға және дайындаманы қажетті дәлдікпен және бетінің бұдырымен өндеуге мүмкіндік береді.

Инструментті дайындауға пайдаланылатын материалдар

Инструментті дайындауға пайдаланылатын материалдар инструменталдық деп аталады. Негізгі инструменталдық материалдардың қатарына көміртекті инструменталдық болат, қоспалы инструменталдық болат, тез кесетін инструменталдық болат, қақталған қатты қорытпалар, минералды керамикалық қорытпалар, аса тығыз материалдар, алмастар жатады.

Инструменталдық материалдарға қойылатын талаптар олардың жұмыс сипаттамаларымен байланысты:

- өңделетін материалдың қаттылығын арттыратын *жоғары қаттылық*, бұл инструменттің металл дайындамаға кірігіп, әдіптің қабатын алып шығуы үшін қажет;
- өңделетін материалдың беріктігін 2-2,5 есе арттыратын *жоғары беріктік*, инструменттің алдыңғы бетіне өңделетін материалдың тұсынан қарсы қысымға төтеп беру үшін;
- *тұтқырлық*, инструменттің кесетін бөлігі соққылы жүктемелердің әсерімен үгітіліп кетпеуі үшін;
- *тозуға жоғары төзімділік*, кескіштің беті өңделетін дайындамамен және жоңқамен үйкелуінен жылдам тозбауы үшін;
- *жылу төзгіштік*, инструменттің кесетін бөлігі кесу аймағындағы жоғары температурада кескіш қасиеттерін сақтауы үшін.

Кесу инструментін дайындауға арналған инструменталдық материалдардың қатарына ең алдымен инструменталдық болаттар жатады.

У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13 маркалы *инструменталдық көміртекті болаттар*. «У» әрпі болаттың көміртекті екенін көрсетеді, ал сандар — бұл көміртектің пайыздың оннан бір үлесімен орташа құрамы. Зиянды қоспалардың шекті құрамы аз жоғары сапалы инструменталдық

болаттардың маркаларында (ең алдымен күкірт пен фосфор), соңында «А» әрпі көрсетіледі, мәселен, У10А, У8А және т.т.

Инструменталдық көміртекті болат төмен кесу қасиеттеріне ие. Мұндай болаттан жасалған кесу инструменттерімен өңдеуді кесу аймағындағы 200... 250 °С ең көп температураларда және минутына 10 15 м шегіндегі кесу жылдамдығымен жүргізуге болады.

Инструменталдық қоспалы болат химиялық құрамына қарай көміртекті болаттан бір немесе бірнеше қоспалы элементінің: хромның, вольфрамның, молибденнің, ванадийдің болуымен, мәселен, 4ХС маркалы 0,4 % С болатта Сг 1,5 % дейін және Si 1,5 % дейін болуымен ерекшеленеді.

Көбінесе инструменттерді дайындау үшін применяют ХГ, ХГ5, 9ХС және ХВГ маркалы инструменталдық қоспалы болат қолданылады. Инструменталдық қоспалы болат көміртекті болатқа қарағанда аса жоғары кескіш қасиеттерге ие, маркалары әртүрлі болаттар өңдеуді кесу аймағындағы температура 300...350°С дейін және минутына 20 25 м шегінде ең көп кесу жылдамдығымен жүргізуге мүмкіндік береді.

Елімізде болаттың химиялық құрамының бірыңғай шартты таңбаланымдары (әріптер мен сандардан) белгіленген. Маркідегі алдыңғы екі әріп көміртекті орташа құрамын пайыздың жүзден бір үлесімен көрсетіледі, одан әрі орыс алфавитінің әріптерімен болаттың құрамындағы қоспалы элементтер (мәселен, В — вольфрам, Ф — ванадий, С — кремний, К — кобальт, М — молибден және т. т.) таңбаланған, ал әріптің оң жағындағы сандар олардың пайызбен орташа құрамын көрсетеді. Егер сан жоқ болса, онда қоспалы элементтің құрамы 1,5 % дейін.

Инструменталдық жылдам кесетін болат көміртекті және қоспалы инструменталдық болатқа қарағанда вольфраммен қоспаланған, сондықтан оның тозуға төзімділігі артық әрі **қызуөзімділік** деп аталатын жылу төзімділігі артық, яғни болат қызыл болып қыздыру температурасында (550 600 °С) өзінің қасиеттерін жоғалтпайды. Жылдам кесетін болаттардың екі тобы болады: қалыпты жылу төзімді және асқан жылу төзімді, ол вольфрамға қосымша кобальтпен және ванадиймен қоспаланады.

Жылдам кесетін болаттардың таңбаланымы «Р» әрпінен басталады, сонсоң вольфрамның пайызбен құрамы, одан әрі «Ф» әрпімен ванадийдің,

«К» әрпімен кобальттің, «М» әрпімен молибденнің құрамы көрсетіледі. Мәселен, жылдам кесетін болаттың маркілері Р9, Р12Ф2К8М3.

Қазіргі кезде әдеттегі конструкциялық материалдарды өндегенде кесетін инструменттің барлық түрлерін дайындау үшін ең көп қолданылатыны Р6М5, Р6М3 болаттар.

Беріктігі жоғары таттануға төзімді болаттарды және қорытпаларды кесетін жиектері артық қыздырылатын жағдайда өңдеу үшін, сондай-ақ қаттылығы және тұтқырлығы жоғары болаттар мен қорытпаларды өңдеу үшін соққылармен жұмыс істегенде жылдам кесетін Р18КФ2, Р10К5Ф3, Р9К5, Р6М5К5, Р12Ф2К8М3, Р9М4К8 және т.б. болаттар қолданылады.

Инструменталдық болаттармен қатар инструменттердің кесетін бөлігін дайындау үшін **қақталған қатты қорытпалар** пайдаланылады, оларды қолдану инструменталдық жылдам кесетін болаттарды өңдеу кезіндегіге қарағанда кесу жылдамдығын 5-10 есе артық жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, олардың жылу төзімділігі 800 °С дейін және одан жоғары, яғни осы температураларда олар кесу қасиеттерін жоғалтпайды. Қақтамалы қатты қорытпалар вольфрам карбидінен (қорытпаның негізі), титаннан немесе танталдан және біріктірілме – кобальттан құралады. Қақтамалы қатты қорытпалар вольфрамды кобальтты (бір карбидті), титанды вольфрамды кобальтты (екі карбидті) және титанды танталды вольфрамды кобальтты (үш карбидті) болып бөлінеді.

Вольфрамды кобальтты қатты қорытпалар — ВК8, ВК6, ВК3М және т.б. (маркідегі «К» әрпінен кейінгі сан кобальттың пайызбен құрамын, қалғаны вольфрам карбидін көрсетеді). Олар морт сынғыш материалдар: шойынды, қоланы, қақталған болатты өңдеу үшін қолданылады.

Титанды вольфрамды кобальтты қатты қорытпалар — Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4 және т.б. (маркідегі әріптерден кейінгі сандар – пайызбен титан және кобальт карбидінің, қалғаны – вольфрам карбидінің құрамы). Олар негізінен, болаттарды өңдеуге қолданылады. Мәселен, екі карбидті Т14К8 қатты қорытпа титан карбидінің 14 %, кобальттің 8 % және вольфрам карбидінің 78 % құралады.

Титанды танталды вольфрамды кобальтты қорытпалар — бұл вольфрам, кобальт және вольфрамның, титанның, танталдың күрделі карбидінен құралған үш карбидті қақтамалы қатты қорытпалар. Бұл қорытпалар жоғары төзімділігімен сипатталады, олар қиын өңделетін материалдарды немесе ауыр жұмыс жағдайларында өңдеуге қолданылады. Мәселен, ТТ7К12 қорытпасы соққылы жүктемесі жоғары дайындамаларды

өңдеуге қолданылады. Қатты қорытпаның құрамындағы кобальттың пайыздық құрамының артуына қарай оның беріктігі артады, бірақ қаттылығы азаяды, сондықтан кобальттың құрамы жоғары топтағы қатты қорытпалар қаралтым өңдеуге, кобальт біріктірмесі құрамы аз қатты қорытпалап таза өңдеуге қолданылады.

Түрлі маркілі қатты қорытпаларды токарлық өңдеу кезінде қолдану өңдеу және өңделетін материалдың түріне байланысты болады (3.1-кесте).

3.1-кесте. Токарлық өңдеу кезінде кесетін инструментті дайындауға ұсынылатын қатты қорытпалардың маркілері

Өңдеу түрі	Өңделетін материал		
	Көміртекті және қоспалы болаттар	Шойын және қола	Таттануға төзімді және қызуга берік болаттар, титанды қорытпалар
Кесіктің тегіссіз қимасы және үзілмелі кесу кезінде (соққылап) шыңдалғыларды, қалыптамаларды және құйманы қабыршықты және қақты бойлап қаралтым қайрау	T5K10, п7K12	BO	BK8B, BO-OM, TT100B
Үздіксіз кесу кезінде жартылай таза және тазалап қайрау	mo, to	BO, BO	BO-M, BO-M
Жұқалап ұштау	T30K4	BO	BO-M

Қатты қорытпалардың құрамындағы вольфрам карбидтерінің түйірлері өлшемдерінің азаюымен олардың тозуға төзімділігі мен қаттылығы ұлғаяды. Бұл заңдылық қажетті қасиеттерімен түрлі мақсаттағы ұсақ түйіршікті қатты қорытпаларды жасағанда пайдаланылады. Алғашқы ұсақ түйіршікті қорытпалар BK3-M және BK6-M маркілі қатты қорытпалар болды. Соңғы кезде құрылымы айрықша ұсақ түйіршікті BK6-OM, BK10-OM және BK15-OM қатты қорытпалары ойлап табылды.

Түрлі маркілі қатты қорытпаларды фрезерлеу кезінде қолдану өңдеуге және өңделетін материалдың түріне байланысты. Фрезерлеуді орындау үшін қатты қорытпаның маркісін таңдаған кезде 3.2 кестенің деректерін басшылыққа алуға болады.

3.2 кесте. **Фрезерлеу кезінде кесетін инструментті дайындауға ұсынылатын қатты қорытпалардың маркалары**

Инструментке арналған қорытпа маркасы	Өңдеу түрі	Өңделетін материал
T30K4	Таза фрезерлеу	Көміртекті, қоспаланған және таттануға тұрақты болаттар
T15K6	Таза және жартылай таза фрезерлеу	сол
T14K8	Жартылай таза және қаралтым фрезерлеу	»
T5K10, TT10K8Б	Қаралтым фрезерлеу	»
TT7K12, T5K12Б	Сол	Көміртекті болаттар және болат құйма (кесудің үлкен тереңдігі және тіске беру)
BK10-OM	Қаралтым және таза фрезерлеу	Аустениттелген таттануға төзімді болаттың құймалары
BK3, BK3M	Таза фрезерлеу	Шойын, түсті металдар мен қорытпалар, бейметалл материалдар
BK6M	Сол	Жоғары және төмен қоспаланған шойындар, қақталған болат, қызуға берік қорытпалар
BK6-OM	Фрезерлеу	Вольфрам, молибден, қақталған болаттар, алюминий қорытпалар
BK6, BK8	Қаралтым фрезерлеу	Шойын, қызуға берік қорытпалар, мыс, қола, басқа түсті қорытпалар
BK15-OM	Сол	Таттануға төзімді болаттың кейбір маркалары, титанды және никельді қорытпалар, әсіресе вольфрам мен молибден қорытпалары

Инструменттердің кесетін бөлігі Al_2O_3 алюминий тотығы (корунд) негізінде оны ұсақ майдалау, сығымдау және қақтау жолымен дайындалатын **минералды керамикалық қорытпалардан** жасалған ауыстырылатын тілімшелермен жаракталуы мүмкін. Олар тілімшелер секілді пішімі мен өлшемдері бойынша стандартты қақтамалы қатты қорытпалардан шығарылады. Қазіргі кезде ЦМ-322 және В-3, ВО-13 қорытпалары өнеркәсіпте қолданыс тапқан, бұл ретте В-3 қорытпаның беріктігі ЦМ-322 қорытпасының беріктігінен 1,5-2 есе көп. В-3 қорытпасының құрамына алюминий тотығынан бөлек қиын балкитын металдардың күрделі карбидтері енеді.

Кремний карбидінің жіңішке кристалдарымен арматураланған қақтамалы қатты қорытпалар, мәселен ВОК-200 пайда болды, олар беріктігі жағынан Т30К4 секілді қатты қорытпаға дес бермейді.

Минералды керамикалық тілімшелер, кейбір қатты қорытпаларға қарағанда жылуға төзімділікке және тозуға төзімділікке ие бола отырып, беріктігі аз әрі асқан морт сынғыш болады.

Қақтамалы қатты қорытпалармен салыстырғанда минералды керамика тазалап және жұқалап қайрағанда, тілімшелері қайта ұшталмайтын бүйірлік фрезалармен фрезерлеу кезінде қолданыс табады.

Бор нитридінің негізіндегі аса **қатты материалдар** құрамына эльбор-Р (01 композит), композит (05 композит) және гексанит-Р (10 композит), поликристалды қатты бор нитриді (ПҚБН) композициялық материалдар және т.б. енегін материалдар тобын түзеді.

Аталған аса қатты материалдар беріктіктің термокажуы жөнінен минерало-керамикалық және қақтамалы қатты қорытпалардан әлдеқайда басым түседі.

Эльбор-Р, гексанит-Р, ПҚБП және басқа аса қатты материалдардан жасалған тілімшелер болаттарды, шойындарды, қиын өңделетін қорытпаларды өңдеуге арналған кескіштерді жарактандыруға қолданылады.

Бор нитриді негізіндегі аса қатты материалдар химиялық тұрғыда қара металдарға инертті болып келеді. Үш дәрежеленген бор нитридінің кристалдарымен жаракталған инструменттер кесу аймағындағы 1 300 °С дейінгі жоғары температураға төтеп береді. Олардың қаттылығы (9,9) іс жүзінде алмастың қаттылығына (Моос шәкілі бойынша 10) тең.

Ұнтақтар мен поликристалдар түрінде шығарылатын синтетикалық алмастар (карбонадо және баллас) инструменталдық материалдардың ішіндегі аса қаттылары болып табылады.

Синтетикалық алмастар түсті металдарды, титанды қорытпаларды және т.т. өңдеуге қолданылады, сондай-ақ аса қатты материалдарды өңдеу үшін олардан тек қаттылығымен басым түсетін алмастарды ғана қолдануға болады.

Кесетін инструменттердің геометриялық параметрлері

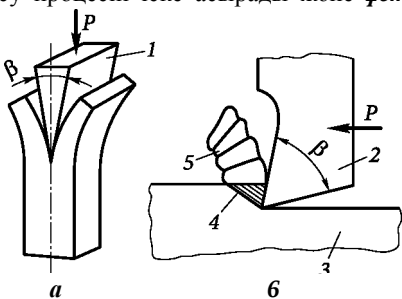
4.1. Кескіштердің геометриясы, оларды дайындау және қайрау

Инструмент геометриясы деп кесетін бөліктің беттері мен олар қайралатын бұрыштардың жиынтығы ұғынылады. Инструменттің жұмыс қабілеттілігі оның геометриясымен анықталады. Жұмсалған күштің әсер ету қағидаты бойынша кесу процесі бұрыштан түсетін екі бетті сынамен ажырату (сынаның 1 әрекеті (4.1.-сурет) процесіне ұқсас, күшке елеулі пайда береді: қабысудың кіші бұрышында (β үшкірлену бұрышы) көленең күш P жұмсалған күшті 5 есе арттыра алады). Кесу барысында кесетін инструменттің жұмыс бөлігі (кескіш 2) сынаның рөлін атқарады.

Кескіш — дайындамаларды өңдеу кезінде (мәселен, токарлық өңдеуде) кесу жұмыстарын атқаруға пайдаланылатын инструмент. Кескіштің құрамдас элементтері (4.2 -сурет) кесетін бөлік — **кескіштің жүзі** болып табылады, ол кесу процесін іске асырады және **ұстатқыш** кескішті кескіш ұстатқышқа

бекіту үшін қызмет етеді. Кескіштің жүзінде, өз кезегінде, мына элементтер бөлінеді: алдыңғы бет 2, оның бойымен жоңқа түседі; өңделетін дайындамаға қаратылған артқы бет (басты 3 және қосалқы 4);

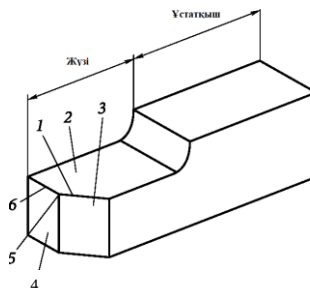
4.1 сурет. Сынамен (а) және кескішпен (б) атқарылатын жұмыстың схемасы:



1 — сына; 2 — кескіш; 3 — дайындама; 4 — материалдың алынатын қабаты; 5 — жоңқа; P — жұмыс кезінде кескішке және сынаға жұмсалатын күш; β — сына мен кескішті үшкірлеу бұрышы

4.2 сурет. Кескіштің элементтері:

1 — негізгі кесу жиегі; 2 — алдыңғы беті; 3 — негізгі артқы беті; 4 — қосалқы артқы беті; 5 — ұшы; 6 — қосалқы кесетін жиегі



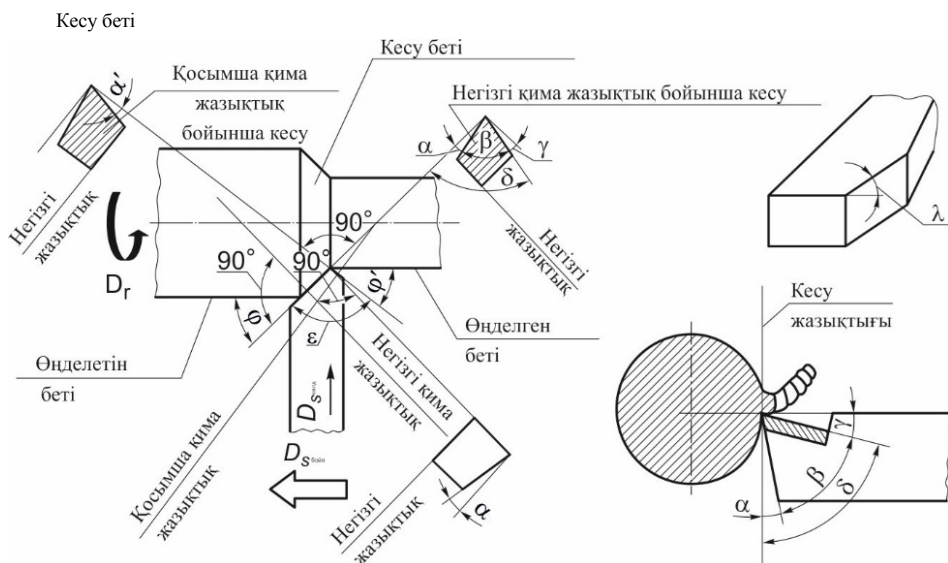
кесілетін жиектер (алдыңғы және негізгі артқы беттердің қиылысуымен түзілген негізгі 1, және алдыңғы және артқы қосалқы беттердің қиылысуымен түзілген қосалқы 6); жүздің ұшы 5 — негізгі және қосалқы кесетін жиектердің түйіндескен жері.

