Ф. 7.11-18

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

М.ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ

Д. Т. ХОДЖИБЕРГЕНОВ

К Е С У Т Е О Р И Я С Ы Н Ы Ң Н Е Г І З Д Е Р І

О Қ У Л Ы Қ

050712- «Машина жасау»
мамандығының студенттері үшін

Шымкент, 2012

ӘӨЖ 378(075(8)
ББК 30.4я73
Х-67

Оқулық М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің Әдістемелік Кеңесімен баспаға ұсынылған
(№ __ хаттама «___» мамыр 2012 жыл)

Пікір айтушылар:
1. А. Д. Дасибеков т.ғ.д., М. Әуезов атындағы ОҚМУ профессоры.
2. Ж. Б. Сихимбаев, «Карданвал» АҚ Президенті.

Х 67 Ходжибергенов Д. Т.
«Кесу теориясының негіздері: оқулық. – Шымкент, 2012. 204 бет.

ISBN 9965-19-505-6

Оқулық кесіп өңдеу негізін зерттеп үйренуге бағытталған. Өңделетін материалдардан бастап кесетін құрал-саймандар, қондырғылар, жабдықтар жайлы тереңдетілген мағлуматтар баяндалған. Теориялық және тәжірибелік жолмен кесіп өңдеуде пайда болатын кесу күштерін, температурасын, жоңқаның шөгуін анықтау, сонымен қатар өңделген беттің сапасын қамтамасыз етуі қарастырылған. Сығу, созу, жылжыту, үлкен үйкеліс пен қабаттасып жүретін жылу бөліну деформацияларына байланысты, металдарды кесу процесінің өз заңдылықтары талдалған және оларды осы процестің өнімді және тиімді болу жолдары ұсынылған. Қажетті жабдықтау, құралдарының үлгілері, аспаптар және өңделетін материалдары көрсетілген, жиі кездесетін термин сөздер берілген.

Ұсынылып отырған оқулық жоғары техникалық оқу орындарына арналған «Кесу теориясының негіздері» пәнінің бағдарламасына сәйкес жазылған.

УДК 378(075(8)
ББК 30.4 я73

ISBN 9965-19-505-6

© Ходжибергенов Д. Т., 2012
© М. Әуезов атындағы ОҚМУ, 2012

КІРІСПЕ

Біздің еліміз экономиканы әртараптандыру және оның бәсекеге қабілеттілігін арттыру арқылы орнықты өсімге қол жеткізудің жолында келешегі зор бағдарламаларды жүзеге асыруды бастап кетті.

Елбасы Нұрсұлтан Назарбаев 2010 жылы халыққа арнаған Жолдауын «Жаңа онжылдық – жаңа экономикалық өрлеу – Қазақстанның жаңа мүмкіндіктері» деп атағанын білесіздер. Бүгінгі күні үкімет 2020 жылға дейінгі стратегиялық даму жоспарының аясында келешегі үлкен жобаларды іске асыруды қолға алды. Соның бірі ьәм бірегейі – машина жасау саласы. Себебі, машина жасау саласын дамытпай кез келген өндірісті өркендету мүмкін емес. Неге десеңіз, машина жасау кешеніне батпандай 13 сала кіреді. Соның негізгілері темір жол, мұнай-газ, кен-шахта және металлургия, автомобиль жасау, ауылшаруашылығы, электр жабдығы. Мұның барлығы біздің мемлекетіміздің стратегиялық салаларына жатады. Бұл ретте мұнай-газ саласы жабдығы, теміржол көлігін құрастыру, тау-кен шахталық және ауылшаруашылық машиналарын жасаудың болашағы зор [1].

Елдің ғылыми – техникалық жетістіктері машинажасау саласы арқылы экономиканың барлық кәсіпорындары өнімдерінде өз нәтижелігін дәлелдейді. Өндіріс нәтижелілігі, тиімділігі, оның техникалық алға басуы, шығарылатын өнім сапасы көптеген өндірісті жаңа, озық машиналармен, білдектермен және апараттармен жабдықтауға, дамудың әдістерін енгізуге, мүмкін болған техника - экономикалық талдауға тәуелді болады.

Замандас машина жасаудың техникалық алға басыуы тек қана - жаңа машиналардың және агрегаттардың түрлері, немесе шығару көлемін арттыру және олардың эксплуатациалық мінездемелерінің жоғарылатыу емес, сонымен қатар жаңа жоғары өнімді технологиялық процесстер және өңдеу әдістері болып табылады. Сайып келгенде, халық шаруашылығында машина жасаудың басым ролі емес, ал оның - негізгі аспектілері қарастырылады.

Өндіріс көлемдерімен тартылған қаражаттар жағынан жер жүзі өндірістері арасында машина жасау кәсіпорындары бірінші орында тұрады. Машинажасау саласы дамыуының деңгейі ел даму көрсеткіштерінің маңыздысы болып келеді. Машинажасау аумақтық және салалық болып бөлініп, экономика салаларының барлығын машина, құрал жабдық және түрлі тұрмыстық бұйымдармен қамтамасыз етеді. Бұйымдарды сапалы өңдеп даярлау үшін алдымен

өнеркәсіптерді соңғы үлгілердегі құрал – сайманмен қамтамасыз етіп, сонымен қатар технологиялық жабдықтауымыз қажет.

Құрал сайман өндірісі машинажасау және өңдеу, қайта өңдеу салаларымен тығыз байланыста. Кез келген өндірістің дамыуына қаншалықты құрал – сайманмен қамтамасыз етілгені тікелей ықпал жасайды. Өнімді өңдеу технологиялық үдерісін дұрыс, тиімді жолға қоюда құрал сайман сапасы, қамтамасыз етілген деңгейі нәтижелі роль ойнайды.

Машиналардың бөлшектерін, түрлі құралдарды және басқада бұйымдарды сұйық металлды қалыптаумен, илемдеумен, құюмен, және қысыммен өңдеу арқылы, сонымен қатар кесіп өңдеумен алуға болады.

Металлдарды кесіп өңдеу деп - дайындамадан белгілі мөлшердегі қабатын қажетті пішімді бөлшекті дайындау үшін, өңделінген беттердің лайықты сапасын сақтай отырып, кесіп алып тастауды айтады. Кесумен өңдеу процестері машина жасау өндірісі технологиясында - бастаушы орынға ие болады. Ол металл өңдеудің белгілі физикалық - химиялық әдістерінен (электр химиялық, электрлі бүліну, ультрадыбыс, сәуле әдістерінен) және басқада процесстер арасында ондаған, жүздеген мөлшерде энергия кем талап етеді, сондай-ақ күрделі және көп еңбекті қажет ететін өңдеу операцияларының орындалуында биік үнемділікпен ерекшеленеді.

Замандас машина жасайтын өнеркәсіптер өңдеу әдістерін жіктеу

Өндіріс салаларының басым бағыты машинажасау болып табылады. Өйткені кез келген салада қолданылатын технологиялық жабдықтарды, құрал саймандарды машинажасау саласы дайындайды.

Машинажасау саласында бөлшектерді даярлауда өңделіп жатқан беткі қабатты ***өңдеу*** (1 - сурет), ***кесіп өңдеу*** (2 - сурет) және ***бетге материал қаптау*** (3 - сурет) әдістері болып бөлінеді [2].

Өңдеу әдістерін екі топқа бөлуге болады:

— өңделінетін бөлшек пішімдерімен өлшемдерін өзгертумен (қысыммен өңдеу);

— өңделінетін бөлшек пішімдерімен өлшемдерін өзгерпейтін (механикалық және химиялық – термиялық)

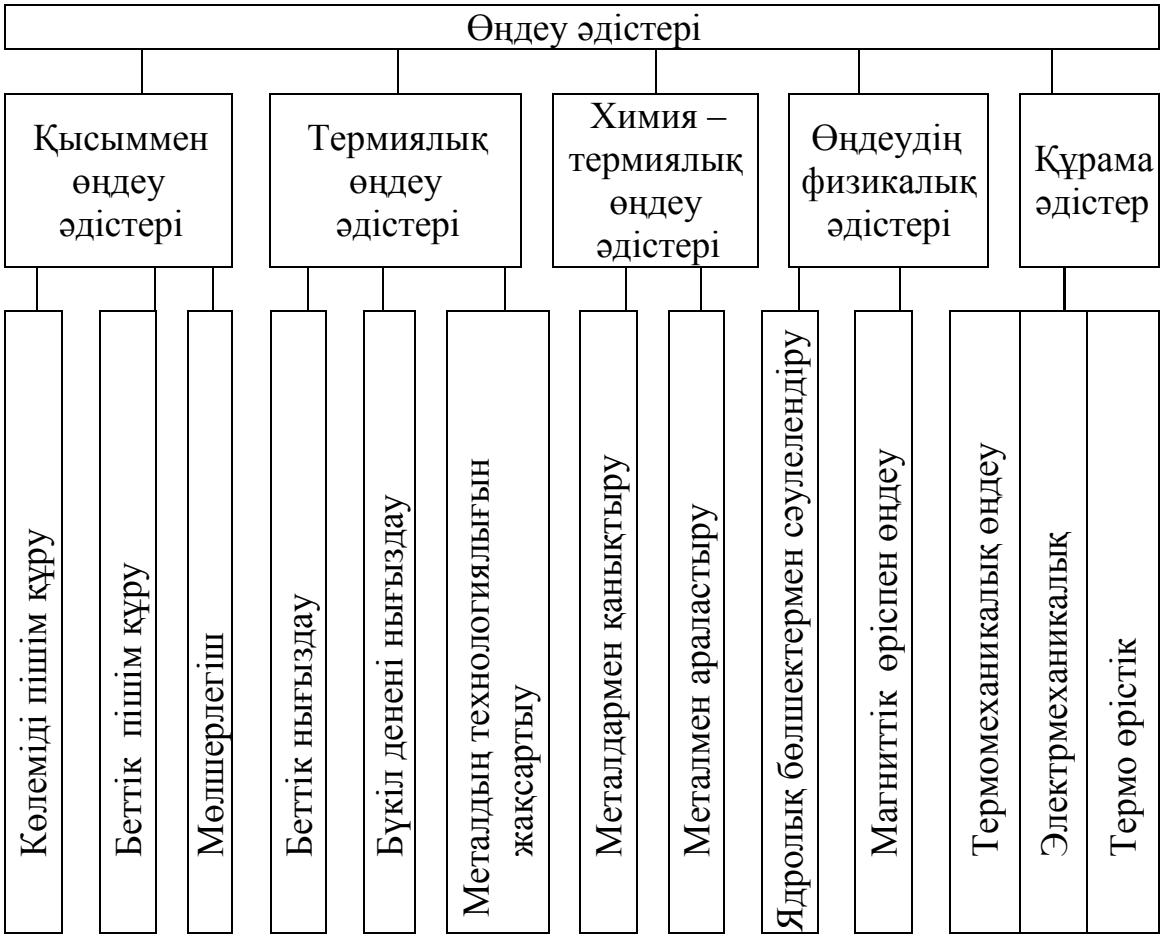
Қысыммен өңдеу:

— көлемді пішімқұру;

— беттік пішімқұру.