Кескіштің беттерін **инструменттің кесу қабілетін** қамтамасыз ету үшін белгілі бір бұрыштармен қайрау қажет.

Кескіштің бұрыштарын анықтау үшін кесудің жазықтығы және негізгі жазықтық ұғымдары енгізіледі (МемСТ 25762-83). **Кесудің жазықтығы** — қарастырылатын нүктедегі кесетін жиекке қатысты жазықтығы және негізгі жазықтықтың перпендикулярлығы. **Негізгі жазықтық** — кесетін жиектің қарастырылатын нүктесі арқылы осы нүктедегі кесудің негізгі және қорытқы қимылдарының жылдамдығы бағытына перпендикулярлы жүргізілген жазықтық.

Кескіштің жүзінің бұрыштары (4.3-сурет) негізгі және қосалқы болып бөлінеді. **Кескіштің жүзінің негізгі бұрыштары** негізгі қима жазықтықта, яғни негізгі кесетін жиектің проекциясының негізгі жазықтыққа перпендикулярлы жазықтығында өлшенеді. Бұл бұрыштардың барлығының белгіленген атаулары болады:

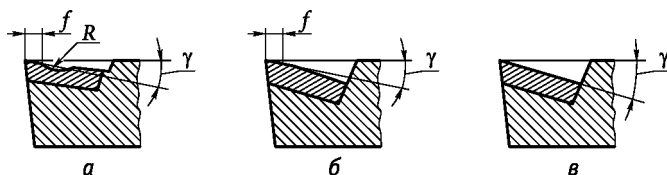
- **α негізгі артқы бұрышы** — жүздің негізгі артқы беті 3 (4.2- суретті қара) мен кесу жазықтығы арасындағы бұрыш;
- **β үшкірлеу бұрышы** — кескіштің жүзінің алдыңғы 2 және негізгі артқы 3 беттері арасындағы қима жазықтықтағы бұрыш;
- **γ алдыңғы бұрышы** — жүздің алдыңғы беті 2 мен негізгі жазықтық арасындағы қима жазықтықта орналасқан бұрыш. Жиынтығында α, β, γ бұрыштар тік бұрышты құрайды: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$;



бұрышы; ϕ — жоспардағы негізгі бұрыш; ϕ' — жоспардағы қосалқы бұрыш; ε — кескіштің ұшындағы бұрыш; λ — негізгі кесу жиегінің көлбеулену бұрышы; α' — жоспардағы қосалқы артқы бұрыш; D_r — негізгі әрекет; $D_{s\text{ поп}}$ — көлденеңінен беру әрекеті; $D_{s\text{ прод}}$ — бойлай беру әрекеті

- **δ кесу бұрышы** — жүздің алдыңғы беті 2 мен кесу жазықтығы арасындағы кима жазықтықтағы бұрыш;
- **жоспардағы ϕ негізгі бұрыш** — кесу жазықтығы мен негізгі кесу әрекетінің және беру әрекетінің жылдамдықтары бағыты орналасқан жұмыс жазықтығы арасындағы негізгі жазықтықтағы бұрыш;
- **жоспардағы ϕ' қосалқы бұрыш** — кескіштің қосалқы кесу жиегінің проекциясы 6 мен жұмыс кесу жазықтығы арасындағы бұрыш;
- **кескіштің ұшындағы ε бұрышы** — кесетін жиектердің негізгі және қосалқы 6 бұрыштарының негізгі жазықтыққа проекциялары арасындағы бұрыш;
- **негізгі кесетін жиектің λ көлбеулену бұрышы** — негізгі кесетін жиектің 1 және негізгі жазықтық арасындағы кесу жазықтығындағы бұрыш;
- **қосалқы α' артқы бұрыш** — қосалқы артқы жазықтық пен кесу жазықтығы арасындағы бұрыш.

Кескіш геометриясының өңдеу шарттарына тәуелділігі. Токарлық кескіштердің алдыңғы беттің түрлі пішіндері (қырлары) болады. Өңделетін материалдың



4.4 сурет. Жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштердің алдыңғы бетінің пішіндері: а — жүзі бар радиустық; б — жүзі бар жалпақ; в — жүзсіз жалпақ; f — жүздің ені; R — жырашық радиусы; γ — алдыңғы бұрыш

түріне және кескіштің материалына қарай жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштердің алдыңғы бетінің үш түрі ұсынылады: жүзі бар радиустық, жүзі бар жалпақ және жүзсіз жалпақ (4.4 -сурет).

Жүзі бар радиустық бет (4.4, а сурет) әсіресе жоңқаны бұйралауды қамтамасыз ету қажет болған жағдайда болатты өңдеуге арналған барлық түрдегі кескіштерде орындалады (кесетін жиектің күрделі кескіні бар үлгілік кескіштерді қоспағанда). Жүзді мынадай енмен жасайды, мм:

$$f = (0,8 \dots 1)s,$$

мұнда s — беру, мм/айн.

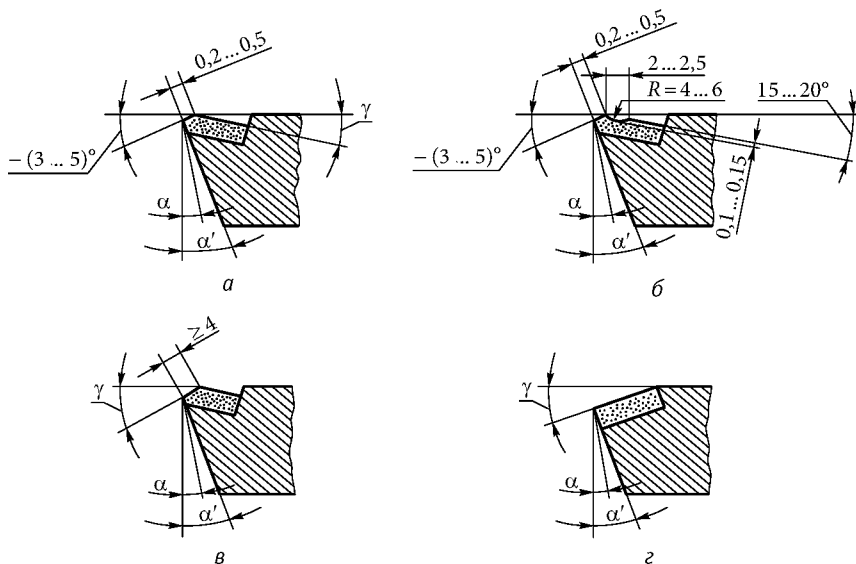
Жүзі бар жалпақ бет 0,2 мм/айн. берілген кезде болатты өңдеу мақсатында кескіштердің барлық түрлеріне қолданылады. Кесетін жиектерді доғалдауды, бұл ретте жүздің ені 0,2 мм аспауына жол бере отырып түзілуін ұсынамыз.

Жүзсіз жалпақ бет болатты (0,2 мм/айн. тең немесе одан көп берумен) және шойынды өңдеуге, сондай-ақ кесетін жиегінің кескіні күрделі үлгілік кескіштерге арналған кескіштердің барлық түрлеріне қолданылады.

Қатты қоыртпалы кескіштердің алдыңғы бетінің төрт пішінін орындауға ұсынамыз (4.5 сурет): теріс жүзі бар жалпақ (4.5, а сурет), теріс жүзі бар радиустық (4.5, б сурет), жалпақ қосарлы бет (4.5, в сурет) және жалаң кабатты теріс жалпақ бет (4.5, г сурет).

Теріс жүзі бар жалпақ алдыңғы бет бөлшектің қаттылығы немесе дірілге орнықтылығы жеткіліксіз кезде $\sigma_b < 800 \text{ МПа}^1$ болатты, сондай-ақ

¹ 1 МПа = 1 Н/мм².



4.5 сурет. Қатты қорытпадан жасалған жалатпа тілімшелермен жарақталған кескіштің алдыңғы бетінің ұсынылатын пішіндері:

a — теріс жүзі бар жалпақ; *б* — теріс жүзі бар радиустық; *в* — қосарлы жалпақ бет; *г* — жалаң қабат жалпақ теріс бет; *R* — жырашық радиусы; *a*, *a'*, *γ* — кескішті қайрау бұрыштары

$\sigma_b > 800$ Мпа болатын өндеуге пайдаланылатын кескіштерге қолданылады. Екі жағдайда жоңқа сындырғыштарды қолдану қажет болады. Сұр және қақталған шойынды өндеуге арналған кескіштер де осы пішінге ие болуы тиіс.

Теріс жүзі бар радиустық алдыңғы бет $\sigma_b < 800$ МПа при кесу тереңдігі 1...5 мм және берілуі 0,3 мм/айн. дейін болатты жартылай таза өндеуге арналған кескіштерге қолданады. Алдыңғы қырдың радиустық пішінін тек электр ұшқындау тәсілімен ғана құрайды.

Жоңқаны бұрудың қандай да бір қосымша тәсілдерін қолдану қажет емес.

Жалпақ қосарлы алдыңғы болатты $\sigma_b > 800$ Мпа өндеу кезінде, бөлшектің қаттылығы мен дірілге орнықтылығы жеткілікті кезде қолданылатын қуысы бар кескіштердің алдыңғы қырына пайдаланылады. Тегіссіз болатты өндеу кезінде осы пішін қолданылады.

Жоңқаны бұру үшін жоңқаны сындырғыштар қолданылады не болмаса жоспардағы тиісті негізгі бұрышты және кесетін жиектің еңкею бұрышын тандауға жүгінеді.

Жалаң қабат жалпақ теріс алдыңғы бет $\sigma_b > 800$ МПа Мпа өңдеу кезінде, бөлшектің қаттылығы мен дірілге орнықтылығы жеткілікті кезде алдыңғы қырдағы қуыс түзілмейтін кескіштерде қолданылады. Кескіш артқы қырының бойымен қайралады. Жоңқаны бұру тәсілдері 4.5, 6 суретте кескінделген кескіштің алдыңғы бетінің пішіндегідей.

у алдыңғы бұрыштың әсері былайша кесу барысында байқалады. Оның аз мәндерінде жоңқа күрт бүгіледі, бұл кесуге, дірілге кедергінің ұлғаюын, соның салдарына өңдеу сапасының нашарлауын туғызады. Алдыңғы бұрыштың ұлғаюына қарай жоңқаның түсуі жеңілдейді, кесу процесі қалыпты өтеді, бірақ кескіштің беріктігі азаяды. Сондықтан алдыңғы үлкен бұрышқа тек жұмсақ металдарды өңдегенде ғана рұқсат етіледі.

Егер кескіштің жүзінің алдыңғы беті кесу жазықтығына перпендикулярлы жазықтыққа қатысты төмен бағытталса, онда алынғы бұрыш оң (+у) болып есептеледі; ал егер ол кесу жазықтығына перпендикулярлы жазықтыққа қатысты жоғары бағытталса, онда алдыңғы бұрыш теріс (-у) болып есептеледі.

Қатты қорытпадан жасалған тілімшелермен жаракталған теріс алдыңғы бұрышы бар кескіштер (әдетте Т5К10 қорытпасы) соққылы жүктемемен болатты бойлап сыдыру жұмыстарына немесе қуатты токарлық және айналдырғы станоктарда әдіптері тегіссіз дайындамаларды өңдеуге қолданылады. Дайындаманың дөңектерінің кескішке соғылуын кесетін жиек емес, бүкіл алдыңғы беті қабылдайды, бұл жүзді бұзылудан сақтайды.

а негізгі артқы бұрыштың әсері бұйымның өңделген бетінің сапасында байқалады. а бұрыштың аз мәндерінде жүздің негізгі артқы беті мен кесу жазықтығы арасында жиі үйкеліс пайда болады. а бұрыштың үлкен мәндері кесетін жиектің босауына әкеледі. Жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштерде (4.1-сурет) және қатты қорытпаның жалатпа тілімшелерімен жаракталған кескіштерде (4.2-сурет) алдыңғы және артқы бұрыштардың ұсынылатын мәндері өңделетін металға байланысты.

4.1 кесте. Жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштердегі алдыңғы және негізгі артқы бұрыштардың ұсынылатын мәндері

Өңделетін материал*	Алдыңғы бұрыш γ ...°, алдыңғы беттің пішінінде (4.4 суретті қара)			Негізгі артқы бұрыш α , °, бергенде s , мм/об	
	a	b	B	0,2 дейін	0,2 астам
Конструкциялық болаттар (көміртекті, қоспаланған):					
$\sigma_b < 500$ МПа, < 140 НВ	30	30	25	12	8
$\sigma_b = 500... 800$ МПа, 140... 230 НВ	25	25	18	12	8
$\sigma_b = 800.1\ 200$ МПа, 230.240 НВ	25	25	12	12	8
Шойындар (сұр, қақталған):					
< 160 НВ	25	25	18	12	8
160.220 НВ	25	25	12	12	8
> 220 НВ	—	—	5	12	8
Жез:					
Тұтқыр	30	30	25	12	8
Морт	25	25	12	12	8
Қола	25	25	12	12	8
Алюминийлі және магнийлі қорытпалар, кызыл мыс	30	30	25	25	10

* Уақыт кедергісіне σ_s және НВ қаттылығына қарай болатқа арналған, шойынға — тек НВ қаттылығына қарай.

4.2 кесте. Қатты қорытпадан жасалған жалатпа тілімшелермен жарақталған кескіштердегі алдыңғыжәне негізгі артқы бұрыштардың ұсынылатын мәндері

Өңделетін материал*	Алдыңғы бұрыш γ , ...°, алдыңғы беттің пішінінде (4.5 суретті қара)				Негізгі артқы бұрыш β , ...°, берілу кезінде s , мм/айн	
	a	b	c	z	0,2 дейін	0,2 астам
Конструкциялық болаттар (көміртекті, қоспалы):						
$\sigma_B < 1\ 100\ \text{МПа}$	15	15	-5	-5	12	8
$\sigma_B > 1\ 100\ \text{МПа}$	—	—	-10	-10	12	8
Сұр шойын:						
< 220 НВ	12	—	—	—	10	6
> 220 НВ	8	—	—	—	10	6
Қақтамалы шойын, 140... 150 НВ	15	—	—	—	12	8

* Уақыт кедергісіне σ_B және НВ қаттылығына қарай болатқа арналған, шойынға — тек НВ қаттылығына қарай.

β **үшкірлеу бұрышы** кескіштің беріктігіне әсер етеді және негізгі артқы және алдыңғы бұрыштардың шамаларына қарай мына формуламен ... ° анықталады,

$$\beta = 90 - (\alpha + \gamma).$$

δ **кесу бұрышы** алдыңғы бұрыштың шамасына байланысты және мына формуламен анықталады, ...°:

$$\delta = 90 - \gamma.$$

Жоспардағы бұрыштар (негізгі ϕ және қосалқы ϕ') кескіштің төзімділігіне әсер етеді. ϕ аз бұрышында кескіштің жұмысына оның кесетін жиегінің көп бөлігі қатысады, бұл ретте жұмыс аймағынан жылу бұру жақсарады және кескіштің төзімділігі артады. Осы жағдаймен салыстырғанда ϕ үлкен бұрышта жұмысқа кесетін жиектің аз бөлігі қатысады.

Өйткені кескіштің төзімділігі азаяды. Ұзын және жұқа, яғни қатты емес дайындамамен өндегенде оның бүгілу қаупі пайда болады. Бұл жағдайда ϕ үлкен бұрышты кескіштерді пайдалануды ұсынамыз, өйткені бұл кезде сығу күші азаяды. Кескіштің жоғары төзімділігін қамтамасыз ету және сығу күшін азайту үшін жоспардағы негізгі бұрышты ұсынамыз: қатты дайындама үшін $\phi = 30 \dots 45^\circ$, қатты емес дайындама үшін $\phi = 60 \dots 90^\circ$. Қаралтым өндеуге бұрышы $\phi' = 10 \dots 15^\circ$ кескіш, ал таза өндеуге бұрышы $\phi' = 5.10^\circ$ кескіш қолданылады. Үңгімелі бүгілген кескіште $\phi' = 45^\circ$.

ε **бұрышы**, $\dots^\circ$, **кескіштің ұшында** ϕ және ϕ' қайрау бұрыштарына байланысты және мына формуламен анықталады:

$$\varepsilon = 180 - (\phi + \phi').$$

Ойма тілуге арналған кескіштер үшін бұл бұрыш аса маңызды болып табылады, өйткені жүздің ұшындағы бұрыш кесілетін ойманың профиліне тең болуы тиіс. Кескіштің ұшын уатылудан сақтау үшін оны дөңгелектеуді ұсынамыз. Ұшты дөңгелектеу радиусы кескіштің өлшеміне және өзі арналған өңдеу түріне байланысты болады.

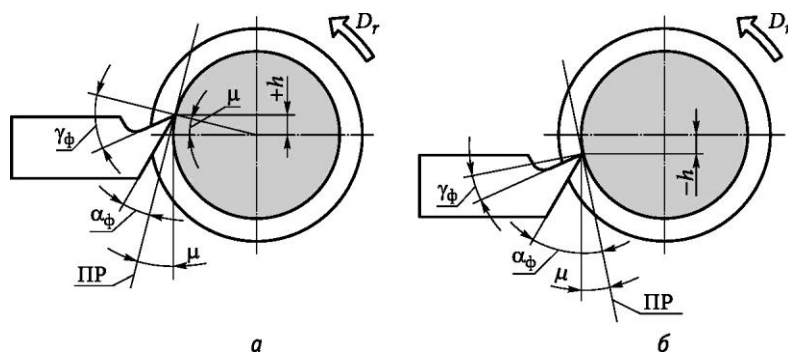
λ негізгі кесетін жиектің еңкею бұрышы нөлге тең болуы мүмкін, егер негізгі кесетін жиек көлденең орналасса, оң, егер ол көлденеңнен жоғары орналасса, теріс болуы, егер негізгі кесетін жиек жүздің ұшы арқылы өтетін көлденең сызықтан төмен орналасса теріс болуы мүмкін. Жоңқаның түсу бағыты кесетін жиектің бағытына және численной величины угла λ бұрыштың сандық шамасына байланысты болады: бұрыш оң болғанда ($+\lambda$) ұшы дайындамамен (бөлшекпен) кесетін жиектің барлық қалған нүктелерінен кейіндеу ұштасады, сондықтан ол соққылардан қорғалған. Ауыр соққылы жүктемемен жұмыс істеу үшін $+\lambda$ және $-\gamma$ бұрышы бар кескіштерді ұсынамыз.

Кесу бұрыштарының өзгеруі кескіштің орнатылуына байланысты.

Қайралғаннан кейін алынған кескіштің жүзінің бұрыштары өзінің мәнін тек егер жүздің ұшы станоктың орталықтарының сызығы биіктігінде орналасқан жағдайда ғана сақтайды. Оны орталықтан жоғары немесе төмен белгілегенде бұрыштардың мәні өзгереді, өйткені кесу жазықтығы μ бұрышымен

бұрылады (4.6 сурет). Өз кезегінде, $\sin \mu = \frac{h}{D/2}$, мұнда h – кескіштің

жүзінің ұшы орталықтың осінен жоғары ($+h$) немесе төмен ($-h$) болып белгіленетін шама; D — дайындаманың диаметрі.



4.6-сурет. Кескіштің жүзінің ұшын станоктың орталығы осінің бойымен емес белгілегенде α және γ бұрыштардың өзгеруі:

α — орталық осінен жоғары белгілеу (+h); б — орталық осінен төмен белгілеу (-h); ПР — кесу жазықтығы; h — кескіштің ұшының орталыққа қатысты ығысу шамасы; D_r — негізгі жүріс (дайындаманың айналуы бағыты); γ_{ϕ} — нақты алдыңғы бұрыш; α_{ϕ} — нақты негізгі артқы бұрыш; μ — кесу жазықтығы бұрылысының бұрышы

Егер кескішті орталық осінен жоғары орнатса, онда сыртын өндегенде кесу жазықтығының бұрылысы α_{ϕ} нақты негізгі артқы бұрышы μ бұрышқа азаюына әкеледі, ал γ_{ϕ} нақты алдыңғы бұрыш керісінше, $\alpha_{\text{зат}}$ және $\gamma_{\text{зат}}$ қайрау бұрыштарымен салыстырғанда сондай μ бұрышқа ұлғаяды (4.6, а сурет):

$$\alpha_{\phi} = \alpha_{\text{зат}} - \mu$$

$$\gamma_{\phi} = \gamma_{\text{зат}} + \mu$$

Егер кескішті орталық осінен төмен қойса, онда тиісінше нақты негізгі артқы бұрыш ұлғаяды, ал нақты алдыңғы бұрыш азаяды (4.6, б сурет):

$$\alpha_{\phi} = \alpha_{\text{зат}} + \mu$$

$$\gamma_{\phi} = \gamma_{\text{зат}} - \mu$$

Іс жүзінде сыртқы токарлық өңдеу кезінде кескішті орталық осінен $h = 0,01D$ шамаға жоғары орнатуға рұқсат етіледі, өйткені кесу күші кескішті біршама төмен итереді және кесетін жиек станоктың орталығы осінің деңгейіне белгіленеді.

Ішкі өңдеу кезінде (кеулей жоғанда) α_{ϕ} және γ_{ϕ} бұрыштар да кескіштің жүзінің ұшын орталық осінің сызығына қатысты белгіленуіне қарай, бірақ қарама-қарсы бағытта өзгереді.

Кескіштің жүзінің ұшын үлгілік беттерді өндегенде, ойманы тазалай тілгенде, конусты беттерді өндегенде, кескенде орталық сызықтың бойымен міндетті түрде орнату қажет.

Кескіштің жүзінің ұшын сыртқы қаралтым қайрағанда, таза кеулей жонғанда және ойманы қаралтым тілгенде өңделетін дайындаманың диаметрінің 1/100 орталық сызықтан жоғары орнатуға рұқсат етіледі. Кескіштің жүзінің ұшын сыртқы таза кеулей жонғанда және ойық тілгенде өңделетін дайындаманың диаметрінің 1/100 орталық сызықтан төмен орнатуға рұқсат етіледі.

Жоспардағы ϕ және ϕ' бұрыштардың өзгеруі кескіштің ұстағышын өңделетін бетке қатысты орнатылуына қарай ықтимал болады.

Кескіштің ұстағышын беру бағытына перпендикулярлы орнатқанда қайрау кезінде алынған ϕ және ϕ' бұрыштардың шамасы сақталады.

Кескіштің күйі бойлай беру бағытына қатысты өзгергенде, мәселен, конустық бетті өндегенде, жоспардағы бұрыштардың шамасы өзгереді.

Қатты қорытпалы жалатпа тілімшелері бар кескіштерді дайындау.

Токарлық кескіштер мамандандырылған инструменталдық зауыттарда немесе машина жасау кәсіпорындарының инструменталдық цехтарында дайындалады. Кескіштердің ұстағыштары еркін сомдаумен, ыстықтай қалыптаумен немесе дәл қабықты қалыптармен құйып дайындалады. Бастиегі тік кескіштердің ұстағыштары тік бұрышты қиылған илемнен кесіледі.

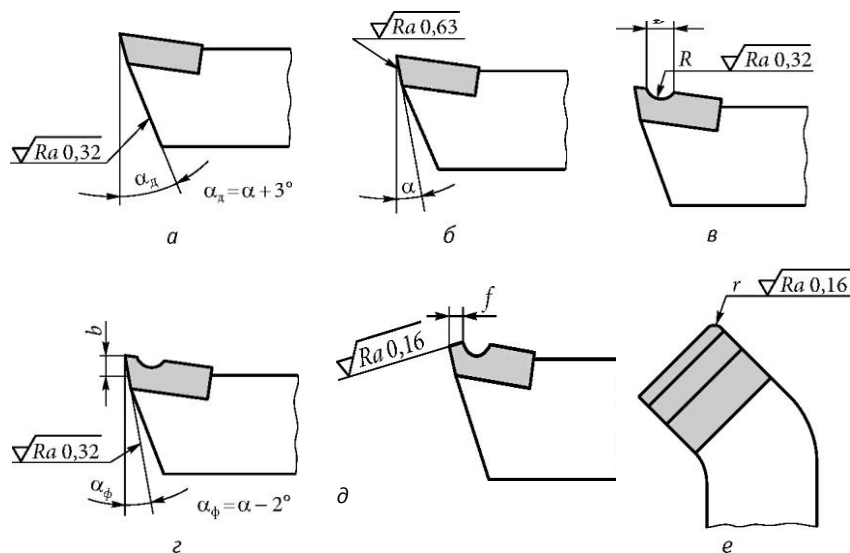
Қатты қорытпалы кескіштерді дайындаудың технологиялық процесі бірқатар сабақтас операциялардан құралады:

- кескіштің тірек беті фрезерленеді;
- кескіштің жүзінің негізгі және қосалқы артқы беттері фрезерленеді;
- қатты қорытпа тілімшесінің ұяшығы фрезерленеді;
- қатты қорытпа тілімшесіне жалатпа орындалады. Дәнекер ретінде қызыл мыс немесе жез Л62 (62 % Cu, қалғаны Zn) қолданылады. Ұяшық флюс қызметін атқаратын қыздырылған бұрғымен себіледі, және

оған тілімше мен дәнекер төселеді. Кескіштің жүзі 900... 950 °C дейін қыздырылады (дәнекерді балқыту температурасы), бұл үшін жиілігі жоғары токтардың ілмек индукторы (ЖЖТ индукторы) қолданылады. Дәнекер балқытылғаннан кейін кескіш индуктордан алынып, тілімше металл өзекшемен ұяшыққа қысылады. Кескіштің дәнекерленген тілімшесі бар ұшы құрғақ құмға немесе ағаш күліне салқындатылады (осымен тілімше сызаттардың пайда болуынан сақталады);

■ кескіштің кесетін бөлігін қайрау және бабына жеткізу орындалады.

Қатты қорытпалы жалатпа тілімшелері бар кескіштің кесетін бөлігін қайрау және бабына жеткізу. Әуелі кескіштің ұстағышының негізгі артқы және қосымша артқы беттері қайралады (4.7-сурет).



4.7 сурет. Қатты қорытпадан жасалған тілімшесі бар кескіштің кесетін бөлігін қайрау мен бабына жеткізудің кезектілігі:

a — ұстағыштың негізгі артқы бетін қайрау; *б* — дәнекерленген тілімшенің негізгі артқы бетін қайрау; *в* — кескіштің алдыңғы бетіндегі жоңқаны сындыратын жырашықты қайрау; *г* — негізгі артқы бетін бойлап таспашаны бабына жеткізу; *д* — алдыңғы бетті бойлап таспашаны бабына жеткізу; *е* — кескіштің ұшын бабына жеткізу; *В* — жырашықтың ені; *R* — жырашықтың радиусы; *b* — негізгі артқы беттің бойымен таспашаның ұзындығы; *f* — алдыңғы беттің бойымен таспашаның ұзындығы; *r* — кескіштің ұшының дөңгелектену радиусы; α — қатты қорытпалы тілімшенің артқы бұрышы; α_d — ұстағыштың артқы бұрышы; α_ϕ — нақты алынған артқы кесу бұрышы.

Ұстағыштың артқы бұрышы тілімшені қайраудың артқы бұрышына қарағанда $2... 3^\circ$ үлкен болуы тиіс (әйтпесе бабына жеткізілгенде алмас шеңбер ұстағыштың артқы бетіне тиіп, жылдам майланатын болады). Сонсоң кескіштің негізгі және қосалқы артқы беттері қайралады. Осыдан кейін кескіштің алдыңғы бетіндегі B енді жоңқа сындыратын жырашық қайралып, алмас шеңбермен бабына жеткізіледі: негізгі артқы бет пен алдыңғы беттің бойымен таспашалар бабына жеткізіледі.

Алмас ұштағыш кескіштің қызмет мерзімін 1,5-2 есе арттыруға мүмкіндік береді, кесетін жиектердің өткірлігін қамтамасыз етеді және беттің бұдырлығын Ra параметрі бойынша 0,16 мкм дейін азайтады.

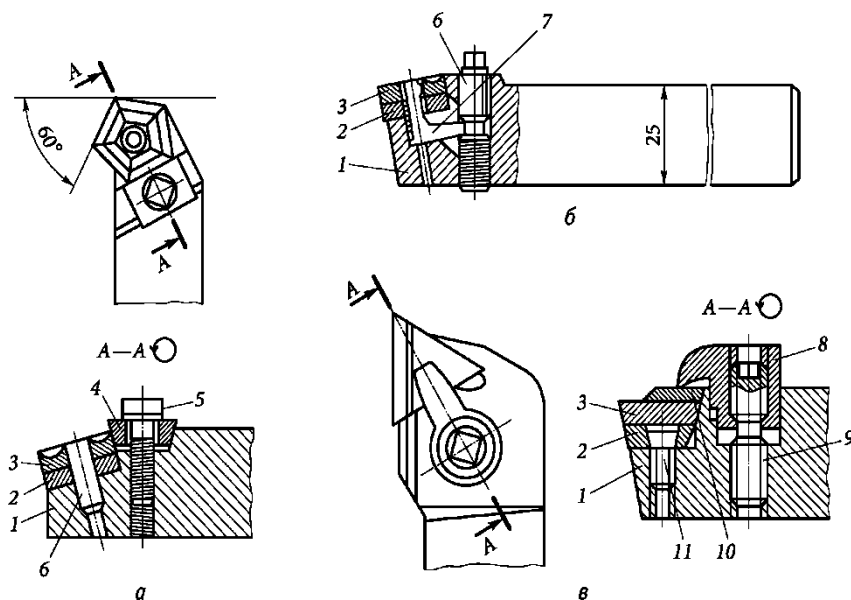
Кескіштің кесетін бөлігі қайралып, бабына жеткізілгеннен кейін оның бұрыштарына шаблондармен немесе әмбебап бұрыш өлшеуіштермен бақылау жүргізіледі.

Қатты қорытпалы қайта ұшталмайтын тілімшелері механикалық бекітілген кескіштер. Қазіргі кезде мұндай кескіштер кеңінен таралған, өйткені олар жалатпа тілімшелері бар кескіштерге қарағанда көптеген артықшылықтарға ие. Оларды дайындау технологиясы кескіштерді орнатуға, бекітуге және қайрауға жұмсалатын уақыттың есебінен аса үнемді. Қатты қорытпалардан жасалған тілімшелер ұнтақты металлургия әдісімен алынады, соның арқасында олардың пішіні әртүрлі болуы мүмкін (үш, төрт, бес, алты қырлы және т.б.). Тілімшелер кескішке механикалық тәсілмен бекітіледі, және тозған кезде, мәселен, тілімшенің қырларының бірімен кескіш қайрау үшін кескішті ұстағыштан шығарылмайды, тек кесетін жиегі айырбасталады, бұл үшін тілімше басқа тұсымен бұралып, бекітіледі. Кескіштердің мұндай конструкциясында ұстағышты көп мәрте пайдалануға болады.

Тілімшені механикалық бекіткен кезде ұстағыш пен тілімше материалдарының сызықтық кеңеюінің түрлі температуралық коэффициенті себебінен сызаттар пайда болмайды.

Қақталған қатты қорытпалы көп жиекті қайта ұшталмайтын тілімшелер кескіштің ұстағышына түрлі тәсілдермен: сынамен, иінтірекпен, қысқыш шегемен бекітілуі мүмкін (4.8- сурет).

Тілімше сынамен 4 бекітілгенде (4.8, а сурет) кесетін тілімше 3 сұққышқа 6 отырғызылады және винтті 5 ұстағышқа бұрағанда оған сынамен қысылады. Тілімшені иінтіректі тәсілмен бекіткенде тілімше 3 (4.8, б сурет) иінтіректің 7 бір ұшына киіледі, оның екінші ұшы винттің 6 жырашығына кіреді. Винт ұстағышқа бұралғанда иінтірек бұралып, тілімшені ұяшықтың бетіне қысады. Тілімшені қысу күші кесу процесінде пайда болатын радиалдық күштің бағытына сәйкес келеді. Бұл тілімшенің сенімді бекітілуіне, дірілдерді жоюға



4.8 сурет. Қатты қорытпалы қайта ұшталмайтын тілімшелері механикалық бекітілген кескіштер:

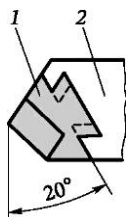
a — сынамен; *б* — иінтірекпен; *в* — қысқыш шегемен; 1 — ұстағыш; 2 — тірек тілімшесі; 3 — кесетін тілімше; 4 — сына; 5, 9, 11 — винттер; 6 — сұққыш; 7 — иінтірек; 8 — шеге; 10 — төсем

және кескіштің төзімділігін арттыруға септігін тигізеді.

Орталық саңылаусыз көп жиекті тілімшелер қысқыш шегенің (4.8, б сурет) көмегімен бекітіледі. Бұл конструкция жоғары механикалық беріктікті және тілімшелердің төзімділігін, сондай-ақ дайындалатын бөлшектің өлемдерінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Жұмыс жүзі ауыспалы кескіштерді пайдалану экономикалық тұрғыдан пайдалырақ, ол «қарлығаштың құйрығы» түрінде ұстағыштың қуысына бекітіледі (4.9- сурет).

Жүз өндеген кезде кесу күшінің әсерімен ұстағышқа қысылып қалады, астынан балғамен баяу тықылдатып шығарылады. Ауыспалы жүзді мұндай



4.9-сурет. Ұстағыштың қуысына «қарлығыштың құйрығы» түрінде бекітілетін ауыспалы жұмыс жүзі бар кескіш:

1 — жүз; 2 — ұстағыш

бекітілуі қолайлы, призмалық үлгілік кескіштерге қолданылады. Түрлі ауыспалы жүздерді қондырудың арқасында мұндай кескішпен ерекшеленетін үлгілік беттерді өндеуге болады.

Алмас кристалдармен жарақталған кескіштер. Алмас ендірмелері бар кескіштер өндеудің жоғары дәлдігін – 5-7- квалитеттерді және беттің аздаған бұдырлығын *Ra* параметрі бойымен 0,16 мкм дейін қамтамасыз ете отырып, дайындамадан металдың өте жұқа қабатын кесіп алуға мүмкіндік береді.

Алмас кескіштермен түсті металдар: мыс, алюминий, жеңіл қоспалар мен пластмассалар өңделелі. Алмастың шойыннан жасалған құймалармен ұшталуы мүмкін. Болатты жұқалап ұштау үшін алмас кескіштер пайдаланылмайды, өйткені алмас ауаның ортасында кесу аймағында пайда болатын жоғары температураға төтеп бере алмайды. Енді 700 °С жоғары температураларда олар өзінің кесетін қасиеттерін жоғалтады.

Алмас кескіштердің көмегімен 0,1... 0,2 мм жұқа қайралатын әдіп. Салмағы шамамен 0,2 г алмас кристалдары ұстағышқа дәнекерленеді немесе механикалық тәсілмен бекітіледі.

Алдын ала алмастың кристалдарына алмас ұнтақпен өндеу арқылы қажетті геометрия беріледі. Кескіштерді жарақтау үшін қолданылатын алмастың кристалдары табиғи жаралған және синтетикалық болуы мүмкін.

Бордың үш дәрежелі нитриді кристалдарымен жарақталған кескіштер. Аталған композициялық материалды пайдаланудың арқасында кескіштер кесу аймағында жоғары температураға төтеп береді, сондықтан оларды болатты кесіп өндеуге пайдалануға болады.

Бұл өнімділігі жоғары кескіштер беттерді өндеудің жоғары сапасын қамтамасыз етеді.