Термиялық өңдеу:

— бетті нығыздау;
— бүкіл денені нығыздау;
— металдың технологиялығын жақсарту.
Химиялық - термиялық өңдеу:
— металл емес элементтермен қанықтыру;

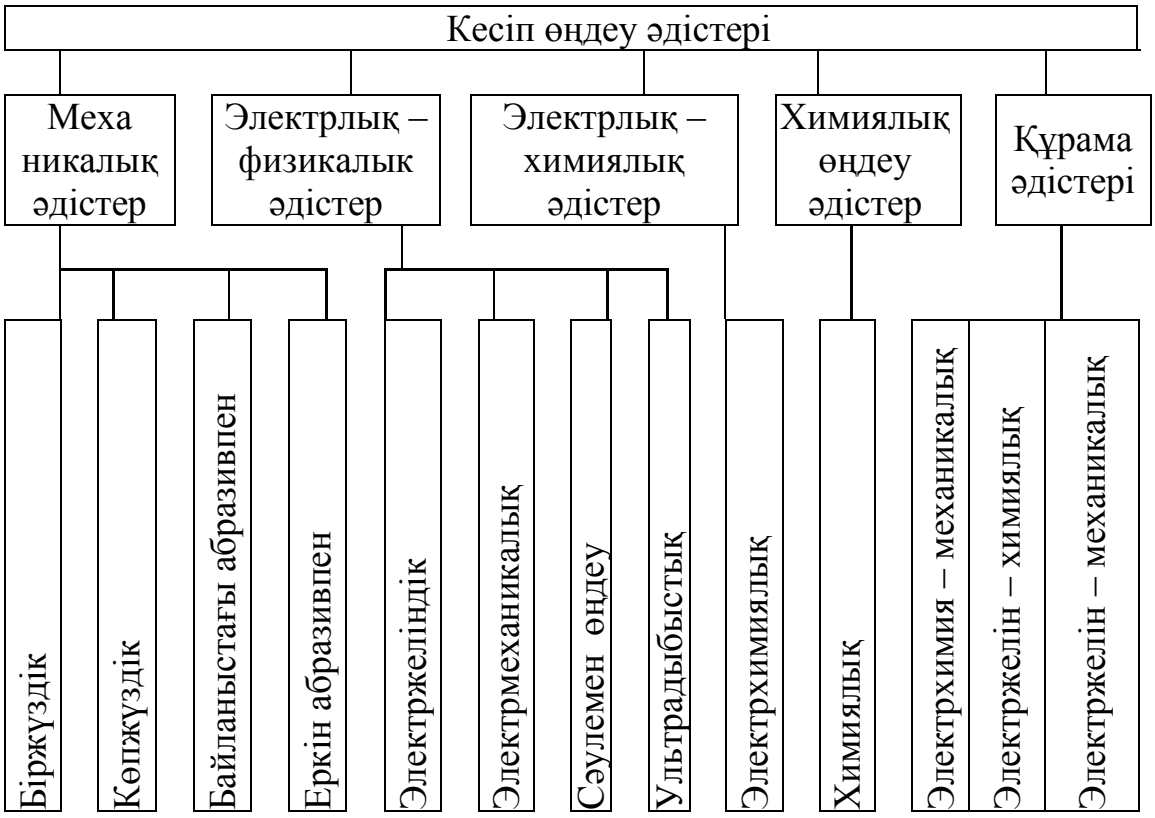


1 – сурет. Өңдеу әдістерін жіктеу

— металлмен араластыру.
Физикалық өңдеу әдістері:
— Ядролық бөлшектермен сәулелендіру;
— Магниттік өріспен өңдеу.
Құрама әдістер:
— электрхимия – механикалық;
— электржеліндік – химиялық;
— электржеліндік – механикалық.

Қарастырылған әдістер үнемді, қалдықсыз технологиялық процесстер болып есептелініп кейбір жағдайларда кесіп өңдеу

әдістері орнына келген. Сонда-да қазірде кесумен өңдеу әдістері бөлшектерді жоғары дәлдікпен даярлауда негізгі технологиялық амал болып қалады.



2 – сурет. Кесіп өңдеу әдістерін топтастыру

Кесіп өңдеу әдістерін қолдауда келесі жағдағдайлар:

— жаңа қиын өнделінетін материалдар қолдануға енгізілгенде;

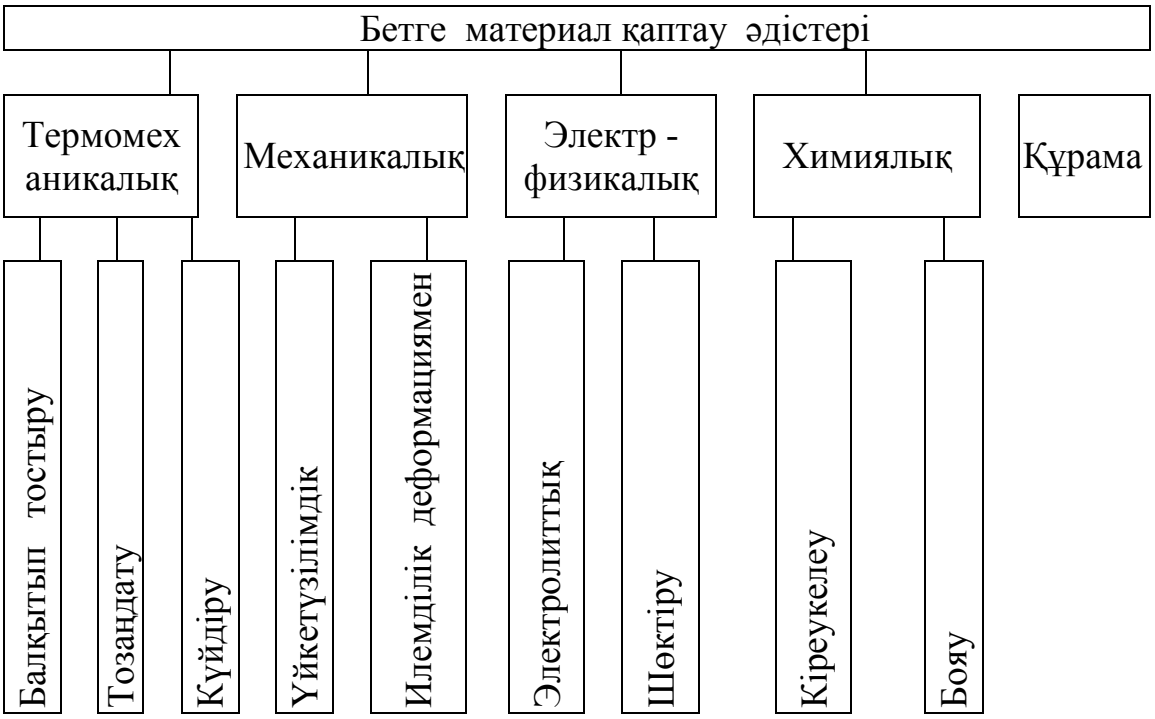
— бөлшектердің пішімінде конструкциялық элементтерінің күрделеніуінде;

— бөлшектерді даярлауда дәлдікке және сапаға талаптардың жоғарылауында;

— технологиялық үдерісте өңдеу сапасын икемді басқаруды талап етеді.

Қазіргі заман құю және қысыммен өңдеу тәсілдері илемдеу немесе қалыптау, ротациялық соғу және сығымдау,ұнтақталған металлургия бөлшек сапасын 6 ÷ 10 квалитеттегі дәлдікпен және бет кедір - бұдырлығын $R_a = 80 \div 5$ *мкм*ге дейін қамтамасыз етуге мүмкіншіліктері бар. Өте жоғары дәлдікпен құю әдістеріне бөлшек сапасын 6 - 4 квалитеттегі дәлдікпен және бет кедір-бұдырлығын $R_a = 10 \div 0{,}5$ *мкм*ге дейін мүмкіншілік береді. Бірақ бұл тәсілдермен

өңделген бөлшектер (шанақ, қанат, қақпақ және с.с.) машинада бет және пішімі сапасына жоғары талап қойылмайтын құрастырушылар қатарына жатады.



3 – сурет. Бетге материал қаптау әдістері

Өңдеу үдерістерінде [3,4] метал қалдықтары келесідей түрлі пайызда болып келеді:

- құюда - 44%;
- қысыммен өңдеуде - 40%;
- кесіп өңдеуде - 17%.

Әдебиеттегі мағлуматтарға сүйене отырып [5,6], өңдеудің әртүрлі өңдеу түрлерінің өнімділігін (см^3/сағат) және энергия шығынын (кВт/см^3) реттеп қарастыруға болады:

— жүзімен кесіп өңдейтін - 14,0 және 3,0;
— ажарлау - 8,0 және 30,0;
— электр химиялық -1,0 және 500,0;
— электржеліндік - 0,1 және 150,0;
— ультрадыбыстық - 0,005 және 150,0;
— лазермен - 0,0001 және 150000.

Машина жасауда қазіргі уақытта металдарды кесумен өңдеу бұйымдарды даярлаудың еңбек сіңіргіштігінің 40% ÷ 80% - ын құрайды.