4.2. Фрезалардың құрылымы

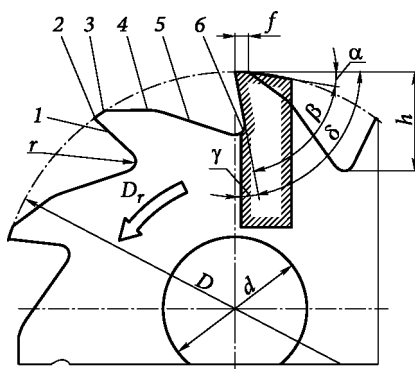
Фреза — фрезерлеу кезінде айналмалы жүріс жасайтын кескіш көп жүзді инструмент. Өңделетін дайындама ілгерілемелі жылжиды. Фрезаның әр тісі қарапайым инструмент — кескішті білдіреді, яғни фреза — бұл ортақ дискідегі кескіштердің жиынтығы. Фрезалардың кесетін тістері цилиндрлік бетте және бүйірлік бетте орналасуы мүмкін, фрезаның атауы осыған байланысты болады. Фрезалардың беті мен кесетін жиектерінің тиісті атаулары болады.

Алдыңғы беті 1 (4.10-сурет) — жоңқа түсетін бет. **Артқы беті 4** — кесу барысында кесу бетіне қаратылған бет. **Тістің арқалығы 5** — бір тістің артқы бетімен және көрші тістің артқы бетімен шектесетін бет. Арқабет жалпақ, сынық немесе қисық сызықты болуы мүмкін. **Бүйірлік бет** — фрезаның өз осіне перпендикулярлы жазықтығы. **Осьтік жазықтық** — фрезаның осі және оның кесетін жиегіндегі қарастырылып отырған нүкте арқылы өтетін жазықтық. **Негізгі кесетін жиек 2** — тістің алдыңғы және артқы беттерінің қиылысуынан пайда болған сызық. Негізгі кесетін жиек негізгі кесу жұмыстарын атқарады. Цилиндрлік фрезаларда ол тік сызықты (цилиндрді құрайтын), цилиндрді құраушыға көлбеу және винттік болуы мүмкін. Цилиндрлік фрезаларда қосалқы кесетін жиек болмайды.

Бүйір тістермен жұмыс істейтін фрезалардың жиектері үш түрлі болады: негізгі кесетін жиек фрезаның осіне қарай бұрышпен орналасады;

4.10-сурет. Фрезаның элементтері және оның геометриялық параметрлері:

1 — алдыңғы бет; 2 — негізгі кесетін жиек; 3 — жүз; 4 — артқы бет; 5 — арқалық; 6 — жырашық; D — фрезаның сыртқы диаметрі; d — фрезаның ішкі диаметрі; h — тістің биіктігі; r — жырашық түбінің дөңгелену радиусы; f — артқы беттің ені; D_r — негізгі жүріс; γ — алдыңғы бұрыш; α — артқы бұрыш; β — үшкірлеу бұрышы; θ — кесу бұрышы



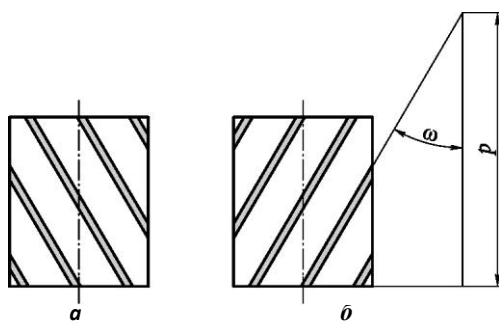
Қосалқы кесу жиегі фрезаның бүйір бөлігінде болады және өтпелі кесетін жиек негізгі және қосалқы кесетін жиектерді жалғайды.

Тістің элементтері — бұл h биіктігі — тістің кесетін жиегінің нүктесі мен фрезаның өз осіне перпендикулярлы радиалдық қимамен өлшенетін жырашықтың түбі арасындағы аралық; артқы беттің ені f — кесетін жиектен кесетін жиекке перпендикулярлы бағытта өлшенетін арқалығы бар тістің артқы бетінің қиылысу сызығына дейінгі аралық.

Тістердің айналма қадамы — фрезаның осіне орталықпен шеңбердің доғасының бойымен, шектес тістердің бір атаулы нүктелері арасындағы осы оське перпендикулярлы жазықтықта өлшенген аралық. Айналма қадам біркелкі және әркелкі болуы мүмкін.

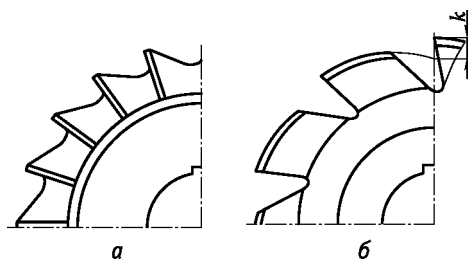
Жырашық — бір тістің бетімен және артқы бетпен, сондай-ақ көрші аркабетімен шектелген жоңқаны бұруға арналған ойық. Жырашықтың тік және винттік түрлері болады. Тік жырашық фрезаның осіне параллель, ал винттік жырашық винт сызығымен орналасады. Винттік жырашықтар бағытына қарай сол (4.11, а сурет) және оң (4.11, б сурет) болады.

Сол винттік жырашықта винттік сызық солдан оңға, ал оң жырашықта солдан оңға көтеріледі. ω бұрышы — винттік жырашықтың еңкею бұрышы және шаг винттік жарышықтың p қадамы — фрезаның кесетін жиегінде құраушы цилиндрлік беттің бірінде жатқан кезектес екі нүкте арасындағы арақашықтық өлшенеді.



4.11 сурет. Винттік жырашықтардың бағыты:

a — сол винттік жырашық; b — оң винттік жырашық; p — винттік жырашықтың қадамы; ω — винттік жырашықтың еңкею бұрышы

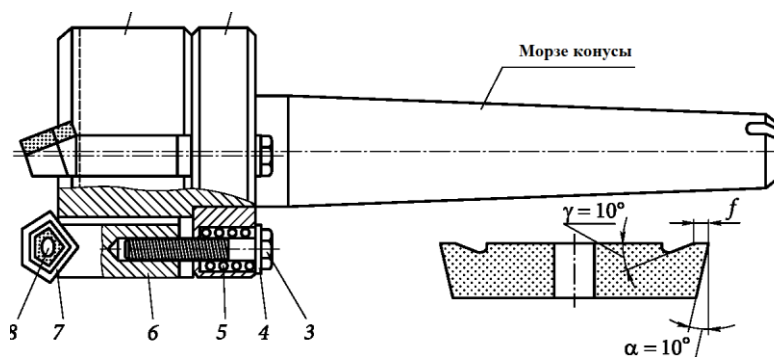


4.12 сурет. Үшкір (а) және шүйделенген (б) тісшелер: $к$ — шүйделену шамасы

Жырашықтың радиусы — бұл жырашық түбінің жұмырлану радиусы.

Конструкциясы бойынша тістің артқы бетінің пішіміне қарай үшкір (4.12, а сурет) және шүйделенген (4.12, б сурет) фрезалар болып бөлінеді. Тісі шүйделенген фрезалар алдыңғы бетін бойлап, ал тісі үшкір фрезалар артқы бетін бойлап ұшталады.

Технологиялық белгісі бойынша фрезалар цилиндрлік, бүйірлік, ұштық, бұрыштық және т. т. болып бөлінеді. Фрезаның конструкциясы оның жұмыс қабілетіне және тиімді қолдануға үлкен әсер етеді. Қатты қорытпалы фрезалардың жаңа конструкцияларының әзірленіміндегі негізгі бағыт.



4.13 сурет. Қатты қорытпалы тілімшелері механикалық бекітілген бүйірлік фреза:

1 — тұрқы; 2 — сақина; 3 — винт; 4 — шайба; 5 — серіппен; 6 — ендірмелі ұстағыштар; 7 — ауыспалы тілімшелер; 8 — сұққыш; f — жүздің ені; f — алдыңғы бұрыш; α — артқы бұрыш

Қатты корытпалы қайта ұшталмайтын тілімшелері бар құрама конструкцияларды қолдану болып табылады. Тілімшелердің механикалық бекітпесі оларды кері жағынан қолдану мүмкіндігін береді, яғни кесетін жиегін жаңарту мақсатында фрезаларды қайта ұштамай пайдалануға боалды. Тек толықтай тозғаннан кейін екі жағындағы тілімшелер жаңасымен айырбасталады. 4.13 суретте қайта ұшталмайтын көп қырлы тілімшелері механикалық бекітілген бүйірлік фреза кескінделген.

4.3. Бұрғылардың, зенкерлердің, ұңғылардың кесетін элементтерінің геометриялық параметрлері

Бұрғылар. Бұрғының кесетін жиекке перпендикулярлы жазықтықтағы геометриялық параметрлерін қарастырамыз (4.14 -сурет).

Бұрғының алдыңғы бұрышы айнымалы шама болып табылады және мына формуламен анықталады

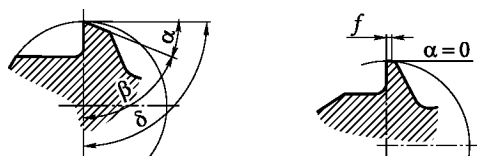
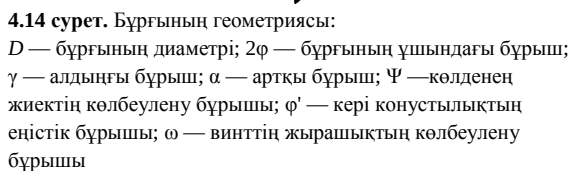
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{r}{R} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}$$

мұнда r — бұрғының кесетін жиегінің қарастырылып отырған нүктесі орналасқан шеңбер радиусы, мм; R — бұрғының радиусы, мм; ω — винттік жырашықтың еңкею бұрышы, ...°; φ — бұрғының ұшындағы бұрыштың жартысы, ...°.

Бұрғының γ алдыңғы бұрышының аса үлкен мәні оның шетінде, ең кіші мәні бұрғының ұшында болады. Бұрғының көлденең жиегіндегі γ бұрыштың мәні теріс болады. Бұрғының α артқы бұрышы кесетін жиектің таңдап алынған нүктесі жатқан цилиндрлік бетке қатысты бетте болады. α бұрышы да айнымалы болып табылады, бұрғының ұшында ең көп мәні, шетінде ең аз мәні болады. Бұрғының ұшындағы бұрышы $2\varphi = 60 \dots 140^\circ$; винттік жырашықтың көлбеулену бұрышы $\omega = 18 \dots 30^\circ$; көлденең кесетін жиектің көлбеулену бұрышы $\Psi = 45 \dots 55^\circ$ болады.

Зенкерлер мен ұңғылар. Зенкерлер мен ұңғылардың жұмыс бөлігі кесетін және калибрлейтін аймақтардан құралады.

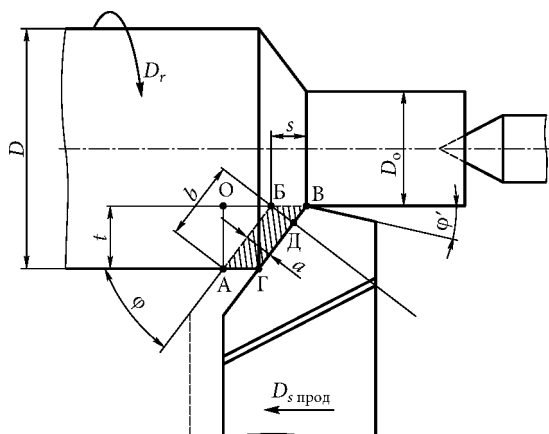
Инструменттің осіне φ бұрышпен көлбеу кесетін аймақ (4.15- сурет), кесу кезінде негізгі жұмысты атқарады. Калибрлеу аймағының әсерімен



f — жүздің ені; 2φ — кесетін аймақтың ұшындағы бұрыш; $2\varphi_1$ — бағыттаушы конустың ұшындағы бұрыш; α — артқы бұрыш; β — ұшталу бұрышы; δ — кесу бұрышы

өңделетін қуыстың бетінің бұдырлығы азаяды. Ұңғыда (4.15-суретті қара) зенкерге қарағанда калибрлеу аймағы цилиндрлік және конустық бөліктерден құралады. Конустық бөліктің жайма қуыстан шығарылғанда зақымдалмауы үшін кері конустылығы болады. Зенкерлер мен ұңғылардың кесетін аймағында $\alpha = 6... 15^\circ$, калибрлеу аймағында $\alpha = 0$. Инструменталдық болаттан жасалған зенкерлер үшін $\gamma = 10...20^\circ$, инструменталдық болаттан жасалған ұңғылар үшін $\gamma = 0...10^\circ$. Зенкер үшін $\varphi = 30 ... 60^\circ$, жаймалар үшін $\varphi = 15 ... 60^\circ$.

Кесу барысында әдіп металының қабаттары кесіп алынады. Өндеудің саналуан түрлерінде тілінетін қабаттардың пішіні біркелкі болмайды. Ұштаған кезде металдың АБВГ параллелограмма түріндегі қабаты тілініп алынады (5.1- сурет). Есептеу үшін тіліктің a қалыңдығы және b ені секілді тілінетін қабатының элементтері пайдаланылады.



D — дайындама диаметрі; 0_0 — бұйымның өңделетін бөлігінің диаметрі; t — кесу тереңдігі; s — беру; a — тіліктің қалыңдығы; b — тіліктің ені; АБВГ — тілінетін металдың қабаты; БД — жүздің кесетін жиегіне перпендикуляр; ОА — өңделген бетке перпендикуляр; D_r — негізгі жүріс (дайындаманың айналмалы жүрісінің бағыты); $D_{s \text{ прод}}$ — бойлай беру бағыты; φ — жоспардағы негізгі бұрыш; φ' — жоспардағы қосалқы бұрыш

Олар тілінетін жоңқаның қалыңдығы мен енін емес, жоңқа пайда болғанға дейін оның номиналдық өлшемдерін білдіреді.

Нақты жоңқа бөлінгеннен кейін деформацияланатын болады және көлденең шөгуі салдарынан өлшемі тіліктің қалыңдығынан үлкен болады. Осылайша, **тіліктің қалыңдығы** — кескіштің негізгі кесетін жиегінің кезектескен екі күйінің (дайынламаның бір айналымы ішінде) арасындағы ***a*** арақашықтығы, ал **тіліктің ені** — инструменттің кесетін жиектерінің өңделетін дайындамамен жанасуының ***b*** ұзындығы.

Тіліктің қалыңдығы мен енінің аталған шамаларын ***s*** беру шамасы және ***t*** кесу тереңдігі арқылы білдіруге болады. БДВ тік бұрышты үш бұрышынан ***a*** = $s \sin \varphi$, ал БОА үш бұрышынан $b = \frac{t}{\sin \varphi}$

Тіліктің көлденең қимасының ауданы ***F = ab*** формуласымен, немесе көбейткіштерді айырбастағаннан кейін өрнектеледі:

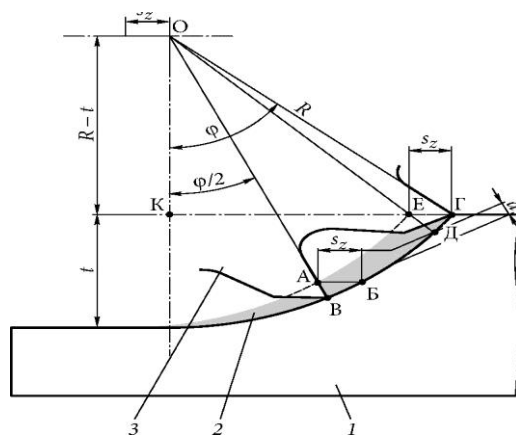
$$F = st.$$

5.2. Фрезерлеген кезде тілінетін көлденең қиманың ауданы және оның элементтері

Тік тісті цилиндрлік фрезамен фрезерлегенде тілінетін қабаттың элементтерін қарастырайық (5.2- сурет).

Фрезерлегенде ***a*** **тіліктің қалыңдығы** нөлден бастап ЕД ең көп $a_{\max}$ мәніне дейін өзгереді. ***a*** тіліктің қалыңдығы — бұл өңделетін дайындамасымен бірге фрезаның көршілес екі тісінің кесетін жиектерінің тиісті нүктелерінің жанасуы сызығының екі кезекті күйлері арасындағы аралық. Өңделетін дайындамасымен бірге фрезаның бөлігінің жанасу доғасының ұзындығына сәйкес келетін φ орталық бұрышы жанасу бұрышы деп аталады. Бұл бұрыш ОКГ тік бұрышты үш бұрыштан анықталады:

$$\cos \varphi = \frac{R-t}{R} = 1 - \frac{t}{R}$$



5.2 сурет. Тік тісті цилиндрлік фрезамен фрезегенде тілінетін қабаттың элементтері: 1 — дайындама; 2 — тілінетін қабат; 3 — фреза; R — фрезаның радиусы; s_z — тіске беру; t — кесу тереңдігі; a — кесу қалыңдығы; А, Б, В, Г, Д, Е, К — фрезерлеу кезінде тіліктің қалыңдығын есептеуге арналған есептеу нүктелері; φ — жанасу бұрышы

Егер ВБ доғасын тік сызықтың кесіндісіне шартты түрде алсақ, онда АВБ үш бұрышын аламыз, одан $\frac{\varphi}{2}$ бұрышқа сәйкес нүктенің тілу қалыңдығын анықтауға болады, яғни

$$AB = AB \sin \frac{\varphi}{2} \text{ немесе } a = s_z \sin \frac{\varphi}{2}$$

мұнда s_z — фрезаның бір тісіне беру, мм/тіс;

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}$$

Соңғы теңдеуге $\cos \varphi$ өрнегі мен түрлендіруді алмастырып қойғаннан кейін мынаны аламыз

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{t}{2R}}$$

онда тіліктің орташа қалыңдығы $a = s_z \sin \frac{\varphi}{2} = s_z \sqrt{\frac{t}{2R}}$ тең болады.

Тіліктің ең көп $a_{\max}$ қалыңдығын ЕДГ тік бұрышты үш бұрыштан анықтаймыз, мұнда ЕГД бұрышы = φ . Үш бұрыштан $ED = EG \sin \varphi$ шығады. Өйткені $ED = a_{\max}$ және $EG = s_z$, онда $a_{\max} = s_z \sin \frac{\varphi}{2}$.

Өйткені $\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}$ және фрезаның диаметрі $D = 2R$, осы өрнектерді алмастырып қойғаннан және тіліктің ең көп қалыңдығын анықтау үшін теңдеуде айырбастағаннан кейін мынаны аламыз

$$a_{\max} = s_z \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2t}{D}\right)^2} = 2s_z \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}.$$

Фрезерлеу кезінде ***b тілік ені*** — өңделетін дайындамасымен бірге кесетін жиектерінің жанасуының жиынтық ұзындығы. Оны есептеу үшін фрезаның ВГ бір тісінің өңделетін дайындамамен жанасу ұзындығын фрезаның өңделетін дайындамамен жанасатын z' тістерінің санына көбейту қажет. Егер $ВГ = В$ деп алсақ, онда $b = Bz'$.

z' есептеу үшін мына арақатынас қолданылады

$$z' = z \frac{\varphi}{2\pi}$$

мұнда φ — радианмен көрсетілген фрезаның жанасу бұрышы; π — шеңбердің ұзындығының оның диаметрінің ұзындығына қатынасы болып табылатын тұрақты сан ($\pi \approx 3,14$).

φ кіші мәндерінде мына формуланы пайдалануға болады

$$\cos \varphi = 1 - \frac{\varphi^2}{2}$$

осыдан $\varphi = 2\sqrt{\frac{t}{D}}$. онда алмастырып қойғаннан кейін мынаны аламыз

$$z' = \frac{z}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}};$$

$$b = Bz' = \frac{Bz}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}}.$$

Фрезерлеу кезінде, ұштау кезіндегідей тіліктің көлденең қимасының ауданы тіліктің қалыңдығын енінің көбейтіндісіне тең, яғни $F = aBz'$, немесе нәтижесінде

$$F = s_z \sqrt{\frac{t}{D}} \cdot \frac{Bz}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{t}{D}} = \frac{Bzts_z}{\pi D}.$$

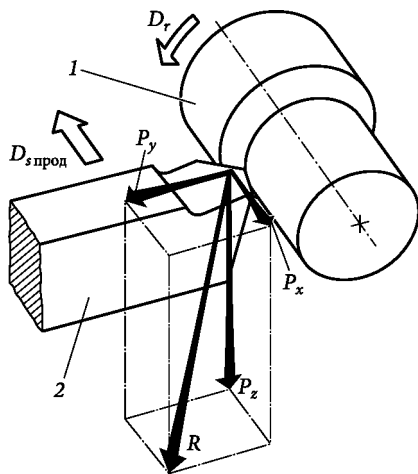
Кесу күші және оның құрамдастары. Кесу қуаты

6.1. Кесу күші және оның құрамдастары

Материалды кесіп өндеу барысында кескіш инструмент кесуге кедергілеу күшіне ұшырайды. Бұл күш металдың үгілуі кезінде жарылу кедергісінің күшінен, жоққаның бұралу кедергісінің күшінен және инструменттің жұмыс беттеріндегі үйкеліс күшінен құралады.

Ұштау кезіндегі кесу күші. Ұштау кезіндегі кесудің тең әсерлі күші кескіштің алдыңғы бетіне перпендикулярлы бағытталған, бірақ оның кеңістіктегі күйі анықталмаған, өйткені кескіш түрлі факторлардың әсеріне ұшырайды.

Кесу процесін зерделеуді жеңілдету үшін кесу күшінің өзін емес, оның таңдап алынған үш оське - x , y және z проекциялануын қарастыру қажет,



6.1 сурет. Ұштау кезінде кескішке әсер ететін күштер:

1 — дайындама; 2 — кескіш; R — кесудің жиынтық күші; P_z — тік құрамдас, немесе кесудің шеңберлік күші; P_y — көлбеу құрамдас, немесе радиалды күш; P_x — көлбеу құрамдас, немесе осьтік күш; D_r — негізгі жүріс (дайындаманың айналу бағыты); $D_{z\text{ прод}}$ — бойлау беру жүрісі

олардың ішіндегі x осі дайындаманың осімен сәйкес келеді, y осі x осіне перпендикулярлы, ал z осі кесу жазықтығына жанамалай бағытталған. Онда R кесу күші параллелипедтің диагоналі, ал оның құрамдастары P_x , P_y және P_z — оның қырлары болып табылады (6.1-сурет).

Күштің R вертикалдық құрамдасы болып табылады **кесудің P_z шеңберлік күші** тігінен төмен бағытталған, яғни кесу жазықтығында жатады. Кесудің P_z шеңберлік күші кескіштің бүгуге, сындыруға тырысады, сондықтан осы күш бойынша кескіштің беріктікке есебі жүргізіледі.

Күштің R көлбеу құрамдасы — P_x **осьтік күші** осьтің бойымен беру бағытына қарама-қарсы бағытталған. P_x осьтік күші кескіштің жүрісіне кедергі келтіреді, сондықтан осы күш бойынша станоктың беру механизмінің есебі жүргізіледі.

Күштің R екінші көлбеу құрамдасы — P_y **радиалдық күші** кескіштің осіне перпендикулярлы бағытталғана, оны дайындамадан қысады және кескішті ұстатқыштың бұрандаларымен қабылданады. P_y күші бойынша дайындаманың қаттылығы мен дайындаманы қысу нәтижесінде алынған дайын бөлшек өлшемінің кінәраты есептеледі.

P_z , P_x және P_y күштері өзара-перпендикулярлы. Кесуді жиынтық күші олардың геометриялық сомасы болып табылады:

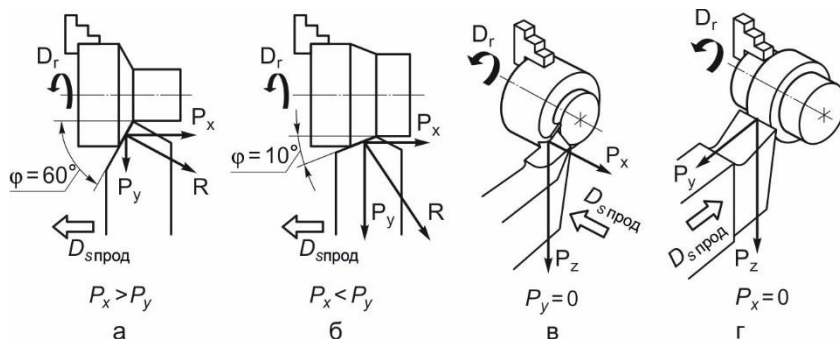
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}.$$

Кесудің P_z шеңберлік күшінің шамасы үлкен болады. Өткір ұшталған кескіште және $\varphi = 45^\circ$ бұрышта күштердің шамамен алғандағы күштердің арақатынасы $P_z : P_y : P_x = 1 : 0,4 : 0,25$. P_x және P_y күштердің арақатынасы φ жоспардағы негізгі бұрыштың шамасына байланысты. 6.2 суретте P_x осьтік, P_y радиалдық және P_z шеңберлік күштердің шамасының жоспардағы φ негізгі бұрыштан өзгеруі көрсетілген.

φ бұрыштың ұлғаюымен P_y күші азаяды және P_x күш ұлғаяды. Өтпелі тіректік кескіштер $\varphi = 90^\circ$ бұрышымен қысатын күш түсірмей, үңгімелі тірек кескіштері жұмыс істейді, олар қатты емес дайындамаларды ұштауға қолданылады.

Кесу күші өңделетін материалдың механикалық қасиеттеріне, ең алдымен тіліктің беріктігіне, қаттылығына, көлденең қиманың ауданына, ұштау бұрыштарына байланысты.

Түрлі металдардың кесу кедергісін сипаттау үшін кесудің үлес қысымы мен кесу коэффициенті ұғымдары қолданылады.



6.2 сурет. Осьтік және радиалдық күштердің жоспардағы негізгі бұрыштың шамасына тәуелділігі:

a — $\varphi = 60^\circ$; $б$ — $\varphi = 10^\circ$; $в$ — $\varphi = 90^\circ$ (тірек кескіш); $г$ — $\varphi = 90^\circ$ (кертпелі кескіш); R — кесу күші; P_x , P_y , P_z — кесу күшінің құрамдастары; $D_{s\text{ прод}}$ — бойлай беру жүрісі; $D_{s\text{ поп}}$ — көлденеңінен беру жүрісі; D_r — негізгі жүріс; φ — жоспардағы негізгі бұрыш

Кесудің үлес қысымы — тіліктің көлденең қимасы алаңы бірлігіне келетін кесудің шеңберлік күші, Н/мм²

$$p = \frac{P_z}{F}$$

мұнда P_z — кесудің шеңберлік күші, Н; F — тіліктің көлденең қимасы ауданы, мм².

К кесу коэффициенті — тұрақты жағдайларда өлшенетін кесудің үлес қысымы: $t = 5$ мм; $s = 1$ мм/об; $\gamma = 15^\circ$; $\varphi = 45^\circ$.

Кескіштің кесу жиегі тік сызықты, горизонталды. Кескіштің ұшының радиусы 1 мм тең, жұмыс салқындатылмай жүргізіледі. Онда кесудің шеңберлік күші $P_z = KF$.

P_z кесудің шеңберлік күшінің түрлі параметрлерге тәуелділігі болады, бұл оны анықтау үшін қолданылатын эмпирикалық формуламен көрсетіледі:

$$P_z = C_{Pz} t s^{0,75} K_M K_\gamma K_{\text{сорт}},$$

мұнда C_{Pz} — өңделетін материалға және φ жоспардағы негізгі бұрышқа тәуелді коэффициент; t — кесу тереңдігі, мм; s — беру, мм/айн; K_M — өңделетін материалдың механикалық қасиеттеріне тәуелді коэффициент

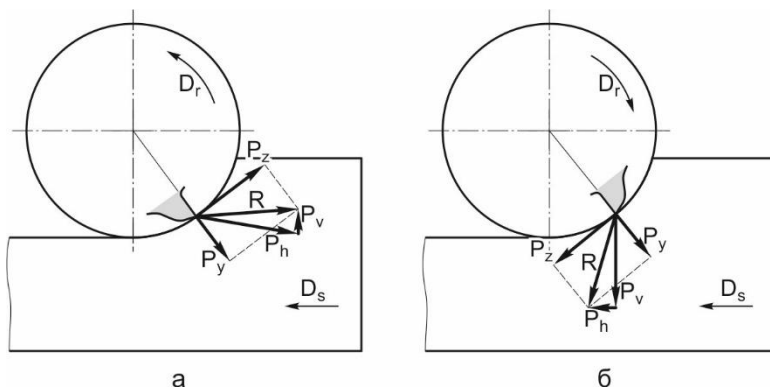
(σ_b немесе НВ тұрақтылығы мәні жоғарылаған сайын, өңделетін материал соғұрлым көп кесу кедергісін көрсетеді); K_γ — γ алдыңғы бұрышқа тәуелді коэффициент (алдыңғы бұрыш көп болған сайын, жоңқаның түсу жағдайы соғұрлым оңай, оның деформациялануы аз, сондықтан алдыңғы бұрыштың ұлғаюымен K_γ коэффициенті азаяды. Алдыңғы теріс бұрышпен жұмыс істегенде жоңқа қатты бүгіледі, оның деформациялануы қосымша кедергі туғызады және P_z күші ұлғаяды, бұл K_γ коэффициенті мәнінің сандық мәнінің ұлғаюынан байқалады); K_{MCTO} — майлау-салқындату технологиялық ортасының қасиеттеріне тәуелді коэффициент (майлау жақсарған сайын, кескіштің жұмыс беттеріндегі үйкеліс соғұрлым аз, кесу күші соғұрлым аз).

C_{Pz} , K_M , K , K_{COTC} коэффициенттерінің мәндері анықтама кестелері бойынша анықталады. t кесу тереңдігі мен s беру шамалары кесудің шеңберлік күшіне біркелкі әсер етпейді: берудің әсері кесу тереңдігінің әсерінен біршама аз. Берудің физикалық тұрғыда аздау әсері берудің ұлғаюымен жоңқаның қалыңдығы ұлғаюымен түсіндіріледі, ал бұл оны аса қатты және бұралуға аз ұшырайтын етеді.

Кесу күшінің шамаларын өлшеу үшін *динамометрлер* деп аталатын аспаптар қолданылады. Қолданылу қағидатына қарай олар механикалық, гидравликалық, электрлі болуы мүмкін.

Фрезерлеу кезіндегі кесу күші. Фрезерлеу кезіндегі тең әсерлі кесу үшін ұштау кезіндегіге карағанда өзгеше құрамдастарға бөлінеді. Мәселен, тік тісті цилиндрлік фрезаның бір мезгілде кесетін фреза тістерінің R тең әсерлі кесу күшін мынадай құрамдастарға бөлуге болады: фреза жүзіндегі нүктенің жүрісі траекториясына жанама бағытталған P_z , кесудің шеңберлік күшіне (радиуска перпендикулярлы), және радустың бойымен бағытталған P_y радиалды күшке (6.3-сурет).

R тең әсерлі күшті сондай-ақ параллелограмма қағидасы бойынша екі өзара-перпендикулярлы құрамдасқа бөлуге болады: P_h горизонталды және P_v вертикалды. Кесу күшінің P_z шеңберлік құрамдасы, ұштау кезіндегідей кесудің нәтижелі қуатына әсер етеді. Осы күшті есепке ала отырып, негізгі жүріс механизмінің буындарын беріктікке есептеу жүргізіледі. Цилиндрлік фрезерлеу кезінде кесу күшінің радиалдық құрамдасы фрезаны өңделетін дайындамадан қысады, қыспағын бүгеді және станоктың шпинделінің мойнінтіректеріне қысым көрсетеді.



6.3 сурет. Фрезерлеу барысында фрезаға әсер ететін кесу күштері: *a* — қарсы; *б* — ілесіп; D_r — негізгі жүріс; D_s — беру жүрісі; R — кесу күші; P_z, P_y, P_v, P_h — кесу күшінің құрамдастары

Кесу күшінің P_h горизонталды құрамдастары фрезерлік станоктың үстелінің беру механизміне әсер етеді. Осы күштің ең көп шамасын ескере отырып, беру механизмінің буындары мен айландыратын бекіту элементтері есептеледі.

Фрезерлеу кезінде кесу күшінің P_v вертикалды құрамдасы беруге қарсы бағытталған, фрезерлік станоктың үстелін оның бағытының үстімен көтеруге, ал беру бойынша фрезерлеу кезінде үстелді бағыттаушыға қысуға тырысады.

Винтті тістері бар цилиндрлік фрезамен фрезерлегенде кесу күшінің P_x осьтік құрамдасы да әсер етеді, ол фрезаны қыспағының бойымен ығыстыруға тырысады.

Оң жақтан кесетін фрезалармен кескен абзалырақ, өйткені бұл жағдайда кесу күшінің осьтік құрамдасы шпиндельдің артқы ұшының жағына, яғни қатты тіреудің жағына бағытталған.

Фрезерлеу кезіндегі кесудің шеңберлік күші мына формуламен анықталады: мұнда

$$P_z = \frac{C_{P_z}}{(\sin \varphi)^{0,25}} t s^{0,75} = C t s^{0,75}$$

$$C = \frac{C_{P_z}}{(\sin \varphi)^2}.$$

Осылайша, кесу процесінің (тіліктің ені мен қалыңдығы) физикалық параметрлері арқылы кесу күшінің P_z шеңберлік күшін өрнектеуден процестің технологиялық параметрлері (t кесу тереңдігі және s беру) арқылы P_z өрнектеуге оңай өтуге болады. Тіліктің ені мен қалыңдығы арқы өрнектелген фрезерлеу кезінде кесу күшінің P_z шеңберлік құрамдас күшінің формуласы мына түрге не болады:

$$P_z = C_{P_z}(Bz')a^{0,75}.$$

6.2. Кесу қуаты және кесу моменті

Кесу процесін сипаттау үшін кесу қуаты мен кесу моменті секілді көрсеткіштер қолданылады.

Кесу қуаты. Кесу процесіне жұмсалатын қуат кесу қуатын білдіреді, ол P_z шеңберлік кесу күшін ескеріп, есептеледі. Кесудің негізгі жүрісіне – шпиндельдің айналуына жұмсалатын қуатқа тең *нәтижелі қуат* $N_{эф}$, кВт² анықталады:

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102}$$

мұнда P_z — кесудің шеңберлік күші, кгс; v — кесу жылдамдығы, м/мин; 60 және 102 — уақыт бірліктерін секундқа (с) ауыстыру сандары және ньютонмен күштер (Н).

Электр қозғалтқыш өндіретін бүкіл қуат кесу процесіне жұмсалмайды, яғни нәтижелі болып табылады; белдікті берілістегі қуаттың шығындары, мойынтіректердің біліктермен жалғанымдарында, тісті берілістерде қуатты шығындары болады. Сондықтан электр қозғалтқыштың қажетті N_m , кВт қуатын анықтаған кезде станоктың бүкіл кинематикалық тізбегінің η пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) (әдетте ол 0,7-0,85 құрайды) есепке алынбайды. Онда

$$N_{дв} = \frac{N_{эф}}{\eta}$$

Кесу моменті. Дайындаманың айналуына кедергі келтіретін кесудің P_z реактивтік шеңберлік күші туғызатын $M_{рез}$, Н-м моменті туралы айтылады:

$$M_{рез} = \frac{P'_z D}{2 \cdot 1000}$$

мұнда D — дайындаманың диаметрі, мм; $1\ 000$ — ұзындықтың өлшем бірлігін ауыстыру саны ($1\ м = 1\ 000\ мм$).

Кесу процесін қалыпты жүргізу үшін электр қозғалтқыш туғызатын шпиндельдегі айналу моменті $M_{шп}$ кесу моментінен $M_{рез}$ басым түсуі тиіс, яғни $M_{шп} > M_{рез}$ шарты орындалуы тиіс.

Механикадан біліктегі айналу моментінің $M_{шп}$, Н-, білікке (бұл жағдайда шпиндельге) берілетін $N_{мб}$, кВт қуатына және біліктің айналу жиілігіне n , мин⁻¹ тәуелді болатыны белгілі:

$$M_{шп} = \frac{10000 N_{дв}}{n}$$

мұнда $10\ 000$ — өлшем бірлігін ауыстыру саны.

Сайып келгенде, станоктың қалыпты жұмыс істеуі үшін мына шарт сақталуы тиіс

$$\frac{10000 N_{дв}}{n} \geq \frac{P'_z D}{2000}$$

Өңдеуді кесу режимінде жүргізу қажет, онда станоктың қуаты мен инструменттің төзімділігі аса толығымен пайдаланылуы қажет, өңдеудың жоғары сапасы оның ең аз өзіндік құнымен қамтамасыз етіледі және жұмыстың қауіпсіз жағдайлары туғызылады, яғни **кесудің ұтымды режимінде**. Кесудің ұтымды режимі анықтама кестесі бойынша анықталады, олардың деректері кесу теориясы формулалары бойынша алынады және озық кәсіпорындардың қорытылған тәжірибелерін ескеріп, түзетіледі.