Тарау I

КЕСЕТІН АСПАП ДАЯРЛАУҒА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАРМЕН ТОКАРЛЫҚ КЕСКІШТЕРДІҢ ГЕОМЕТРИЯСЫ

1.1. Кесетін аспап даярлауға арналған материалдар

Материалды өңдейтін аспаптың жұмыс үдерісінде кездесетін құбылыстарға қарсы тұру қабілеттілігі ***тұрақтылық*** деп аталады [7,8,9], ол уақытпен өлшенеді, сол уақыт ішінде жұмыстың белгілі шарттарында аспап кесетін қасиеттерін жоғалтпай сақтауы тиіс. Аспаптың кесетін жиегі немесе қыры мезгілсіз уатылмау және өзіне лайықты беріктікпен қамтамасыз ету үшін, қажетті қасиеттерге ие аспаптық материал қолдану керек. Демек, кесетін аспапты дайындайтын аспаптық материалдарда жылуға төзімділік, тозуға төтеп беруі, жылу өткізгіштік сияқты, сондай-ақ соққыға және бүгіліске жеткілікті жоғары кедергі қасиеттері болуы шарт.

Аспаптық материалдардың өте маңызды мінездемесі, бұл жылу соққысына кедергі келу, мұнда кесу температурасының тез өзгеруінде материал қыйрамай, өз бүтіндігін сақтау керек. Сол мінездеме шартты коэффициентпен айтылып төмендегідей есептеледі [10].

$$\Theta_1 = \frac{\sigma 1 \bullet \lambda}{E \bullet \alpha}, \qquad (1.1)$$

$\sigma_в$ — қыйрауға кедергілігі, $кГ/мм^2$,
λ — жылу өткізгіштіктігі $\bullet°C$;
E — серпімділік модулі $кГ/мм^2$;
α — ұзындық кеңейту коэффициенті

Экономиканың өндіріс салаларында негізгі өңделетін обьекттер ретінде конструкциялық болаттар, шойындар, түсті металдар мен қорытпалар, табиғи тастар, граниттер, сондай-ақ түрлі металл емес материалдар жиі кездеседі. Олардың негізгі сипаттамалары келесілер:

σ_B — қыйрауға уақытша қарсыласу (беріктік шегі),

$\sigma_т$ -— аққыштық шегі, НВ (HRC) - қаттылық.

Қазірде көміртекті, аз легирленген және аспаптық болаттар кем қолданылады, ал жоғары өнімділікке ие - легирленген болаттарға көп көңіл бөлінуде (хром - ***Х***, кремнийді - ***С***, марганецті - ***Г***, никельді - ***Н***, мысты - ***Д***, молибденді - ***М***, титанды - ***Т***, алюминийді - ***Ю***, вольфрамді

- ***В***, ванадийді - ***Ф***, кобальт – ***К***, жоғары сапалы - ***А***), әсіресе материалдың өнімділігі өте қатты болыуына аса мән берілуде.

Қолданыудағы ***0,6%*** С-ге дейін конструкциялық болаттар келесідей классификацияланады:

- көміртекті конструкциялық болаттар: Сталь ***10 ÷ 60***,
- хромды конструкциялық болаттар: ***20Х ÷ 40Х***,
- хромникельді конструкциялық болаттар: ***20ХН ÷ 30ХН***,
- хромникельді-марганецті, -вольфрамды және –молибденді: ***30ХГСА***, ***30ХНВ***, ***30ХНМ***.

Едәуір көп таралған шойындар:

- сұр шойын: ***СЧ 12-28 ÷ СЧ 24-44***,
- қақталған шойын: ***КЧ 33-8*** және т.с.с.

Түсті металлдар мен олардың қорытпаларынан кең қолданылатыны: қола, жез, алюминий, никель, титан және олардың қорытпалары.

Материалдардың шынықтырылмаған, шикі күйдегі жоғары беріктік сипаттамасы кең қолданыуына негіз болып келеді (***$\sigma_в$ = 1,1 ГПа - 110 кгс/мм^2*** – ге дейін және одан да көп, ***$\sigma_т$ - 950 МПа*** - ға дейін, ***НВ = 126 ÷ 265***). Металдарды термиялық өндеумен берілген сипаттамаларын немесе пластикалық деформациясына қарсыласыуын 1,2 ÷ 1,4 есеге дейін ұлғайтуға болады. Бірақ шынықтырылған металлдарды өндеуге талаптар ерекше болып келеді. Бөлшек материалдарының жоғары механикалық сипаттамалары, өңдеу процесінде көп күш талап етеді, ал өңдеу күшінің көбейу салдарынан өңделінілген беттің сапасы және дәлдігі төмендейді.

Өңдеудің басқа «тіпті дәл» деген тәсілдерінде, мысалға қалыптаумен бөлшек даярлауда шақтама 0,2 мм-ден жоғары. Дәлдікті арттыру үшін өңдейтін құрал мен өңделіп жатқан беттің түйіскен бет мөлшерін кемейтіп, өңдеуде пайда болатын күштің бір нүктеге шоғырланыуының алдыны алу іс шараларымен, өңдеу күштерін кемейту жолдарын қарастыру қажет. Бөлшектерді механикалық өңдеу үдерісін тиімді етумен, машинажасау ықпалын жақсартумен бірге, бұл салаға болған талапты жәнеде күшейте отырамыз.

Металдарды кесу ғылымы машинатану ғылымдарының қатарына кіреді. Ол жоғары температурада, жылдамдықтар мен қысымнан туатын физикалық жағынан пластикалық деформация үдерісін, кесетін құрал жабдық материалдарын зерттейді.

Металлдарды кесу бойынша алғашқы ғылыми тәжірибелер орыс ғылымы профессор Иван Августович Тиме жоңқа түзілу процесін зерттеген кездегі 1870 жылға жатады. Профессор Константин

Алексеевич Зворыкинның I890 ÷ 93 жылдардағы жұмысы кесу процесі динамикасының жұмыстарына арналған болатын, ал Яков Григорьевич Усачевтың зерттеулері 1910 ÷ 1915 жж. Кесу процесінің факторларының жылу көрсеткіштеріне әсер етуі болып табылады. Бұл ғалымдарды металдарды кесу ғылымының негізін салушылар деп атау құқылы. Мұнда металдарды кесу ғылымына үлкен еңбек сіңірген ғалымдар: Г.И.Грановский, М.Н.Ларин, Н.Н.Зорев, Н.И.Резников, А. А. Брикс, А. В. Гадолин, Я. Г. Усачёв, А. Н. Челюсткин, И. М. Беспрозванный, Г. И. Грановский, А. М. Даниелян, Н. Н. Зорев, А. И. Исаев, М. В. Касьян, А. И. Каширин, В. А. Кривоухов, В. Д. Кузнецов, М. Н. Ларин, Т. Н. Лоладзе, А. Я. Малкин, А. В. Панкин, Н. И. Резников, А. М. Розенберг, Мерчент и Эрнст (АҚШ), В. Дегнер, Р. Рейнгольд, Н. Якобс (ГДР), Х. Опиц (ФРГ), Окоси (Жапония), К. Скршиван (ЧССР) және т.б.

Механикалық өңдеудің кесу үдерісі жеткілікті деңгейде еңбегі сыйымды болып есептеледі, сондықтан оның өнімділігін, тиімділігін арттыру бүгінгі күні өте актуальды.

Оқулықта пайдаланылған фотосуреттер mww.coromant@sandvik.com және www.labstend.ru сайттарынан алынып қайта өңделіп пайдаданылған.

1.2. Аспаптық материалдар және оларға қойылатын негізгі талаптар

Металлды кесетін құралдың кескіш сынасы ***1*** кесу қабатына ***2*** әсер ете отырып α қалыңдықпен оны жоңқаға ***3*** айналдырады [11].

Кесіліп жатқан қабат жоңқа арқылы ***N*** нормаль күшімен құралдың алдыңғы бетіне қысым жасайды, түйіспе аудан шегінде l_n орташа түйіспе нормаль кернеуі мынаған тең (1.1 - сурет):

$$\sigma_N = \frac{N}{l_n b}, \qquad (1.2)$$

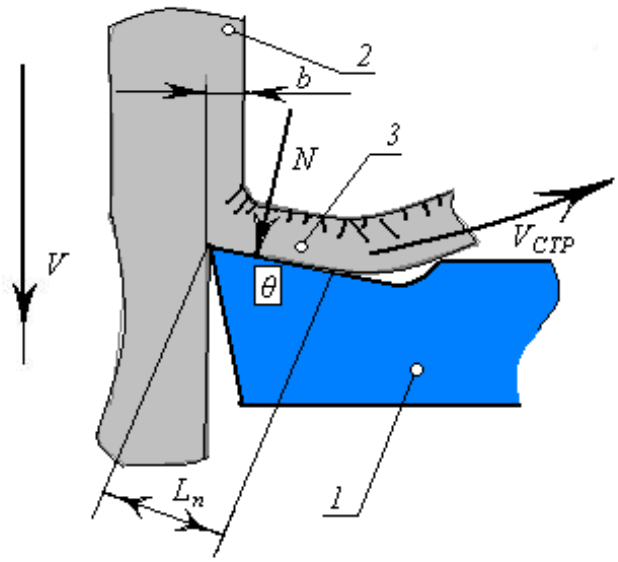
мұндағы: ***b*** – кесіп алынатын қабаттың ені.

Кесу кезінде бұл кернеу ***N = 500 ÷ 700 МПа*** шамасына барып, ал кескіштің алдыңғы бетінде ***V = 2 ÷ 4 м/сек*** жылдамдықпен кесіп алынатын қабаттың жылжуындағы үйкелуі және деформациясы нәтижесінде түйіскен беттердің температурасы $\theta = 900 \div 1300°K$ жетеді.

Кескіштің кесуде тікелей қатысатын бөлігі – сынасы осындай

жұмыс істеу шарттарына төтеп беру сонымен қатар белгілі жұмыс орындау үшін, оларды дайындайтын материалға келесі талаптар қойылады:

1. Өңделіп жатқан материалдың H_0 қаттылығынан кесетін құрал-сайман материалының қаттылығы H_u жеткілікті дәрежеде жоғары болуы тиіс. Мұнда H_u/H_0 қатынасының мәні қаншалық жоғары болса сонша жақсы есептеліп, оның бірге жақын мәндерінде кесу процессі мүлдем жүрмейді.



1.1 – сурет. Кесу сұлбасы:
1 - кесетін құрал сайман; 2 - өңделіп жатқан бөлшек; 3 - пайда болып жатқан жоңқа.

2. Жоғары механикалық беріктігі, яғни иілуге жақсы қарсыласу σ_u, қысуға жоғары беріктігі, жоғары төзімділігі мен соққы тұтқырлығы сияқты қасиеттері орасан зор болу керек.