Инструменттің тозуы және оның төзімділігі

7.1. Инструменттің тозуы

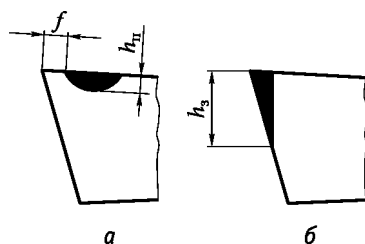
Кесу жұмысын жүргізу барысында инструменттің беттерін тозуға ұшырайды. Мұның себептері әртүрлі, тозу өңделетін металдың қатты бөлшектерінің инструменттің бетін тікелей тырналаумен (нәтижесі — *түрпілі тозу*) туғызылуы мүмкін. Тозудың мұндай сипаты жоғары түрпілі қасиетке ие шойынды өндегенде орын алады, және соның салдарынан инструменттің беттері бұзылады.

Ертеректе кесу процесі кезінде өңделетін металдың кесетін инструментпен жанасу аймағындағы қызу құбылысы қарастырылған болатын. Инструмент дайындалған металл жұмсарады, оның бөлшектері түсетін жоңқаға және кесу бетіне жабысады (нәтижесі — *жылудан тозу*). Тозудың мұндай сипаты болатты және басқа да тұтқыр металдарды өңдеу кезінде орын алады.

Дайындамалар беттерін қатты қорытпамен жаракталған инструментпен кесіп өңдеу кезінде кесетін жиектер морт омырылылады, бұл да инструменттің тозуына әкеп соқтырады.

Инструменттің өндірістік жағдайларда тозуын бағалау үшін түрлі тәсілдер қолданылады. Бұл ретте негізгі критерийлер мыналар: өңделетін бетте жарқыраған жолақтардың пайда болуы, ток күшінің өзгеруі, оны электр қозғалтқыштың статорының тізбегіне қосылған амперметр тіркейді (инструмент аса тозған кезде жұмсалатын қуат күрт артады).

Бөлшектің көп көлемін өндегенде технологиялық критерий қолданылады, ол өңделетін беттің күйімен сипатталады. Бөлшектің сызбасында көрсетілген



7.1 - сурет Жылдам кесетін болаттан дайындалған инструменттің тозу сипаты:

a — кескіштің алдыңғы бетінде; ***б*** — кескіштің негізгі артқы бетінде; ***f*** — ойыққа дейінгі жүздің ұшының аралығы; ***h_n*** — алдыңғы бетіндегі тозу; ***h₃*** — негізгі артқы бетіндегі тозу

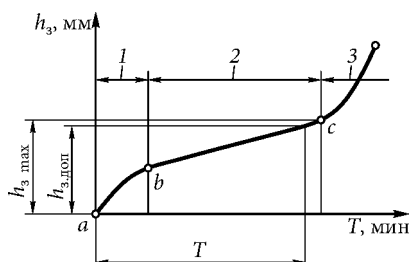
талаптарға сәйкес келетін беттің бұдырлығын алғанға дейін инструментпен өңделуі мүмкін дайындамалардың саны белгіленеді, бұл ретте, инструменттің тозуы шекті шамадан артпайды. Дайындамалардың белгіленген саны өңделгеннен кейін инструмент қайта ұшталады. Алдыңғы бетіндегі тозу осы бетте түсетін жоңқаның әсерімен тереңдігі h_n тозу орнының пайда болуы салдарынан болады (7.1, а сурет). Қандай да бір сәтте тозудың мұндай сипаты болымды есептелуі мүмкін, өйткені кескіштің алдыңғы бұрышы ұлғайып, кесу процесі жеңілдейді.

Инструмент пен дайындаманың кесу бетінің арасындағы үйкеліс инструменттің негізгі артқы бетінің тозуына әкеп соқтырады: h_3 биіктікпен сипатталатын алаңша пайда болады. h_3 алаңшасының биіктігі үлкейген сайын, үйкеліс те және сонымен күшті қызу да көп, сайып келгенде, тозу процесі жылдам өтеді (7.1, б сурет).

Алдыңғы беттің айтарлықтай тозуы қауіпті болып табылады, өйткені кесетін жиектің бұзылуына әкеп соқтыруы мүмкін. Алайда іс жүзінде жиектің мұндай бұзылуы ықтималдығы аз, өйткені инструмент негізгі артқы бетінің тозуы салдарынан бұрын қайта ұшталады.

Түрлі металдардан дайындалған инструменттердің тозуы түрліше өтеді. Мәселен, жылдам кесетін болаттан жасалған инструменттің тозуы негізгі кесетін жиегінен біршама аралықта алдыңғы бетінде болады.

Негізгі артқы бетіндегі тозу әркелкі дамиды. Кескіштің негізгі артқы бетінің жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштің мысалымен жұмыс істеу ұзықтығына тәуелділік кестесін қарастырамыз (7.2-сурет). Көлбеу осінде



7.2-сурет. Жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштің негізгі артқы бетінің h_3 тозуының жұмыс істеу ұзақтығына тәуелділігі кестесі (төзімділігі T):

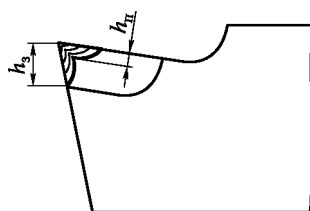
1 — іске кірістіру аймағы; 2 — қалыпты тозу аймағы; 3 — бұзылу аймағы; T — төзімділік; a, b, c — 1 — 3 аймақтардың шектерін көрсететін қисықтың тән нүктелері

инструменттің қайта ұштағанға дейінгі жұмыс уақыты (T төзімділігі), вертикальдық осінде кескіштің негізгі артқы бетіндегі h_3 тозу шамасы бөлініп қалдырылған.

Инструмент алғаш жұмыс істеген минуттарда кесетін жиектегі шынытыру барысында көміртексіздендірілген жұқа қабаттағы ұсақ тегіссіздіктер (бұдырлар) жылдам қажалады. Мұндай тозудың салдары **қосымша тозу** болып табылады, кестеде ол ab сызығымен көрсетілген (1 аймақ).

Одан әрі **қалыпты тозу** кезеңі басталады: кесу жұмысының уақыты өте келе келе h_3 алаңшасының биіктігі біркелкі өседі (2 аймақ, bc сызығы). Алаңшаның биіктігі белгілі бір ең көп шамаға жеткенде $h_{3\max}$ кескіштің әрі қарай қызуы алаңшаның биіктігінің күрт ұлғаюы мен кесетін жиектің бұзылуын туғызады. Кестеде тозу сызығы тік жоғары кетеді (3 аймақ).

Кескіштің жиегінің апатты бұзылуына жол бермеу үшін ол тозудың шамасы білгілі бір шекті оңтайлы шаманы $h_{3\text{доп}}$ құраған кезден бұрын қайта ұшталады. Шекті тозудың нормативтік шамалары анықтамалықта келтіріледі. Мәселен, қимасы 16×25 мм қаралтым үңгігіш қатты қорытпалы кескіштің шекті тозуы $h_{3\text{доп}}$ болатты өндегенде 2 мм, шойынды өндегенде 4 мм тең. Таза үңгіглеу, кесу және оймалау кескіштерінің $h_{3\text{доп}} = 0,5$ мм және т. т.



7.3-сурет. Қатты қорытпамен жарақталған кесетін инструменттің тозу схемасы: $h_{..}$ — алдыңғы бетінің тозуы; h_3 — негізгі артқы бетінің тозуы

Қатты қортпамен жарақталған инструменттің тозу сипаты басқаша болады: ол алдыңғы және негізгі артқы беттерінде кесетін жиектен бірден тозады, яғни әр кескен сәтте жаңа кесетін жиек пайда болады (7.3-сурет).

7.2. Кесу инструментінің төзімділігі және кесу жылдамдығы

Инструменттің төзімділігі — бұл кесетін инструменттің қайта ұштағанға дейінгі негізгі жұмыс уақыты, ол минуттармен өлшенеді. Кесетін инструмент тозған кезде берілген шамаға $h_{доп}$ қайта ұштау **мәжбүрлеп қайта ұштау** деп аталады. Мұндай операция кесетін инструменттің дұрыс пайдаланылуын қамтамасыз етеді.

Инструменттің тозғанға дейін $h_{доп}$ шамасына дейін жұмыс істеу уақыты **төзімділік кезеңі** — T деп аталады (минуттармен өлшенеді).

Кесетін инструменттің төзімділігі көптеген факторларға: инструменттің материалына, өңделетін материалға, инструменттің геометриясына, кесу режиміне, МСТО сапасына және т.б. байланысты.

Кесетін инструменттің төзімділігіне кесу жылдамдығы ең көп әсер етеді. Ол артқан сайын, кесу процесіне соғұрлым көп қуат жұмсалады, жылу көбірек бөлінеді, үйкелетін беттер қарқынды тозады (жылу және түрпілі тозулар) және төзімділік кезеңі де соғұрлым аз. Тіптен кесу жылдамдығының біршама өсуі кескіштің төзімділігінің едәуір азаюын туғызады.

Мәселен, егер қатты қорытпадан жасалған кескішпен жұмыс істегенде кесу жылдамдығы 2 есе ұлғайса, онда кескіштің төзімділік кезеңі 32 есе кемиді.

Кескіштің төзімділік кезеңін мына формуланы пайдаланып, шашамен бағалауға болады

$$T = \frac{C_T}{v^m a^x b^y}$$

мұнда C_T — өңделетін материалдың қасиеттеріне тәуелді коэффициент; v — кесу жылдамдығы, м/мин; a — тілінетін қабаттың қалыңдығы, мм,

b — тілінетін қабаттың ені, мм; m , x , y — көрсетілген параметрлердің төзімділікке әсері дәрежесінің көрсеткіштері.

Дайындалатын бұйымдардың өзіндік құны ең аз болатын, экономикалық тұрғыда қолайлы жылдамдыққа сәйкес келетін кесетін инструменттің төзімділігі кезеңі **экономикалық төзімділік** деп аталады.

Кесетін инструментті ұтымды пайдалану инструмент экономикалық төзімділіктің берілген нормасына төтеп беретін кесу режимдерін белгілеуде.

Эксперименталды тұрғыда түрлі өңдеу жағдайларында кесу жылдамдығын есептеудің формуласы шығарылды:

$$v = \frac{C_v}{T m t^{x_s} y} K_m K_q K_{\text{сото}}$$

мұнда C_v — өңдеу түріне, өңделетін материалға және кескіштің ϕ бұрышына қарай алынатын коэффициент (анықтамалық бойынша анықталады) (ϕ бұрышы аз болған сайын, кесетін жиектің ұзындығы жұмысқа соғұрлым артық қатысады, жүзден жылудың ұстағышқа берілуі соғұрлым жақсы; бұл ретте кескіштің төзімділік кезеңі артады, ал бұл кесу жылдамдығын арттыру мүмкіндігін береді); m , x , y — тиісті параметрлер өзгертілген кезде төзімділіктің қарқындылығын сипаттайтын дәрежелердің көрсеткіштері; K_m — өңделетін материалдың механикалық қасиеттерін есепке алатын коэффициент (σ_b ұлғаюымен K_m коэффициенті азаяды); K_q — кескіштің ұстағышы кимасын есепке алатын коэффициент (тек жылдам кесетін кескіштер үшін) (ұстағыштың кимасы ұлғайғанда K_q коэффициенті ұлғаяды); $K_{\text{сото}}$ — майлау-салқындату технологиялықт ортасынң сапасына тәуелді коэффициент (тек жылдам кесетін кескіштер үшін, оған қоса, кескіш жақсы салқындаған сайын, $K_{\text{сото}}$ коэффициенті жоғары болады).

t кесу тереңдігі формуланың бөлгішінде болады, а бұл жоңқаның кимасы ауданы ұлғайған сайын кескішке әсер ететін күштің және жұмсалатын кесу қуатының артатынын білдіреді. Тиісінше кесу аймағында бөлінетін және кескіштің жұмсаруын да, тозуын да туғызатын жылудың көлемі артады. Кескіштің берілген төзімділік кезеңін сақтау үшін кесу жылдамдығы азайтылады.

s беру шамасы кесу тереңдігі секілді формуланың бөлгішінде болады, ал бұл берудің артуымен тіліктің қимасы ауданы артатынын және тиісінше кескіштің төзімділігі кезеңі кемитінін білдіреді. Түрлі элементтердің кесу жылдамдығына әсері тәжірибе жолымен анықталаған:

$$v = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,35}}$$

t кесу тереңдігіндегі дәреженің көрсеткіші s беру кезіндегі дәреженің көрсеткішіне карағанда әркез аз, яғни $x < y$. Осыдан ұштау кезіндегі кесудің маңызды заңдылығы келіп шығады: төзімділік кезеңі өзгеріссіз болғанда кесу жылдамдығын арттыру үшін немесе кесу жылдамдығы өзгеріссіз болған кезде төзімділік кезеңін ұлғайту үшін тиісінше s беруді азайтып, t кесу тереңдігін ұлғайтқан жөн.

Майлау-салқындату технологиялық орталары

Майлау-салқындату технологиялық орталары (МСТО) — бұл күрделі көп құрамды жүйелер, олардың көмегімен инструменттің жоғары төзімділігін қамтамасыз етуге және өңделетін беттің жоғары сапасын алуға болады. МСТО пайдаланудың арқасында кесу аймағындағы температура едәуір төмендейді және инструменттің бетінің, жоңқаның және дайындаманың арасындағы үйкеліс азаяды.

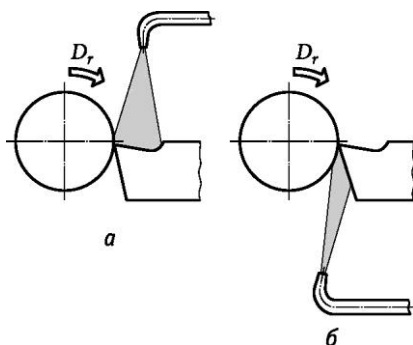
МСТО таңдау өңдеу түріне (қарылтым немесе таза), өңделетін материалдың қасиеттеріне, кесу жылдамдығына және тереңдігіне, жоңқаның түріне, өңделетін беттің сапасына қойылатын талаптарға және т.б. байланысты болады.

Болат дайындамаларды өңдеген кезде әсер ету сипатына қарай екі топқа бөлінетін МСТО қолданылады. **Бірінші топқа** негізінен салқындатқыш әрекетті орындайтын МСТО жатады. МСТО бірінші тобын соданың немесе сабынның сулы ерітінділері, сулы эмульсиялар және үлкен жылу өткізгіштігімен сипатталатын басқа құрамдар құрайды. **Екінші топқа** негізінен майлау әрекетін орындайтын МСТО, яғни үлкен майлау қабілетіне ие құралдар жатады. МСТО екінші тобын минералды майлар мен олардың қоспалары, сульфифрезол (күкірттелген минералды май), Аквол-2 сұйықтығы, молибден қос сульфиді қосылған майлар және т.б. құрайды.

Шойын дайындамаларды өңдегенде скипидар немесе содалы эмульсия қосылған керосин қоспасымен салқындату қолданылады. Жекелеген жағдайларда шойын мен басқа морт материалдар салқындатылмай өңделеді.

МСТО кесу аймағына **ағынмен** жеткізу екі тәсілмен іске асырылады:

- **еркін ағыспен** (8.1, а сурет) — сұйық МСТО стоноктың резервуарынан сорғысымен айдалады және шлангалар жүйесі және бағыттау шүмегі арқылы



8.1-сурет. Майлау салқындату технологиялық ортасын ағынмен жеткізу тәсілдері:

a — еркін ағыс; *б* — арыны қатты ағыс;
 D_r — негізгі жүріс

кесу аймағына беріледі (жоңқаның бүгілген жеріне);

- **арыны қатты ағыспен** (8.1, б сурет) — сұйық МСТО жоғары қысыммен шүмек қуысы (диаметрі 0,2...0,4 мм) арқылы кескіштің негізгі артқы беті жағынан беріледі. Мұндай жағдайларда МСТО жоңқа түзілуі аймағына қарқынды түрде өтіп, жылдам буланып, еркін ағыспен берілетін сұйықтыққа қарағанда жылудың көп көлемін бөледі.

МСТО шашыратылған күйінде кесу аймағына жеткізу арнайы қондырғының көмегімен іске асырылады. Тозандатылған эмульсиямен салқындату жағдайында қолданылатын МСТО салқындату және майлау қасиеттері аса тиімді пайдаланылады. Эмульсия кесу аймағына жоғары жылдамдықпен беріледі (секундына 300 м), бұл кескіштен, дайындамадан және жоңқадан жылудың қарқынды бұруды қамтамасыз етеді. МСТО шашыратылған күйде бергенде жылдам кесетін болаттан жасалған инструменттің төзімділігі еркін ағатын МСТО салқындатуымен салыстырғанда 1,5-2 есе артады.

Пайдаланылғаннан кейін МСТО станоктың астауына ағады және әрі қарай сүзгі арқылы тазартылғаннан кейін резервуарға қайта бағытталады. Осылайша, пайдаланылған МСТО тазартудың (**қайта жаңартудың**) арқасында оны көп мәрте пайдалануға болады.

Кесу процесіне дайындалу

9.1. Кесу технологиялық процесінің элементтері

Кесу процесін жүргізу үшін дайындаманы механикалық өндеудің технологиялық процесін әзірлеу қажет, яғни бұйымның күйін өзгерту және анықтау (мәселен, беттердің өлшемдерін, пішінін, бұдырлығын өзгерту, оларды өзара орналасуы) бойынша мақсатты іс-қимылдар тізбегін анықтау қажет.

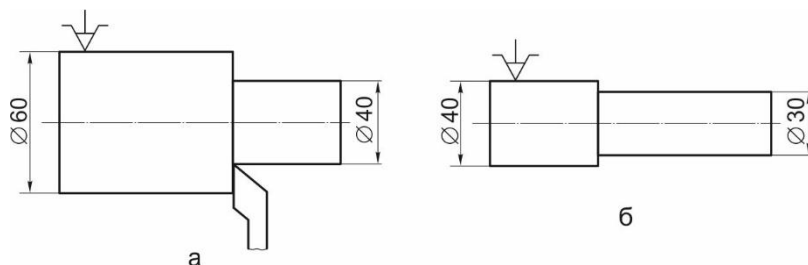
Нақты жағдайлар мен міндеттерге аса сәйкес келетін оңтайлы технологиялық процеске ұмтылу қажет.

Дайындаманы механикалық өндеудің технологиялық процесі жекелеген элементтерге – технологиялық операцияларға (орнатылымдар, өтпелер) бөлінеді.

Технологиялық операция — бір жұмыс орнында атқарылатын және жұмысшының дайындаманы өндеуден келесі дайындаманы өндеуге көшуге дейінге барлық іс-қимылдарын қамтитын технологиялық процестің аяқталған элементі.

Жұмыс орнына қарай операциялар токарлық, фрезерлік, тегістеу және т.б. болып бөлінеді. Бұйымдардың азғантай көлемін дайындағанда бүкіл бөлшекті, мәселен токарлық станокта өндеу бір операция ішінде атқарылады. Бұйымдар легін өндеу кезінде әр бөлшекті өндеу бірнеше операция ішінде атқарылады.

Бөлшекті бір операция ішінде атқарған кезде өндеу әуелі бөлшектің бір жағынан басталады, сонсоң оны қайта қойып, басқа жағын өңдейді, яғни **бөлшек екі орнатылым ішінде өңделеді.**



9.1 сурет. Бөлшекті екі орнатылым ішінде өңдеу:

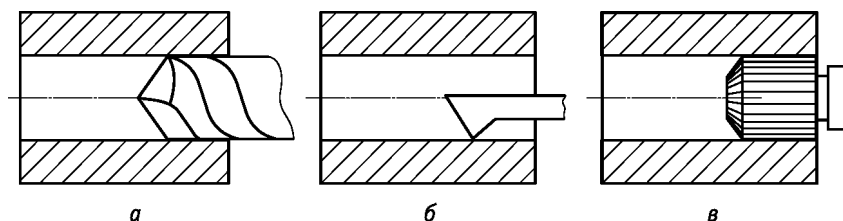
а — $\varnothing 40$ цилиндрлік бетпен өңдеу; *б* — $\varnothing 30$ цилиндрлік бетпен өңдеу

Орнаылым — өңделетін дайындама өзгеріссіз бекітіліп орындалатын технологиялық операцияның бір бөлігі (9.1-сурет).

Орындалатын өңдеу түрлері (бүйірін кесу, сырттай ұштау, бұрғылау, зенкерлеу, ұңғылау, беттерді, қуыстарды, кертпештерді және т.т. фрезерлеу) технологиялық ауысулар болып табылады.

Технологиялық ауысу — өзгертілмейтін технологиялық режимде және орнатылымда технологиялық жарақтандырудың тұрақты құралдарымен атқарылатын технологиялық операцияның аяқталған бөлігі. Егер өңдеу кезінде инструмент өзгертін болса, онда дайындаманың сол бетін жаңа инструментпен өңдеу жаңа технологиялық ауысу болып табылады. Мәселен, саңылауды бұрғымен, зенкермен және ұңғымен өңдеу үш ауысумен атқарылады (9.2-сурет). Инструменттің өзін ауыстыру қосалқы ауысу деп аталады.

Қосалқы ауысу — бұл еңбек құралының қасиеттерін өзгертумен қабат жүрмейтін адамның немесе жабдықтың әрекеттерінен құралған, бірақ



9.2 сурет. Саңылауды үш ауысуда өңдеу: *а* — бұрғылау; *б* — жону; *в* — ұңғу

технологиялық ауысуды орындау үшін қажет технологиялық операцияның

аяқталған бөлігі.

Жұмыс жүрісі — бұл инструментті дайындамаға қатысты, оның пішінін, өлшемдерін, бетінің сапасы мен қасиеттерін өзгертумен қабат жүретін бір мәрте жылжытудан құралатын технологиялық ауысудың аяқталған бөлігі. Жұмыс жүрісі әдетте дайындаманың жалаң қабатын үздіксіз өңдеуді, білікті токарлық станокта бір үңгу ішінде өңдеуді немесе жазықтықты фрезерлік станокта өңдеуді білдіреді.

Қосымша жүріс — бұл жұмыс жүрісіне дайындау мақсатында инструменттің дайындамаға қатысты бір мәрте жылжыту түріндегі технологиялық ауысудың аяқталған бөлігі. Мәселен, кескіш бастапқы күйіне қайтатын білікті қарылтым жонғанда, ол қосалқы жүріс жасайды.

Дайындаманы өндегенде жұмысшы мақсатты сипаттағы белгіленген іс-қимылдарды орындауы қажет, мәселен, шпиндельдің айналу жиілігін қайта қосу, станокты іске қосу немесе өшіру және т.б. Мұндай әрбір мақсатты жұмыстар қабылдауды білдіреді.

Қабылдау — бұл жұмысшының технологиялық ауысуды немесе бір нысаналы мақсатпен біріктірілген оның бір бөлігін орындау кезіндегі іс-қимылдарының аяқталған жиынтығы.

Кейбір токарлық станоктарда, мәселен, айналдырғы станоктарда орнатылған және бекітілген, бұрғыланатын, бұрғылап кеңейтілетін және зенкерленетін дайындама бір орналымы болады, бірақ үстелді бұрғанда дайындама жаңа жайғасымды алатын болады.

Жайғасым — бұл операцияның белгілі бір бөлігін орындағанда инструментке немесе жабдықтың жылжымайтын бөлігіне қатысты айла тектікпен бірге өзгеріссіз бекітілген өнделетін дайындаманың алатын бекітілген күйі.

Өндірістік процесс элементтерінің негізгі белгілері туралы жалпы деректер 9.1-кестеде келтірілген.

Кесіп өңдеуді іске асыру үшін **технологиялық құжаттама** қолданылады. Өндірісті технологиялық дайындау үшін әзірленген Технологиялық құжаттаманың бірыңғай жүйесі (ТҚБЖ) қызмет етеді.

9.1-кесте. Өндіріс процесі элементтерінің негізгі белгілері

Белгілері	Өндірістік процесс
Беттердің өлшемдерін, пішінін, бұдырлығын, олардың өзара орналасуы мен физикалық-химиялық қасиеттерін өзгерту	↓ ← Технологиялық процесс
Бір дайындаманы өңдеудің үздіксіздігі және жұмыс орнының тұрақтылығы	↓ ← Операция
Дайындаманы өзгертпей Бекіту	↓ ← Орнатылым
Дайындаманың кесетін инструменттерге қатысты өзгеріссіз күйі	↓ ← Жайғасым
Өңделетін беттің, кесетін инструменттердің, кесу режимдерінің тұрақтылығы	↓ ← Ауысу
Тілінетін металдың қабаты өзгеріссіз ұдайы кесетін инструмент ұдайы кесу режимдері	↓ ← Жұмыс жүрісі

Ол өндірісті технологиялық дайындаудың бірыңғай жүйесінің (ӨТДБЖ) құрамдас бөлігі болып табылады.

Технологиялық құжаттама өзіне жалпы мақсаттағы құжаттарды (барлық түрлі жұмыстарға арналған) және арнайы мақсаттағы құжаттарды (жұмыстардың жекелеген түрлері бойынша мамандандырылған технологиялық процестердің) қамтиды.

Жалпы мақсаттағы технологиялық құжаттар. Түрлі жұмыстардың барлық түрлерін жүргізудің сипаттамасы жалпы мақсаттағы технологиялық құжаттарда келтіріледі, оларға мыналар жатады: маршруттық карта; нобайлар картасы; технологиялық нұсқаулық; жиынтықтау картасы; цехты кеңейту ведомосы; жарактандыру ведомосы және материалдар ведомосы.

Бағыттық картада барлық операциялар бойынша (технологиялық тізбекпен) мен жабдықтар, материалдық, еңбек және басқа да нормативтер бойынша бұйымды дайындаудың технологиялық процесінің сипаттамасы қамтылған.

Маршруттық карта негізгі технологиялық құжат болып табылады; ол жұмыс құжаттамасын әзірлеу кезеңінде әзірленеді.

Нобайлар картасында бұйымды және оның жекелеген элементтерін дайындаудың технологиялық процесінің графикалық иллюстрациясын қамтиды. Карта бұйымды өндіру сипатына немесе шарттарына қарай әзірлеушінің еркімен әзірленеді.

Технологиялық нұсқаулықта жұмыстың айрықша тәсілдерінің немесе технологиялық процесті бақылаудың әдістері, жабдықты немесе аспаптарды пайдалану қағидаларын, қауіпсіздік шаралары тізбесін және қосымша түсініктемелерді қажет ететін басқа материалдар қамтылады.

Жиынтықтама картасында бөлшектер, құрастыру бірліктері мен құрастырылатын бұйымның жиынтығына енетін материалдар туралы деректер қамтылады.

Цехты кеңейту ведомосында кәсіпорынның қызметтері бойынша дайындалатын немесе құрастырылатын, сондай-ақ жөнделетін бұйымның өндірілу маршруты туралы деректер қамтылады.

Жарақтандыру ведомосында технологиялық процесті жарақтандыруға қажетті арнайы және стандартты айландырушы мен инструменттерді қамтиды. Ведомость маршруттық карталар (технологиялық тізбекпен) негізінде әзірленеді.

Материалдар ведомосы материалдың шығыстары нормаларының міндетті түрде әзірленетін егжей-тегжейлі жиынтық ведомосы болып табылады, ондағы жазба жеткізілім құрамына енетін бөлшектердің бөлімдері бойынша жүргізіледі.

Мамандандырылған технологиялық құжаттар. Технологиялық құжаттардың бұл тобына операциялық карталар мен белгіленген жұмыс түрлерінің технологиялық процестерінің карталары кіреді.

Операциялық картада операцияларды ауысуларға бөле және кесіп өндеу режимдерін, әр операцияның есеп нормалары мен еңбек нормативтерін көрсете отырып, бұйымды дайындаудың технологиялық процесі операцияларының сипаттамасы қамтылады.

Технологиялық процесс картасында бір цехта технологиялық жарақтандыру, материалдық және еңбек нормативтері туралы деректерді келтіре отырып, атқарылатын жұмыстардың бір түрінің барлық операциялары бойынша бұйымды дайындау немесе жөндеу процесінің

сипаттамасы қамтылады.

Маршруттық карта мен технологиялық процесс картасы негізгі технологиялық құжаттардың жиынтығын білдіреді. Құжаттардың тиісті жиынтығын таңдау өндіріс түріне және осы кәсіпорындағы технологиялық процеске байланысты болады.

Технологиялық процесті әзірлеу. *Технологиялық процестің операциялық сипаттамасы* деп барлық технологиялық операцияларды олардың орындалуын технологиялық ауысулар мен өңдеу режимдерінің тізбегімен көрсетіп, сипаттауды айтамыз.

Операциялар мен ауысулардың құрамын технологиялық карталарға жазған кезде ***белгіленген қағидалар орыдалуы тиіс:***

- операцияның нөмірін I, II, III және т. б. рим сандарымен көрсету қажет;
- әр операцияның атауы атау септігінде көрсету қажет, мәселен, «токарлық», «фрезерлік», «тегістеу» және т. б.;
- орнатылымды — орыс алфавитінің бас әріптерімен: А, Б, В және т. т.;
- ауысу нөмірін — өңдеу әдісін білдіретін негізгі сөз қабат жүретін араб сандарымен 1, 2, 3, ..., (тұйық етістікте, мәселен: «ұштау», «бұрғылау», «фрезерлеу», «тегістеу» және т.т.);
- өңделетін беттің атауын — атау септігімен, мәселен, «цилиндрлі бет», «саңылау», «жырашық», «жүз» және т.т.;
- өлшемдер мен олардың шартты таңбалары туралы ақпаратты — өлшемін көрсетпей, мәселен, $\varnothing 30^{+0,021}$, $1 \times 45^\circ$ және т. т.

Одан бөлек, бір мезгілде өңделетін беттердің саны туралы ақпарат келтіріледі.

Технологиялық процесті әзірлеу қағидалары. Технологиялық процесс металл өңдеу өндірісін ұйымдастырудың негізі болып табылады, өйткені оның құрамына қарай қажеті жабдықтардың бірліктері және бөлшектерді шығару жөніндегі бағдарламаны орындауға қажетті жұмыс күшінің саны белгіленеді.

Технологиялық процесс өндірістің барлық буындарын байланыстырады, сондықтан оны дәл сақтау өндірісті дұрыс ұйымдастырудың қажетті шарты болып табылады. Басқа сөзбен, технологиялық процесс дәл орындау қажетті өндірістің заңы болып табылады, өйткені осы ретте өнімнің қажетті сапасын алуға кепілдік беріледі .

Технологиялық процесс, өз кезегінде, бөлшектерді сызбада көрсетілген техникалық талаптарға сәйкес аса үнемді дайындауды қамтамасыз ететіндей әзірленуі тиіс.

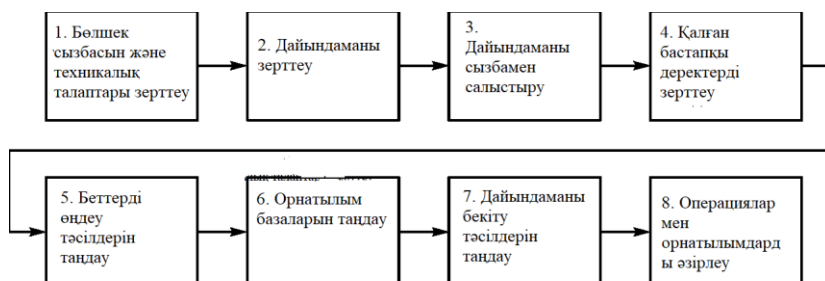
Технологиялық процесті әзірлеудің бастапқы деректері:

- бөлшектің сызбасы және оны дайындауға техникалық талаптар. Бөлшектің сызбасында оны дайындауға қажетті барлық мәліметтер көрсетілуі тиіс: беттердің пішіні мен өлшемдері, дайындама материалы, дайындауға техникалық талаптар, үлгінің дәлдігі, өлшемдердің дәлдігі, беттердің өзара орналасуының дәлдігі (шақтамалы осьтік сәйкессіздік, перпендикулярлық еместік және т.б.), беттердің бұдырылығына қойылатын талаптар;
- бұйым дайындалуы тиіс дайындаманың түрі мен өлшемдері;
- дайындау қажетті бөлшектердің саны.

Одан бөлек, қолда дайындаманы өңдеу көзделген станоктың технологиялық мүмкіндіктері, яғни процесті аса өнімдірек құруға мүмкіндік беретін станоктың мүмкіндіктері туралы деректер болуы қажет. Мәселен, егер станоктың шпинделінде диаметрі шыбықшаның диаметріне қарағанда үлкен өтпелі саңылау болса, онда бұл ретте шыбықшадан бөлшек дайындау көп жағдайларда, оны бөлек дайындамадан жасағаннан гөрі тиімдірек болуы мүмкін.

9.2. Технологиялық процесті әзірлеудің логикасы

Кез келген технологиялық процесті әзірлеу аса үнемдірек нәтижеге әкелетін іс-қимылдардың ортақ логикалық тізбегіне негізделеді. Мәселен, технологиялық процесті әзірлеу барысында токардың орындауы тиіс іс-қимылдарының тізбегі көрнекі болуы үшін 9.3.-суретте келтірілген схема түрінде ұсынуға болады. Айталық, оған жеке-дара өндіріс жағдайында «саусак» бөлшегінің технологиялық процесін әзірлеу қажет болды делік. Онда ол 9.3.-суретте келтірілген схемаға сәйкес әрекет етуі тиіс.



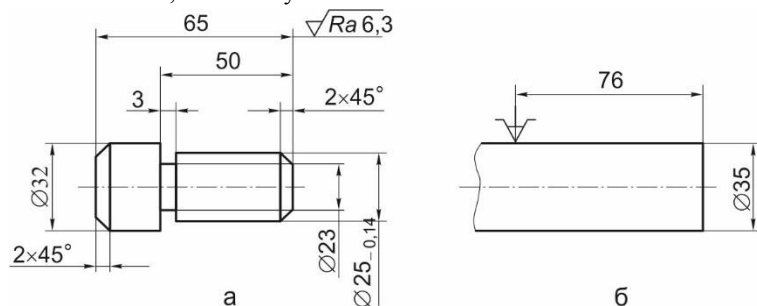
9.3 сурет. Технологиялық процесті әзірлеу кезінде токардың іс-қимылдарының кезектестігі схемасы

Осы схеманың әр тармағы бойынша токарь ақпарат жинақтап, оны тиісті түрде ресімдеуі тиіс.

Әрі қарай 9.3.-суретте көрсетілген технологиялық процестің әр кезеңінде өз міндеттері шешілетіні көрсетілген.

1. Бөлшектің сызбасын (9.4-сурет) және техникалық талаптарды зерттеу:

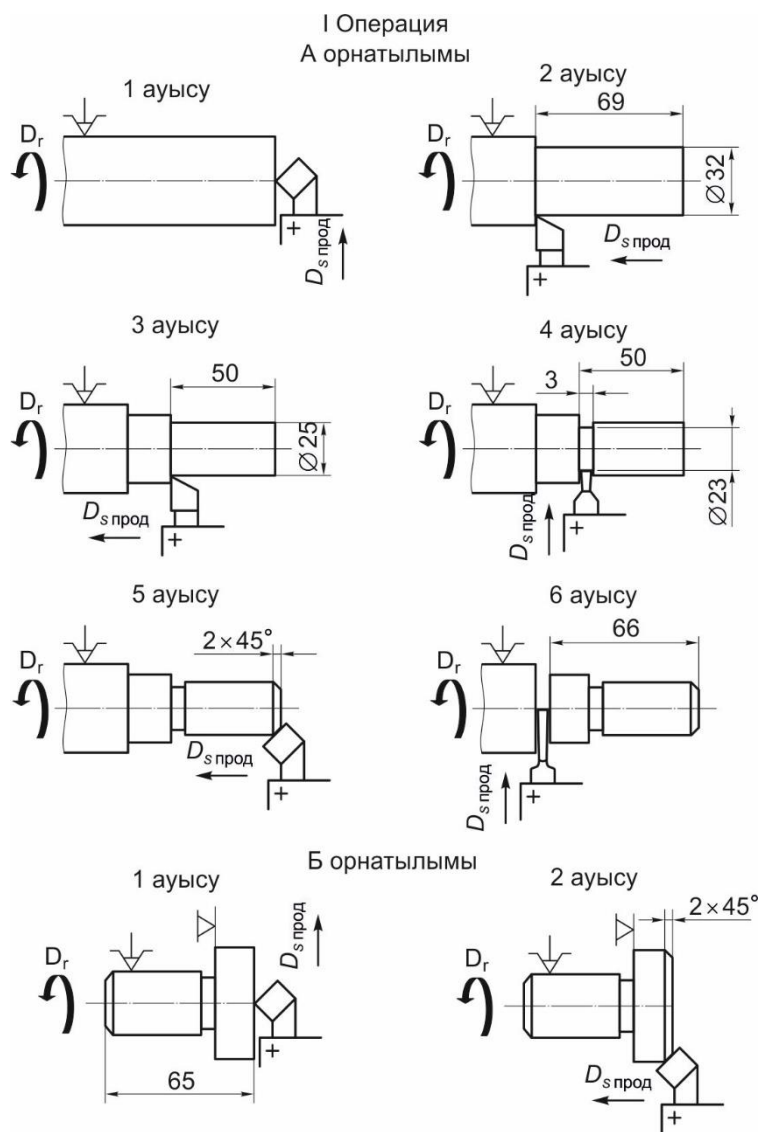
- бөлшектің пішіні — цилиндрлі;
- пішінге қойылатын талаптар — сызбада пішінге айрықша талаптар жоқ;
- өлшемдердің дәлдігі — $025_{-0,14}$ өлшемді қоспағанда барлық өлшемдер еркін (ол 0,14 мм шақтамамен орындалады);
- беттердің өзара орналасуының дәлдігі — беттердің орналасуына айрықша талаптар жоқ;
- беттің бұдырлығы — барлық беттердің бұдырлығы Ra параметрі бойынша 6,3 мкм болуы тиіс.