3. Жоғары жылуға төзімділігі, яғни жұмыс уақытында қызуы өзінің қаттылығы мен кесу қасиеттерін сақтау қабілеті. Жылуға төзімділік аумалы күйдегі температурасымен сипатталады Q_{AT}. Аумалы температураны алу үшін кескіш материалы төрт сағат қыздырылып, соң оның жоғарыда аталған касиеттері тексеріледі [12].

4. Құрал-саймандардың материалы тозуға және қажалуға төзімді болуы керек.

5. Құрал-сайман материалдары, оларды қажетті пішімде даярлау үшін, қалыптауға, кесілуге, термоөңдеуге, ажарлауға икемді болуы керек.

6. Құрал-саймандыматериалдар мүмкіндігінше арзан және құрамында тапшыл элементтері болмауы керек.

Құрал-саймандардың кесуші бөліктерін, яғни кескіш тілімшесін жасауда қолданылатын материалдар және ұстағыштары тиімді болуы тиіс.

Жоғарыда аталған барлық талаптарды қанағаттандырып барлық қасиеттеріне ие бір материал қазіргі уақытта жоқ. Соның үшін оларды жеке топтарға топтап, олардың қолдану спецификасы анықталады [13].

Аспаптық болат

Көміртекті аспаптық болаттар, көміртегінің мөлшері көп – 0,8 ÷ 1,3%, жеткілікті арзан, берік, иілуге жақсы жұмыс істейді, бірақ олардың жылуға төзімділігінің өте төменділігі (***~270°C***) нәтижесінде кем қолданылады [10]. Бұл болаттардан көлемі кіші, сонымен аз кесу жылдамдықтарында ***0,2 ÷ 0,3 м/сек*** істейтін, қымбат емес, қол және машина құрал-саймандарын даярлауда қолданады. Мысалға: қашау, егеу, қырғыш, бұрандаойғыш, бұрандакескіш, ұңғылағыш, майда бұрғылар.

Көміртекті болаттардың ерекше қасиеті, оны шынықтыру тереңдігі (***5 мм*** ге дейін) аздығында. Шынықтырудың өзегі өз қалпында, яғни тұтқыр болып қала беруі мүмкін, ал беттік қаттылығы HRC61 ÷ 63 ге жетеді. Бұл қасиетімен кескіш, кесу үдерісінде пайда болған соққы күштеріне төтеп береді.

Көміртекті болаттан даярланған кесу аспабын ***750 ÷ 840°C*** шынықтырудан кейін, ***~200°C*** да жасытқаннан соң, ажарланыуы жақсарып кесетін қырлары өте өткір болады. Өте өткір болған кесетін аспап, өңделінген бет жоғары сапасын аз кесу жылдамдықтарын қолдау арқылы қажетті деңгейге жеткізеді. Кесетін аспаптарға қолданылатын көміртекті болаттардың таңбалануы: ***У7А***, ***У8А***, ***У9А***, ***У13А***.

Легирленген құрал-саймандыболаттар

Бұл болаттардың құрамында 2,5% мөлшерге дейін легирлеуші хром, марганец, вольфрам, кремний элементтер кездеседі [11]. Едәуір кең таралған маркалары: ХВ5, ХВГ, 9ХС, ХВСГ, ХГС. Бұл болаттардың шынықтырудан кейін шалыстығы өте аз сондықтан, олардан ұзын күрделі пішімді құрал-саймандар жасайды. Мысалға:

тісқашауыштар, тартажонғыштар, сонымен қатар термоөңдеуден кейін ажарланбайтын желкеөңделген, ұшталған құрал-саймандар, жонғыштар.

Құрал-сайманды болат қаттылығы - HRC63 ÷ 65, жылуға төзімділігі 200-260°С, кесу жылдамдығы 0,3 ÷ .0,4 м/сек, шынықтыру тереңдігі 25 мм ге дейін (егер құрамында хром болса), ал ХВСГ таңбалы болат 80 мм ге дейін.

Жылдам кесетін, жоғары легирленген болаттар

Көміртекті болаттар құрамына (0,8 ден 1,1% ға дейін көміртектен тұрады), оның кесетін қасиетін жақсартатын элементтерді (хромды, вольфрамды, ванадийді және басқа) қосу арқылы алуға болады. Қоспалаушы элементтермен болат шынықтырылған күй-жағдайда тұтқырлығы жоғарылап, уатылуға, деформацияға және жарықшаққа аз бейімделенеді, сонымен бірге өзіне жараса қаттылыққа ие болады [7,10,14].

Жылдамкескіш болаттар таңбасы ***Р*** әрпімен басталып, жылдамкесер екендігін білдіреді. Таңбадағы әріптен кейінгі сан, вольфрамдың пайыздарда, қоспадағы үлесін көрсетеді.

Жылдамкескіш аспаптық болаттар құрамында келесі қоспалаушы элементтері жиі кездеседі:

- ***хром***, болаттың терең шынықтырылыуын және қаттылығын жоғарылатыуын қамтамасыз етеді;

- ***вольфрам***, болаттың жылуға төзімділігін $\Theta_{ЖТ}$ және тозуға төтеп беруін жақсарыуына жағдай жасайды;

- ***ванадий***, болатта берік және қатты карбидтер пайда болуына, сондай-ақ ұсақ дәнді құрылым алуына ықпал жасайды.

- ***кобальт***, болат бір уақыттың өзінде жылуға төзімділігін және жасытқаннан соң қаттылығын жақсартады. Сонымен қатар, кобальтты болаттар жылу әсерінде (шынықтыруда, жасытуда), құрамындағы көміртектің жойылыуына алып келеді. Бұл өз кезінде кескіш қырларының уатылуына себеб болып, кесу процесінде соққы, діріл болған жағдайда қолданыуға мүмкін еместігін көрсетеді. Болаттың морттығы кобальттың 5% - на дейін қорытпаларында байқалады.

- ***темір – ваннадий,*** жылдамкескіш болаттар тізімінде ең қаттысы.

- ***кобальт – ванадий,*** жылдамкескіш болаттар тізімінде ең жақсы кесетін қасиеттерге ие қорытпа.

Жылдам кесетін болаттар нормаль жылуға төзімді және жоғары

жылуға төзімді деп бөлінеді.

Нормаль жылуға төзімді болаттарға мыналар жатады: ***РІ8, РІ2, Р9, Р6М5*** / 6% вольфрам, 5% молибден/.

Барлық жылдамкескіш болаттарда 4% - дық хром және 1,5 ÷ 2,5% ванадий міндетті түрде болады.

Р18 жылдамкескіш болаты өнеркәсіпте ұзақ уақыттан бері кеңінен қолданып келеді. Бірақ вольфрамның тапшылығынан (жылда бағасы 5,6% - ға өсіп отырады) қазіргі кезде ***Р18*** болаты санаулы мөлшерде шығарылады және күрделі пішімді, жоғарғы талаптарға жауапты құрал-сайман дайындау үшін қолданылады.

Негізгі кесетін құрал саймандарды дайындауда /75 ÷ 80%/ ***Р6М5*** жылдам кесетін болатына қолданады.

Р18 бен ***Р9*** өздерінің кесу қасиеттерімен шамамен ұқсас.

Р9 болаты нашар ажарланады, бірақ ***Р18*** - ге қарағанда 2 есе арзан, едәуір берік және жылу өткізгіштігі жақсы.

Р12 болаты ***Р18*** бен ***Р9***-дың арасындағы орташа қасиеттерге ие. Бұл болаттардың қасиеттері:

- қаттылығы ***HRC63 ÷ 65,***
- бүгілісге беріктігі $\sigma_б$ ***= 3000 ÷ 3100 МПа,***
- жылуға төзімділігі $\Theta_{ЖТ}$ ***= 870 ÷ 880°К.***

Р6М5 болатында вольфрам 6%, бірақ молибденді қосу оның иілуге беріктігін $\sigma_б$ ***= 3100 ÷ 3300 МПа-ға*** дейін жоғарылатады бірақ жылуға төзімділігін $\Theta_{ЖТ}$ ***= 850 ÷ 860°К*** дейін төмендетеді, қаттылығы ***HRC63 ÷ 65***.

Нормаль жылуға төзімді болаттар құрал-сайманның барлық номенклатурасын даярлауда қолданылады, әсіресе келесі жағдайларда:

а) қатты қорытпадан құрал-сайман жасау технологиясы күрделі немесе қымбат;

б) өңдеу беттері бір тұтас емес, яғни үзік-үзік, қарапайым конструкциялық болаттардан және шойындардан жасалған бөлшектерді кесу күштері көп болған жағдайда жұмыс істейтін құрал-саймандар үшін.

Р18 - ді кесу тәртібінде бәсең жылу бөлінуде қолданылады;

Р9 - ды қарқынды жылу бөліну шарттарында жұмыс істейтін пішімдері қарапайым құрал-сайман жасауда қолданады;

Р6М5 - ды үлкен емес кесу жылдамдықтарында ***V = 0,5 ÷ 0,8 м/сек***, бірақ кесіп алынатын қабат жуан, яғни кесу күштері көп болған жұмыс істейтін құрал-сайманды жасауда қолданылады.

Жоғары жылуға төзімді болаттар ванадийлі, кобальтты, кобальт-

молибденді, кобальд-ванадийлі, күрделі легирленген болып бөлінеді.

Ванадийдің негізгі маркалары: ***Р18Ф2*** /2% ванадий/, ***Р14Ф4, Р9Ф5, РбМ5Ф3***. Алғашқы үшеудің кеңінен қолданылатыны - Р12Ф3 болаты. Бұл болаттардың қаттылығы жоғары ***HRC67*** және аумалы түрдегі температура ***895 ÷ 905°К***,бірақ беріктігі төмен $\sigma_б$***= 2500 ÷ 2900МПа***. Бұл болаттар нашар ажарланады, бірақ едәуір тозуға төзімді.

Кобальтты болаттардың негізгі маркалары: ***Р9К5, Р9КІО, Р6М5К5*** /5% кобальт/. Олар едәуір жоғары аумалы түрдегі температураға, жоғары қаттылыққа ***HRC68*** ие, бірақ олардың беріктігі төмен $\sigma_б$ ***= 2000 ÷ 2800МПа***, жылуға төзімді $\Theta_{ЖТ}$ ***= 910 ÷ 940°К***.

Жоғары жылуға төзімді жылдамкескіш болаттарды, қиын өңделетін материалдарды – жоғары беріктікті және шынықтырылған болаттарды, ыстыққа берік және ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпаларды, титан қорытпаларын өңдегенде қолданылады.

Жоғары жылуға төзімді жылдамкескіш болаттарды қарапайым конструкциялық материалдарды өңдеуде қолданғанда экономикалық жағынан үздік құнын ақтамайды, өйткені олар қымбат болып келеді. Бұл жылдамкескіш болаттарды үзілмелі кесуде, дірілмен өңдеуде қолданбаған жөн. Соққылы жүктемеге, әсіресе кобальтты болаттар сезімтал. Ванадийлі болаттар төмен кесу жылдамдықтарында және жоғары күшпен өңдегенде қолданылады.

Техникалық шарттарға (***ТШ***) сәйкес шығарылатын күрделі легирленген жылдамкескіш болаттар кем қолданылады. Бұл жылдамкескіш болаттардың маркаларының мысалдар: ***Р12М3Ф2К8, Р10М4Ф3К10, Р6М5Ф2К8***. Жоғары жылуға төзімді жылдамкескіш болаттарды қолдану кесу жылдамдығын мәндерін ***V = 0,8 ÷ 1,2 м/сек*** дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Қатты қорытпалы болаттар

Кескіш құрал-сайманға қатты қорытпалар әр түрлі пішімде және өлшемді тілімше түрінде даярланады. Құрал-сайманның корпусына пластиналарды дәнекерлеумен немесе әр түрлі механикалық қондырғылармен бекітеді [14].

1926 жылы бірінші *металлокерамика*, яғни *карбидвольфрамды* қатты қорытпалар ұнтақталған металлургияның бірігу әдісімен алынған. Бұл қорытпалар тіпті өте қызған кезінде де ерекше қаттылыққа ие болады, әсіресе олардың жылуға және тозуға төтеп

беру, сондай-ақ шынықтырылған болат және шойын, әдеттегі кесетін аспаптармен тіпті өңделмейтін марганецті болат, шыны, тас және басқа да ұшырайтын түрлі материалдарды олардың көмегімен өңдеуге мүмкіндік туғызады. Олардың кемшіліктері, беріктігінің аз болуы ($\sigma_б$ = 110 - 260 кГ/мм^2) және адгезияға бейімділігі, яғни болат жоңқамен жабысу, аспаптың жылдам уатылыуына жағдай жасайды [7,10].

1931 жылдан бастап, құрамында екі карбидті - ***вольфрам-титандық***, үш карбидті ***вольфрам-титан-танталды*** қорытпалар алуды қарастырған.

Қазірде:

- ***вольфрамды - ВК (HRA91)***, бір карбидті қорытпалар (***Co, WC***-дан тұрады) - ***ВК2, ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК60М, ВК8, ВК1О, ВК1ОМ, ВК10ОМ, ВК10ХОМ***;

- ***вольфрам- титандық –ТК (HRA92)***, екі карбидті қорытпалар (***Co, WC, TiC***-нен тұрады) -***Т3ОК4, Т15К6, Т14К8, Т5К10***;

- ***вольфрам-титан-танталды-ТТК (HRA91,5)***, үш карбидті қорытпалар (***Co, WC, TiC, TaC***-нен тұрады) - ***ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8Б*** және т.б. өндірістері кеңінен қолданылады.

Таңбасындағы ***В***- ірі дәнді, ***М*** - ұсақ дәндіні, ***ОМ*** – аса ұсақ дәнді құрылымды екенін көрсетеді.

ВК үлгілі қорытпада кобальттың артуымен тозуға төтеп беруі және қаттылығы азаяды, бірақ бүгіліске кедергісі, сонымен қатар қызу кезінде ұзайуы өседі.

Титан карбидтерінің артуымен, екі карбидты қорытпалардың механикалы қасиеттері жақсарып, қаттылық жоғарылайды, бірақ қорытпаның тұтқырлығы және бүгіліске кедергісі азаяды. Екі карбидті қорытпалардың жылуға төзімділігі ***(~ 900 ÷ 1000°C)***, бір карбидті ***(~ 800°C)*** қорытпаларға қарағанда жоғары.

ВК қорытпаларын ***ТК*** мен салыстырғанда, пісіріліп қосылу температурасы аздау. Соның үшін ***ВК*** қорытпалы кескіштерді шойынды, түрлі түсті металлдарды және металл емес материалдарды өңдеуде қолданады.

ТК қорытпа болаттарды өңдеуі үшін арналған.

ТТК қорытпа жоғары беріктікке және тұтқырлыққа ие болып, қысыммен өңдеу, құю тәсілдерінен алынған дайындамаларды қолайсыз жағдайларда өңдеу үшін қолданылады.

Қатты қорытпада кобальт байланыстырушы ролін, ал карбидтер кескіш қатты каркас ролін ойнайды. Кобальт қорытпаға беріктік береді, ал карбидтер – қаттылық пен тозуға төзімділік береді.

Төмендегі кестеде қатты қорытпалардың едәуірі кең тараған маркаларының кейбір физика-механикалық қасиеттері келтірілген, ISO бойынша /стандарттау бойынша халықаралық ұйым/ қолдану тобы көрсетілген (ГОСТ 3882 – 74 (ИСО 513, СТ СЭВ 1251 – 78, СТ СЭВ 5015 – 85)).

Кестеден ұғатынымыз:

1. Кобальттық пайыздық мөлшері артқан сайын қаттылық азаяды, ал беріктік артады.

Кесте 1.1

Қатты қорытпалардың физика-механикалық қасиеттері

Таңбасы		**ISO бойынша топ**	***HRC***	$\sigma_и$ ***МПа***	$\sigma_у$ **(уақытынша)** ***МПа***	$\Theta_{ак}$ ***К***
ГОСТ	**ТУ48-19--307-80** (техникалық шарттарында)					
ВК2	МС30І	К0І	90	1200	4100	1070—
ВК6	МС321	К20	88	1500	4600	---1120
ВК8	МС241	К40	87,5	1700	4800	
Т30К4	МС10І	Р01	92	950	3500 ---	1120---
Т15К6	МС111	Р10	90	1200	--- 4000	---1170
Т5КІО	МСІ3І	Р30	88,5	1500		
ТТ7КІ2	МСІ46	М40	88,5	1500	3500 ---	1020
ТТ8К6	МС3І2	К10	88,5	1500	--- 4000	
ТТІОК8Б	МС22І	М20	88,5	1500		

Ескертпе: Т15К6 қорытпасының құрамында - 15% титан карбиді, 6% кобальт, қалған /79%/ - вольфрам карбиді бар.

2. Қатты қорытпалар морт, бірақ сығуға жақсы жұмыс істейді.

3. Екі карбидті қорытпалар едәуір жоғары ауыспалы температураға ие, бірақ беріктіктігі төмен.

4. Физика-механикалық қасиеттерімен үшкарбидті қорытпалар жылдам кесетін болат пен бір-екі карбидті қатты қорытпалардың ортасына орналастыруға болады.

Қиын өңделетін материалдарды кесу үшін шектеулі мөлшерде шағын дәнді (***ВК6М***) және ерекше шағын дәнді (***ВК6ОМ***) қорытпалары шығарылады. Дәннің шағындалуы /***1 мкм***-ден төмен/ қаттылық пен тозуға төзімділікті арттырады, бірақ бір уақытта

беріктікті кемейтеді.

Вольфрамның тапшылығынан вольфрамсыз (титандық) қатты қорытпаларды пайдаланыуға алып келді. Қазіргі кезде оның екі типі шығарылады:

1. Титан карбидінің негізінде никель-молибденді байланыстырушымен - ***ТН-20*** (***79% TiC, 16% Ni, 5% Mo***);

2. Титан карбонитридінің негізінде никель-молибденді байланыстырушымен - ***КНТ-І6*** (***74%TiCN,19.5%Ni, 6.5% Mo***). ***КНТ-І6*** қорытпасы едәуір берік, бірақ ***ТН-20*** қорытпасымен салыстырғанда жылуға және тозуға төзімділігі төмен. Қатты қорытпалардың қасиеттері олардың қолданылуын анықтайды. Жарықшақ жоңқа беретін шойындарды, қолаларды, пластмассаларды және т.б өңдеуде алдыңғы беттің l_n түйіспе ауданы аз, онда сығу кернеуі үлкен, бірақ кесу зонасында температура үлкен емес жағдайда ***ВК*** (ISO – К бойынша) тобының қорытпаларын қолданады. Иірмелі жоңқа пайда болатын материалдарды өңдеуде ***ТК*** (Р) тобының қорытпаларын қолданады. Титандық қатты қорытпаларды келесі жағдайларда қолданбайды, егер:

- жоғары беріктікті болат өңделіп жатса,
- технологиялық жүйенің қатаңдығы аз және дірілдер пайда болып жатса,
- үзілмелі кесу, дірілдермен - ***ВК***-ны қолданып жатса.

Қатты қорытпа маркасын келесі принциппен таңдайды:

- жұмыс шарты ауыр болған сайын кобальт қатты қорытпада соғұрлым көп болуы керек;
- таза өңдеуді ***ВК2, Т30К4*** қорытпаларымен жүргізеді,
- ақтық өңдеуді - ***ВК8, Т5К10***.

Қатты қорытпалар – қымбат құрал-сайманды материал, бірақ оны қолдану кесу жылдамдығын $V = 2 \div 3$ ***м/сек***-ке дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Минералокерамика

Аспаптық материал - минералокерамика (*микролит*) - алюминий тотығы ($A1_2O_a$), өзінің кесу қасиеттері арқасында, яғни жоғары қаттылық, жылуға төзімділігі және тозуға төтеп берумен ерекшеленеді [7,10,14]. Жоғары төзімді кесетін минералокерамиканы алюминийді алудағы техникалық топырақ тотығы болып келеді. Микролит қаттылықтығы және жылуға төзімділігімен (***1300°С***),

қатты қорытпалардан басым болып, тұтқырлықта оларға едәуір жол береді.

Қазіргі уақытта кескіш керамика ұнтақ металлургия әдісімен алынатын көпжақты ашылмайтын үшжақты, төртжақты, ромбты және дөңгелек формалы тілімше түрінде шығарылады.