9.4 сурет. Жеке-дара өндіріс жағдайында токарлық өңдеу кезінде пайдаланылатын «саусақ» бөлшектің сызбасы (а) және оның дайындамасы (б)

2. Дайындаманы зерделеу:

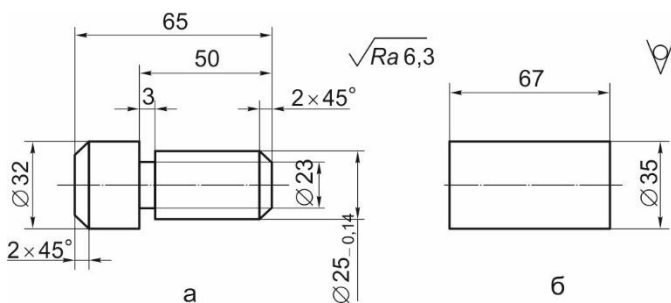
■ дайындама — цилиндрлік пішіні 035 мм шыбықша;



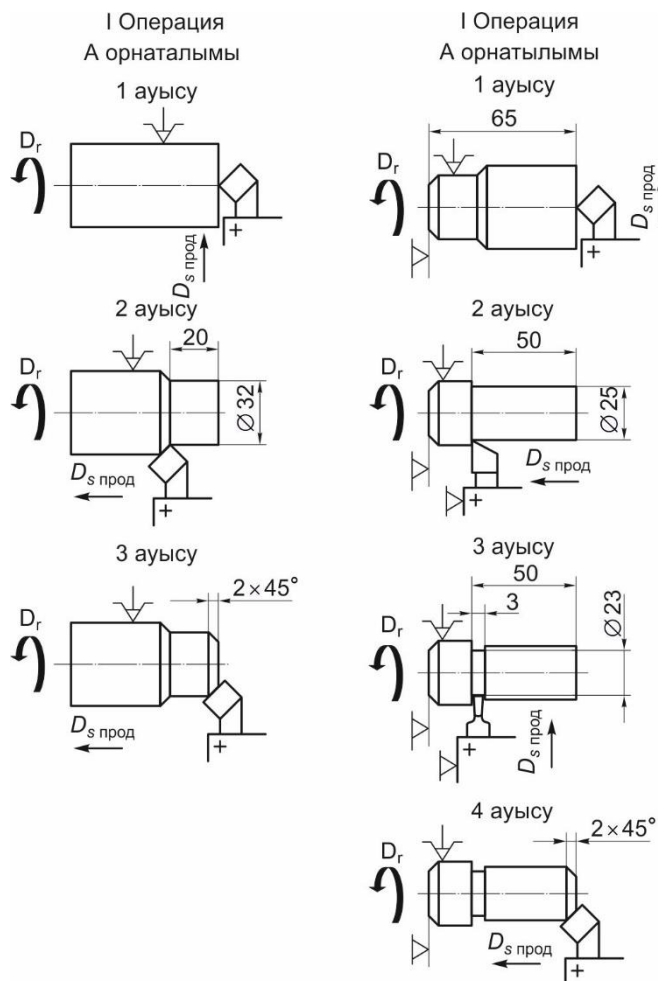
9.5-сурет. Жеке-дара өндіріс жағдайында «саусак» бөлшекті өндеудің технологиялық процесі:

D_r — негізгі жүріс; $D_{s\text{ поперек}}$ — көлденеңінен беру жүрісі; $D_{s\text{ прод}}$ — бойлай беру жүрісі

- дайындама түрі — илем;
 - беттің бұдырлығы — өңделмеген бет.
3. Дайындаманы сызбамен салыстыру:
- өңдеудің әдібі бар;
 - барлық беттер өңделеді.
4. Қалған бастапқы деректерді зерделеу:
- өңделетін бөлшектер саны — 1 дана;
 - кескішті ұстатқышқа орнатылатын кескіштер саны — 4;
 - бар айлалықтар — үш жұрықшалы өздігінен орталықтанатын патрон, тіреу;
 - өңделетін дайындаманың ең көп өлшемі — диаметрі 400 мм дейін.
5. Беттерді өңдеу тәсілдерін таңдау:
- бүйірлік беттер мен жүздер — ұңғымалы иілген кескіштермен өңдеу;
 - цилиндрлік беттер — ұңғымалы тірек кескіштермен;
 - жырашықтар — жырашық кескіштермен;
 - кесу — кесетін кескішпен.
6. Орнатылым базаларын таңдау:
- қаралтым базасы ретінде 035 цилиндрлі бет алынады;
 - таза база ретінде — 025 цилиндрлі бет алынады (бірінші операция кезінде өңдегенде алынған).



9.6 сурет. «Саусақ» бөлшегінің сызбасы (а) және оның дайындамасы (б), сериялық өндіріс жағдайында токарлық өңдеуге қолданылады



9.7-сурет. Сериялық өндіріс жағдайында «саусак» бөлшегін өндеудің технологиялық процесі:

D_r — негізгі жүріс; $D_{s\text{ нон}}$ — көлденеңінен беру жүрісі; $D_{s\text{ прод}}$ — бойлай беру жүрісі

7. Дайындаманы бекіту тәсілдерін таңдау — дайындама үш жұдырықшалы өздігінен орталықтанатын патронға бекітілетін болады (өйткені аталған жағдайда бөлшектің ұзындығы екі-үш диаметрден аз болатын шарт орындалады, дайындаманы қысу үшін орталық қажет етілмейді).

8. Операциялар мен орнатылымдарды әзірлеу — өңдеу бір операцияның (I операция), бірақ 2 орнатылым (А және Б) ішінде жүргізілетін болады (9.5-сурет).

Бір ғана емес, мәселен, 100 бөлшек өңделіп қоймайтын сериялық өндірісте технологиялық процесс басқаша әзірленеді. «Саусак» түріндегі мұндай бөлшек үшін басқа түрдегі дайындама таңдалатын болады (9.6-сурет). Бұл жағдайда барлық бөлшектерді әуелі бір жағынан, сонсоң басқан жағынан өңдеген қолайлырақ әрі үнемді болатыны жөн.

Осылайша, сериялық өндірісте «саусак» түріндегі бөлшекті өңдеудің технологиялық процесі I және II екі операциядан құралатын болады (9.7-сурет), олардың әрқайсысы тиісінше үш және төрт ауысуда орындалады.

9.3. Кесудің ұтымды режимдерін таңдау

Кесу процесін іске асыру үшін алдын ала кесу режимдерінің есебін жүргізу қажет.

Есепті жүргізген кезде кесу режимдерінің мақсатының тізбегін анық ұстау маңызды.

Білікті жонған кезде ең алдымен t кесу тереңдігін бөлшектің сызбасы мен дайындаманың миллиметрмен өлшемдерін пайдаланып, мына формуламен анықтайды:

$$t = \frac{D - d}{2}$$

мұнда D — дайындаманың диаметрі; d — алынатын бөлшектің диаметрі.

Кесу тереңдігін есептеп шығарғаннан кейін өңделетін материалдың түріне (мәселен, болат, шойын), өңдеу түріне (қаралтым, таза), кескіш дайындалған материалға қарай, кейде жоспардағы негізгі бұрыштың шамасына қарай анықтамалық бойынша s беру шамасы мм/айн анықталады.

Сонсоң анықтамалық бойынша өңделетін материалды, өңдеу түрін, кескіштің материалын, кесу тереңдігі мен беруді ескеріп, кесу жылдамдығының шамасы анықталады.

Анықтамалық кесте бойынша таңдалған v_t кесу жылдамдығы шамасын өңдеу шарттарына: кескіштің төзімділігі, өңделетін материалдың механикалық қасиеттеріне (болаттың беріктігі немесе шойынның қаттылығы шегіне),

өңделетін беттің күйіне (қабықсыз, қабықпен, беті ластанған), кескіштің материалына (мәселен, қатты қорытпаның түріне Т30К4, Т15К6, ВК6, ВК8 және т.б.) және жоспардағы негізгі бұрышы шамасына (мәселен, 30, 45, 60, 90°) қарай нақтылау қажет.

Нақтылау кесу жылдамдығы кестелері бойынша $K_1 — K_5$ түзету коэффициенттерінің көмегімен жүргізіледі: $v_{\text{ут}} = v_T K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$.

Кесудің нақтыланған жылдамдығы анықталғаннан кейін шпиндельдің айналу жиілігі n , мин^{-1} , мына формуламен анықталады:

$$n = \frac{1000 v_{\text{ут}}}{\pi D}$$

Станокта шпиндельдің кез келген айналу жылдамдығы белгіленбейді, өйткені шпиндельдің айналу жылдамдығы станоктың негізгі жүрісінің кинематикалық тізбегіне байланысты, сондықтан нақты станоктың шпинделінің айналу жиіліктері кестелері бойынша таңдалады. Егер кестеде есептік шамасы жоқ болса, онда ең аз жуық шама қолданылады.

Сонсоң кесудің нақты жылдамдығы, м/мин , мына формуламен анықталады:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}$$

мұнда $\pi = 3,14$; D — дайындама диаметрі; n — шпиндельдің нақтыланған айналу жиілігі.

Әрі қарай кесудің нақты жылдамдығы шамасы станок қозғалтқышының қажетті қуатын анықтауға қолданылады, бұл өңдеу кезінде қолданылатын станоктың маркасын таңдауға әсер етеді.

Қосымша

Түрлі кесетін инструменттерге арналған жылдам кесетін болаттың маркілерін таңдау

Болаттың маркісі	Қолдану аясы
P18	Барлық түрдегі кесетін инструмент
P9	Жай конструкциялық материалдарды өңдеуге арналған
P6M5	P18 болатты алмастырады
P14Ф4, P9Ф5	Түрпілі қасиеттерге ие материалдарды өңдеуге арналған
P18K5Ф2, P9M4K8, P6M5K5	Беріктігі жоғары, таттануға төзімді және ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпаларды өңдеуге арналған
P10K5Ф5	Беріктігі жоғары, таттануға төзімді және ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпаларды, түрпілі қасиеттерге ие материалдарды өңдеуге арналған
P9K5	Қаттылығы мен тұтқырлығы жоғары болаттар мен қорытпаларға арналған; соққылармен жұмыс істеуге жарамды
P9K10	Қатты және тұтқыр болаттар мен қорытпаларды өңдеуге арналған

Кесіп өңдеудің саналуан түрлерінде қатты қорытпаның маркілерін таңдау

Өңдеу түрлері мен сипаты	Өңдеген кезде қатты қорытпаның маркілері				
	көміртекті және қоспалаған болаттар	шыңдалған болат	шойын		түсті металдар және қоспалары
			240 HB	400... 700 HB	
Тіліктің тегіссіз қимасында және соққылармен үзілмелі кескенде қабықтың және қақтың бойымен қаралтым ұштау	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	—	BK8 BK8 BK4	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8
Тіліктің тегіссіз қимасында және үздіксіз кескенде қабықтың бойымен қаралтым ұштау	T14K8 T5K10		BK4 BK6 BK8	BK4 BK6 BK8 BK4	BK4 BK6
Тіліктің қатысты тегіс қимасында және үздіксіз кескенде қабықтың бойымен қаралтым ұштау	T15K6 T14K8		BK4 BK8	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4
Үзілмелі кесу кезінде жартылай таза және таза ұштау	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK3 BK3M BK4
Үзілмелі кесу кезінде жұқалап ұштау	T30K4 T15K6	T14K8 T5K10 BK4	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4

Кестенің жалғасы

Қосымша

Өңдеу түрі мен сипаты	Өңдеген кезде қорытпаның маркілері				
		көміртекті және қоспаланған болат	шойын		Түсті металдар мен қорытпалары
			240 HB	400...700 HB	
Үздіксіз кескенде жұқалап ұштау	T30K4	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK3 BK3M	BK6M BK3M BK3	BK3 BK3M
Жырашық тілу және кесу	T15K6 T14K8 T5K10	BK6M BK4 BK3M	BK4 BK6 BK8	BK6M BK3	
Ойманы алдын ала тілу	T15K6 T14K8		BK3 BK3M BK4	BK6M BK3M	BK4 BK6 BK6M
Ойманы түпкілікті тілу	T30K4 T15K6			BK3	BK3 BK3M
Қарылтым жону және қашау	T15K12B BK8B BK15	—	BK8 BK8B	—	BK8 BK8B
Жартылай таза және таза жону және қашау	T5K10 T15K12B BK8 BK8B		BK4 BK6 BK8		BK4 BK6

Қаралтым фрезерлеу	T15K6 T14K8 T5K10				BK4 BK6 BK8
Жартылай таза және тазалап фрезерлеу	T30K4 T15K6 T14K8		BK6 BK4	BK6M	BK3 BK3M BK4
Терең емес (қалыпты) қуыстарды бұрғылау	T5K10 T5K12B BK8 BK8B		BK4 BK6 BK8	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8
Терең қуыстарды бұрғылау	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12B BK8				
Терең қуыстарды шығыршықтап бұрғылау	T15K6 T14K8 T5K10	—			
Алдын ала бұрғыланған терең емес қуыстарды (қалыпты) бұрғылау	T14K8 T5K10 T15K6	T14K8 T5K10 BK8	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3 BK4 BK3M
Құйылған, қақталған және қалыпталған алдын ала бұрғыланған терең емес	T5K10 T5K12	—	BK4 BK6	—	BK4 BK6

Кестенің соңы

Өңдеу түрі мен сипаты	Өңдеген кезде қатты қорытпалар маркалары				
	көміртекті және қоспаланған болат	шыңдалған болат	шойын		түсті металлдар және
			240 HB	400...700 HB	
(калыпты) қуыстарды бұрғылау	BK8 BK8B		BK8		BK8
Алдын ала бұрғыланған терең қуыстарды бұрғылау	T15K6 T14K8	T14K8 T5K10 BK8	BK3 BK3M BK4	BK6M BK4	BK3 BK3M BK4
Құйылған, қақталған және қалыпталған бөлшектердегі терең қуыстарды бұрғылау, сондай-ақ қуыстарды тегіссіз әдіппен және үзілмелі кесіп өңдеу	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	—	BK8M BK8 BK4	—	BK4 BK8 BK8M
Қаралтым зеркерлеу	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12 BK8	—	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK4 BK6 BK8
Жартылай таза және тазалап зеркерлеу	T30K4 T15K6 T14K8		BK3 BK3M BK4	BK4	BK3 BK3M BK4
Бастапқы және ақырғы жаймалау	T30K4 T15K6	T30K4 BK3M BK6M	BK3 BK3M BK6M	BK6M BK3M	

Қосымша

Мазмұны

Оқырманға.....	3
1-тарау. Металдарды кесу теориясы туралы мәліметтер	4
2-тарау. Кесу процесімен қабат жүретін құбылыстар	6
3-тарау. Инструментті дайындау үшін пайдаланылатын материалдар	13
4-тарау. Кескіш элементтердің геометриялық параметрлері	20
4.1. Кескіштер геометриясы, оларды дайындау және ұштау	20
4.2. Фрезалар құрылымы	35
4.3. Бұрғылардың, зенкерлердің, жаймалардың кескіш элементтерінің геометриялық параметрлері.....	38
5-тарау. Тілінетін қабаттың элементтері.....	41
Ұшталған кезде тілінетін қабаттың көлденең қимасының ауданы және оның элементтері	41
Фрезерлеген кезде тілінетін қабаттың көлденең қимасының ауданы және оның элементтері	42
6-тарау. Кесу күші және оның құрамдастары. Кесу қуаты.....	46
6.1. Кесу күші және оның құрамдастары.....	46
6.2. Кесу қуаты және кесу моменті.....	51
7-тарау. Инструменттің тозуы және оның төзімділігі.....	53
7.1. Инструменттің тозуы.....	53
7.2. Кескіш инструменттің төзімділігі және кесу жылдамдығы	56
8-тарау. Майлау-салқындату технологиялық орталары.....	59
9-тарау. Кесу процесіне дайындалу	61
Кесу технологиялық процесінің элементтері.....	61
Технологиялық процестің зерттемесінің логикасы.....	67
Кесудің ұтымды режимдерін таңдау	72
Қосымша	74

Оқу басылымы

Багдасарова Татьяна Ануфриевна

Металдарды кесу негіздері

Оқу құралы

4- басылым, стереотиптік

Редакторы *Л.А.Левченко*

Топтаманың дизайны: *К.А.Крюков*

Компьютерде беттеген: *Е.Ю.Матвеева*

Корректорлары *С. Ю. Свиридова, Т. Н. Морозова*

Бас. № 104110094. Басуға қол қойылды 15.02.2016. Пішімі 60 x 90/16.

Гарнитурасы «Миньон». Офсеттік басылым. Осеттік қағаз № 1. Шартты. б.т. 5,0.

Таралымы 500 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы» ЖШҚ, www.academia-moscow.ru 129085, Мәскеу, Мир даңғылы, 101В, 1 стр.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитариялық-эпидемиологиялық қорытындысы № РОСС RU. АЕ51. Н 16679, 25.05.2015.

Басылды: «Т8 Издательские Технологии» жария акционерлік қоғамы.

109316, Мәскеу Волгоград даңғылы, 42 үй, 5 корпус.

Тел.: (495) 221-89-80.