Керамиканың екі түрі бар: оксидті және карбид оксидті. Карбид оксиді алюминий оксидінен Al_2O_3 (**99,2%**) және магний оксидінен (**0,8%**) тұрады. Оның түсі ақ болып, негізгі маркалары -**ЦМ332, ВОК60**. Карбид оксидті керамикада алюминий оксидінен басқа карбидтің қажетті қоспалары бар. Бұл керамиканың маркалары: **В3** (**25% TiC, Mo_2C, WC**, қалғаны – алюминий оксиді), **ВОК60** (20% TiC, қалғаны - Al_2O_3, **ВОК63** (**20% TiC, 1% Co** және **Ni**, қалғаны - Al_2O_3), қара түсті. Оксидті керамиканың қасиеттері: **HRA92**, $\sigma_б$ **= 450 ÷ 500 МПа**, карбид оксидті: **HRA93 ÷ 94**, $\sigma_б$ **= 600 ÷ 750 МПа**. Екі типте де $Q_{аум}$ **= 1470 ÷ 1520°К**. Оксидті керамика болаттарды (**HRC35**) ақтық және жартылай ақтық,қақталған және сұр шойындарды (**НВ 200**-ге дейін); карбид оксиді – ақтық және жартылай ақтық өңдеуде шынықтырылған болаттарды (**HRC45 ÷ 65**), ағартылған және берік шойындарды ақтық және жартылай ақтық өңдеуде қолданылады. Кескіш керамиканың пластиналарымен кескіштер, бүйірлік жонғыштар саймандалады. Кесу жылдамдығы **4 ÷ 5 м/сек**.

Алмастар

Жоғары қаттылыққа, тозуға төтеп беруі және өте аз үйкеліс коэффициентіне ие болған, алмасты кесу аспаптары әсіресе өте нәзік, соңғы өңдеу жұмыстарында кеңінен қолданылады. Әдебиеттердегі мағлуматтарға сүйенсек, 19 каратты салмақпен, алмасты кескіш 105 рет шарықталып, 16 жыл қызмет етген [8].

Өнеркәсіпті көлемде 1958 жылдан бастап жасанды алмастар өңделген. Алғашқы жасанды алмастар графитті жоғарғы қысыммен **(~200 000 ат)** және температурамен (**4000°С**) өңдеу арқылы алынған. Катализаторларды қолдануының арқасында, мысалы сұйық металлдар (**Сг, Мо, Fe, Со, Ni**), қысымды **56000-126000 ат** азайтуға, ал температураны **1200-2400°С** төмендетуге алып келді.

Температураға алмас кристалының пішімі тәуелді (куб, октаэдрлік, додекаэдрлік және араласқан пішімді), сондай-ақ төменгі температураларда қарадан жасылға, ал жоғарғы температураларда сары және ақ түске өзгереді.

Құрал-саймандарды жасауда **0,3** тен **0,75** каратқа дейін (**1 карат**

= 0,2 г) табиғи және жасанды алмастар қолданылады.

Құрал-сайманды материал ретінде алмастарды пайдалану олардың щектеулі жоғары қаттылығымен, тозуға төзімділігімен, жылу өткізгіштігімен өткір кескіш жиектермен түсіндіріледі. Синтетикалық алмастар ірі поликристалдар (***3 ÷ 5 мм*** өлшемді) түрінде негізгі маркалары шығарылады:

- АСБ - алмас синтетикалық баллас (атауы аналогты табиғи алмастармен);
- АСПК - карбонадо.

Құрал-сайманды материалдар ретінде алмастың кемшіліктері:

1.Төмен механикалық беріктік $\sigma_б = 300 \div 500$ ***МПа***.

2.Төмен жылуға төзімділік $\Theta_а = 970 \div 1020$ ***°К***. Бұл температурада ауада алмас графиттелініп кетеді.

3.Алмас өте қымбат құрал-сайманды материал.

Қара металдарды өңдеуде алмастарды қолданбайды. Түсті металдарды, титан қорытпаларын, берік пластмассаларды, шыныларды, керамиканы ақтық өңдеуде қолданады. Өтпелі және ішкі тесіктерді жону кескіштері, бүйірлік жонғыштар, арнайы бұрғылар алмаспен жабдықталады. Алмастар көбінесе ажарлайтын дөңгелектерде қолданылады.

Бор және ***азот*** (***40 % Bo, 50% N***) тардан тұратын қорытпадан-***боразан***. Боразанда жасанды алмас болып, алмас сияқты қатты, бірақ жылуға төзімділігі алмастан (***900°C***) жоғары (***1930°C***).

Кубты бор нитриді

Бор нитриді – бұл алмас сияқты бағытталған синтетикалық құрал-сайманды материал. Оның жасалу технологиясы алмастың жасалу технологиясымен ұқсас [7,10]. Бұндай материалдар ***4-8 мм*** өлшемдегі дайындама тәрізінде өңделіп үш таңбалы *композит*терден тұрады:

- ***композит 01*** (***ЭЛЬБОР-Р***, қаттылығы ***6000 HV***);
- ***композит 02*** (***белбор***)
- ***композит 05***, (***05И***)

композит 10 (***гексанит Р***) көміртекке химиялық инерттілігімен, және құрамында темірі бар материалдардан тұрады. Композиттер қаттылы бойынша алмасқа жақын, бірақ жылуға төзімділігі өте жоғары ($\Theta_а = 1470 \div 1570^0$, $\sigma_в = 400 \div 600$ (***1000 МПа***)). Сондықтан ол шикізат материалдарын кесумен бірге өте қатты шынықтырылған болаттарды да кеседі.

Бор нитридінің темірге инерттілігі болаттар мен шойындарды өңдегенде қолдануға мүмкіндік береді, ***01***, ***02*** композиттерін болаттарды (***HRC 50 ÷ 70***) соққылы жүктememен, шойындарды, ***ВК*** тобының қатты қорытпаларын өңдегенде қолданады.

Композиттен жасалған қырлық құрал-сайман кейбір үдерістерде ажарлау өңдеу түрін сәтті ауыстырады. Токарлық кескіштерді (өтпелі, бүйіршіктейтін, қиғыш кескіш), бүйірлік жонғыштарды композиттермен саймандайды. Бор нитридіні көбінесе ажарлайтын дөңгелектерде қолданылады.

Металлды керамика және керметтер

Кермет және металлды керамиканы материалдардың бірінші сыныбына жатқызады. Олар жасанды көп фазалы жүйелер болып, екі немесе көбірек компоненттерінен құрылған болып, химиялық қоспаларға жатпайды [14].

Композиттерді алуда тотықтар, карбидтер, металлдардың боридтері қолданылады. Ал екінші құрастырушысы болып металлдар келеді: темір, кобальт, никель, ванадий, хром, молибден, цирконий, вольфрам, ниобий, тантал және басқалар. Компоненттерді таңдаған кезде, олар бір бірімен химиялық қоспаға айналмауына мән береді.

Керметтердің негізі болып керамикалық материалдар, ал металдар қоспа ретінде келеді. Металлды керамикада керісінше.

Олардың ерекшелігі аса қатты және берік, кемшілігі пластикалығы аздау. Мұнда вольфрам карбиді және кобальттың негізінде керметтер кеңінен бетон, гранит өңдеуі үшін қолданылады, ол қызған күй-жағдайдада өз қаттылығын жоғалтпайды. Кесу процесінде соққы болған жағдайда қолданыуға болмайды.

1.3. Токарлық кескіштердің геометриясы

1.3.1. Кесіп өңдеудегі негізгі ұғымдармен токарлық кескіштердің үлгілері

Құрал-сайманның негізгі жұмысшы функциялары: бөлшектің берілген бетінің пішінінің түзеу және дайындама материалының артық көлемінің әдібін жойу болып табылады.

Кесу процесін мұқият зерттеу үшін өңдеу процесіндегі дайындама және кескіштің беттеріне жазықтыққа салыстырма түрде келесідей ГОСТ 25762-83 (ИСО 3002/1-77) сәйкес атауға ұсынылады (1.2 -

сурет):

1. ***Өңделіп жатқан бет***, әдіпті кесіп алу нәтижесінде жойылатын бөлшек дайындамасының беті.

2. ***Өңделген бет***, әдіпті алған соң түзілетін бет.

3. ***Кесу беті***, кесу процесінде құрал-сайманның жүздерімен түзілетін бет.

Құрал-сайман кесу процесін жүзеге асыра алуы үшін оның кеуше бөлігі белгілі беттермен шектелген болуы керек:

4. ***Алдыңғы бет***, кесу процесінде жоңқа шығатын бет.

5. ***Артқы бет*** – кесу бетіне қаратылған бет.

6. ***Көмекші артқы бет*** – өңделген бетке қаратылған бет.

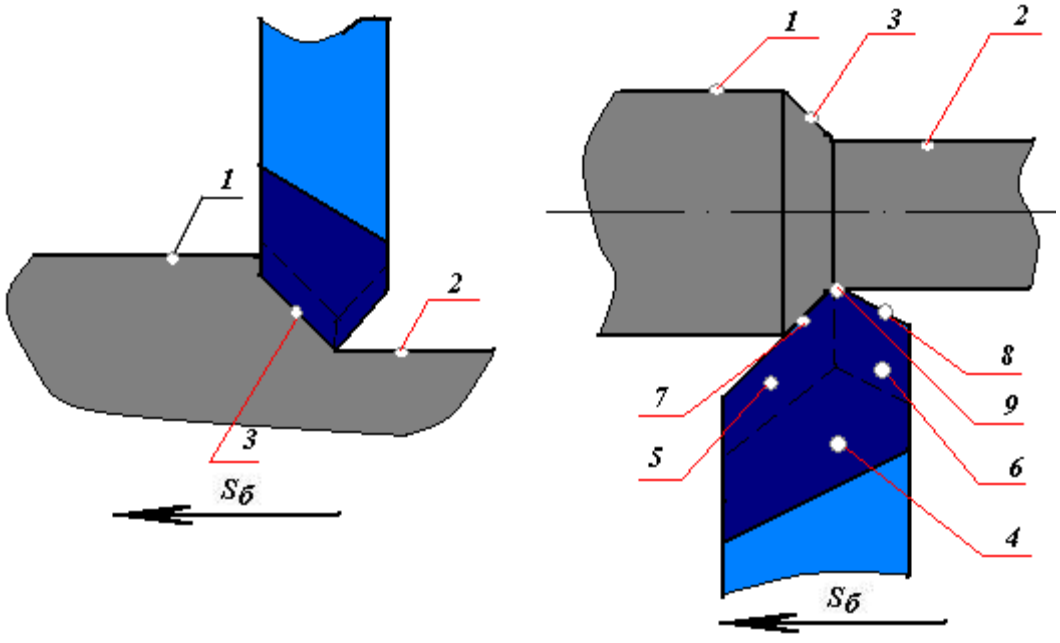
Барлық беттер геометриялық көзқарастан әр түрлі болуы мүмкін.

Құрал-сайманның беттері қиылысуы кескіш жүздерін береді:

7. ***Негізгі жүз*** – бұл алдыңғы және артқы беттің /сызық/ қиылысуы,

8. ***Көмекші жүз*** – бұл алдыңғы және көмекші артқы беттің қиылысуы

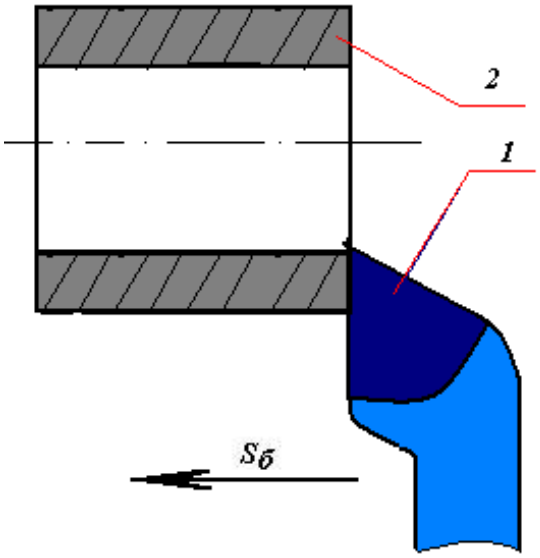
9. ***Кескіш кесетін жүзінің шыңы*** – негізгі және көмекші жүздерінің қиылысуынан пайда болған нүкте.



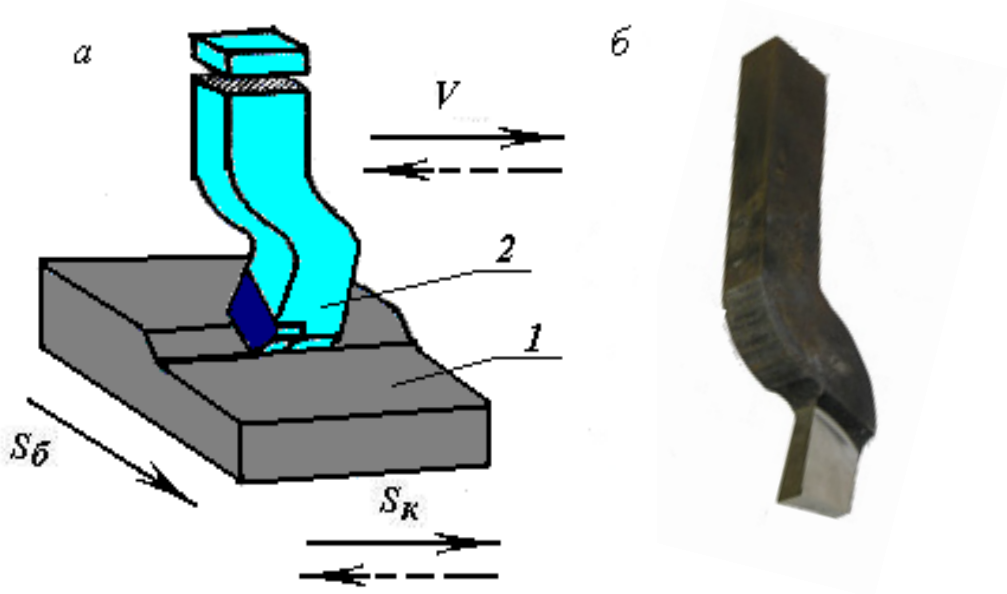
1.2 – сурет. Токарлық кесіп өңдеу процесі

Еркін және ***еркін емес*** кесуде болады. Егер жұмыста тек негізгі жүз қатысса, онда мұндай кесуді еркін кесу деп атайды (1.3 - сурет).

Егер жұмыста негізгі мен қоса көмекші жүз қатысқан болса, онда ондай кесуді еркін емес кесу деп атайды (1.2 - сурет).



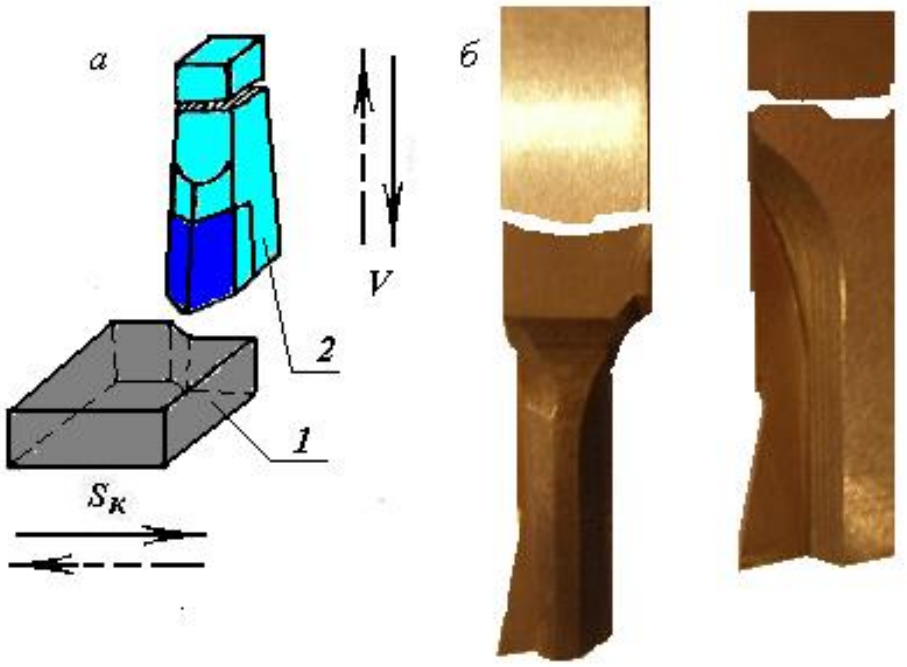
1.3 – сурет. Токарлық бүйіршіктейтін кескішпен (1) төлкенің (2) бұйырын жону процесі.



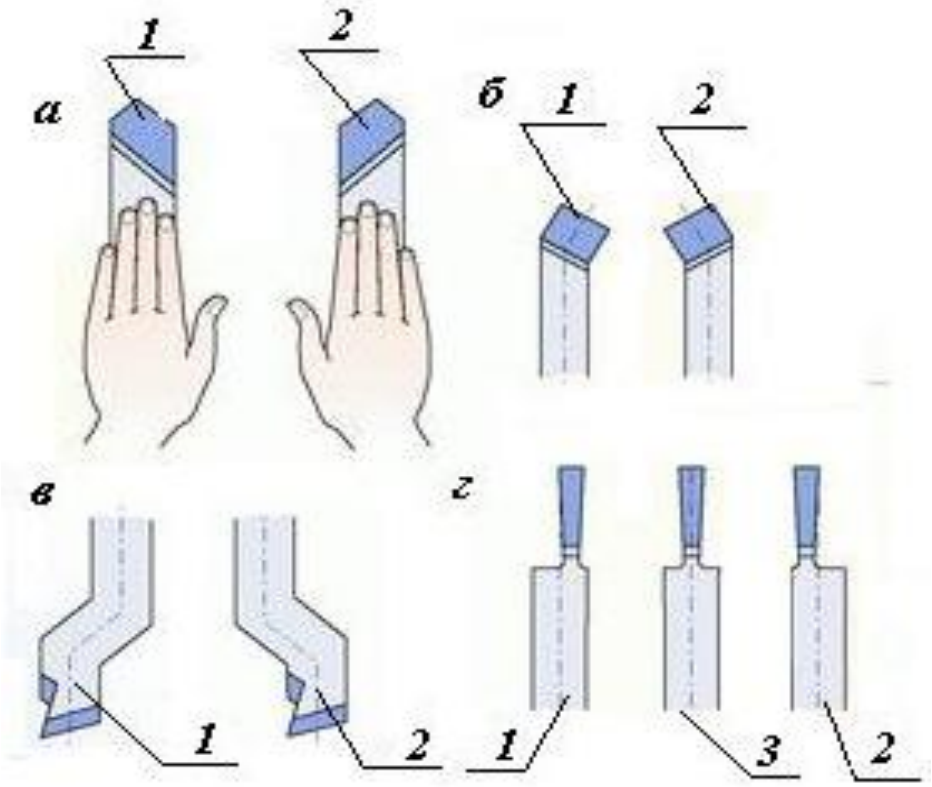
1.4 – сурет. Сүргілей өңдейтін кескіш:
а – сұлбасы: 1 – дайындама; 2 - кескіш;
б – фотосуреті.

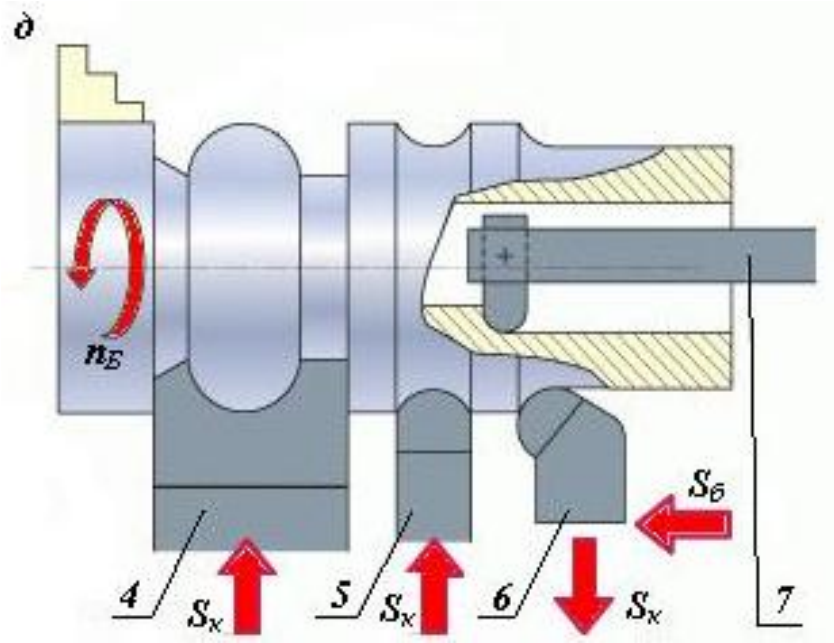
Негізгі үлгілердегі кескіштерді келесі түрде топтастыруға болады:

а) жұмыс түріне қарай ГОСТ 17420—72– жонғы кескіш (1.2 - сурет), сүргілей кескіш (1.4 - сурет), қашаулы кескіш (1.7 - сурет);



1.5 – сурет. Қашаулап өңдейтін кескіш:
а) сұлбасы: 1 – дайындама; 2 - кескіш; б) фотосуреті

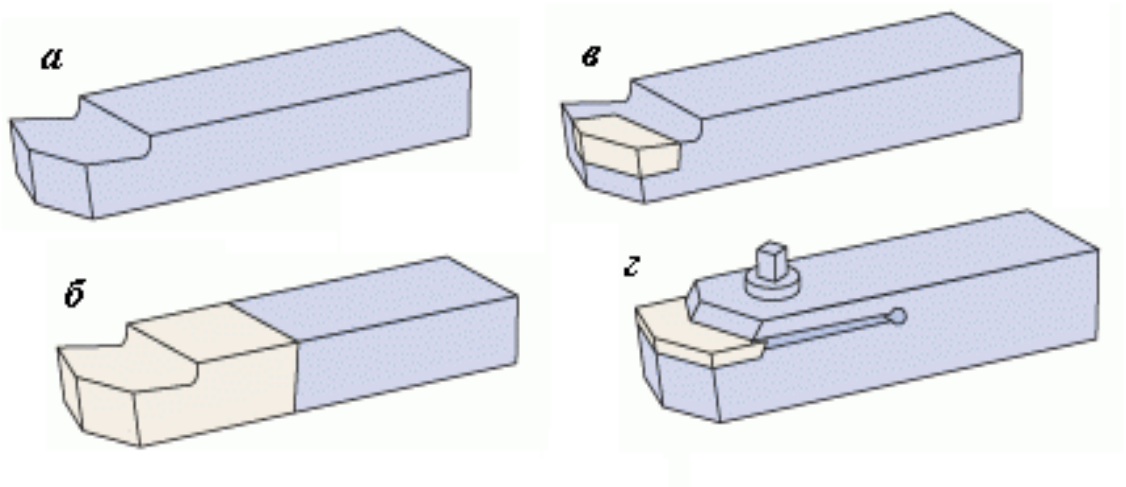




1.6 – сурет. Кескіш басінің түрімен беріліс бағытына қарай кескіштерді таптастыру:

1 - сол; 2 - оң; 3 – симметриялық; 4 - күрделі пішімді; 5 – жұмыр пішімді ойық; 6 – сыртқы ойың;7 - ішкі ойың ою үшін.

а) түзу; б) бүктелген; в)иілген; г)тартылғандар



1.7 – сурет. Кескіш тілімшесінің бекіту тәсіліне қарай таптастыру:

а) біртұтас; б) кескіш басімен құрама; в) тілімшесімен құрама
г) тілімшесімен механикалы бекітуімен

б) беріліс бағытына қарай — оң және сол (1.6, *а* – сурет);

в) кескіш басінің түрімен және оның орнына қондырылуымен — түзу (1.4, *а* – сурет), қайырылған (1.6, *б* – сурет), бүктелген, иілгендер (1.6, *в* – сурет), тартылғандар (1.4 және 1.6 – *г,* сурет);

г) кесетін жиектер түрімен — тегіс пішінді (1.6, *а*;*б*;*в*;*г* - сурет) және пішімді сұлбалы кескіш (1.6, *д* - сурет);

д) кесетін тілімін бекіту тәсілімен — біртұтас, құрамалы — тіліміндерін механикалы бекітуімен (1.7 - сурет);

е) кескіштің кесетін тілімінің материалына қарай — жылдамкескіш аспап болатты тілімімен ГОСТ 18868—73, ГОСТ 18876—73, қатты қорытпалы және минералды, металл керамикалық тілімді ГОСТ 18877—73, ГОСТ 18878—73, ГОСТ 18879—73, ГОСТ 18880—73,18881—73, ГОСТ 18885—73 және с.с

ж) кескіш ұстағыш қимасымен — квадрат, тік бұрышты , жұмыр, арнайы.

Заманауи машинажасауда тілімшесімен механикалы бекітуде ***"Сандвик" Coromant CoroTurn RC*** тілімшелері және бекіту тәсілдері кеңінен қолданылады [15].

1.3.2. Токарлық кескіш бұрыштарымен геометриялық параметрлері

Құрал - сайманның кесетін жүздерінің және беттерінің кеңістікте және өзара орналасуын сипаттайтын бұрыштар қатарының жиынтығы оның ***геометриялық параметрлері*** деп аталып ГОСТ 25762-83 негізінде өндірісте пайдаланылады.

Кесуге арналған құрал-саймандарға екі түрлі көзқараспен қарауға болады: белгілі өлшемді және пішімді геометриялық дене ретінде, сондай-ақ бір өңдеу әдісіне арналған еңбектің қаруы сияқты. Осыған сәйкес құрал-сайман геометриялық параметрлерін келесі топтарға бөлу мақсатқа лайықты:

1.Белгілі пішімді дене ретінде қаралатын құрал-сайманның геометриялық параметрлері. Бұл параметрлер құрал-сайманды жасау және оны бақылау үшін қажет болып, ***статикалық параметрлері*** немесе ***қайрау, шарықтау бұрыштары*** деп аталады.

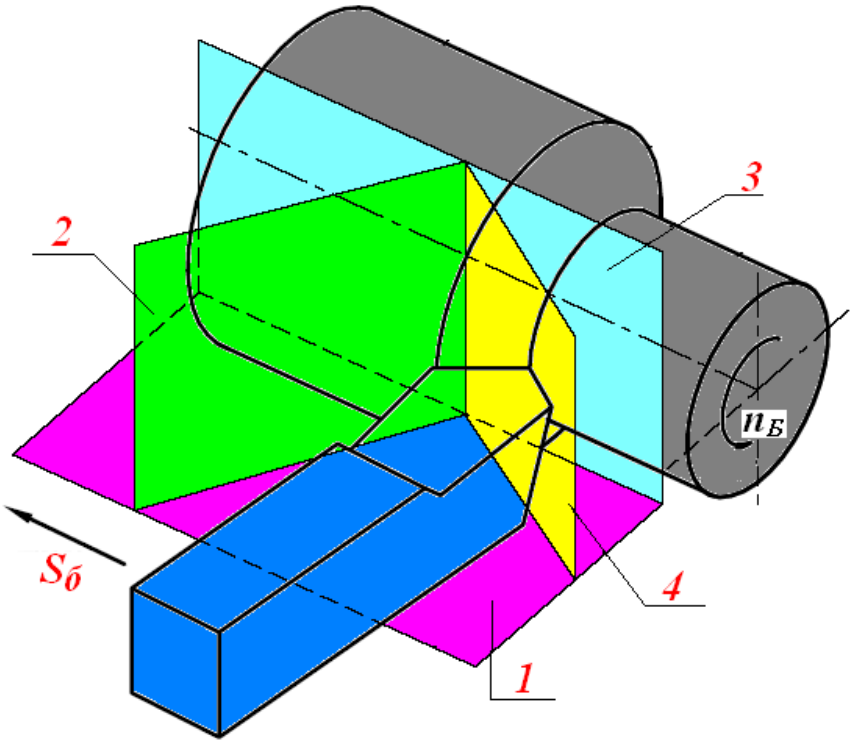
2. Құрал -сайманның статикалық бұрыштары кесу процесінде өз мәндерін өзгерте отырып ***кинематикалық*** немесе ***жұмысшы параметрлер*** (***бұрышта***р) деген атауға ие болады. Кинематикалық

бұрыштар кесу процесі қандай жағдайда жүргізілу шарттарын сипаттайды. Құрал-сайманға жұмыс істеуі барысында оң, сол немесе өзге қозғалыстарды, сондай-ақ бұл қозғалыстардың жылдамдықтарымен қатынастарын өзгерте отырып статикалық бұрыштарды шамасы бойынша әр түрлі жұмысшы бұрыштарға ауыстыруға болады.

Құрал-сайманды геометриялық дене ретінде қарастырғанда, қай жазықтыққа негізделіп жұмыс істеуін және қалған беттерін орналасуын есепке ала отырып, оның жасалуын едәуір қарапайымдылығын және бақылауын қамтамасыз етуі керек. Егер де құрал-сайманды жұмыс процесінде қарастырса, онда оның беттері мен жүздерін кесу бетіне сәйкес орналастыру керек.

Құрал-сайманды қайрауда және бақылауда, кескіштің кесетін беттері және жүзін үш өзара перпендикуляр, жазықтықтардың қиылысуымен түзілген төртжаққа қатысты түзген мақсатқа лайықты (сурет 1.11):

1. ***Негізгі статикалық жазықтық*** P_{vc} - *тірек жазықтық*, координаттық жазықтық, қаралатын кесетін жиек нүктесі арқылы өткізілген және сол нүктеде кесу негізгі қозғалысы жылдамдық бағытына перпендикуляр жазықтық.



1.8 – сурет. Кесіп өңдеу процесінде статикалық координаттық жазықтықтар.

2. ***Кесу статикалық жазықтық*** P_{nc} - *бүйірлік жазықты,* координаттық жазықтық, қаралатын нүктеде негізгі кесетін жиекке жанама және статикалықтың негізгі жазықтықтыққа перпендикуляр жазықтық.

3. ***Жұмысшы статикалық жазықтық*** P_{sc} - координаттық жазықтық, кесу негізгі қозғалыстары және беріліс қозғалыстары жылдамдықтарының бағыттары орналасқан жазықтық.

4. ***Негізгі қиюшы статикалық жазықтық*** $P_{\tau c}$ - координаттық жазықтық, статикалық негізгі жазықтықтығы және кесу статикалық жазықтығының қыйылысу сызығына перпендикуляр жазықтық.

Құрал-сайманның жұмысшы (кинематикалық) бұрыштары статикалық бұрыштарымен салыстырғанда кесу процесінде пайда болатын физикалық құбылыстарды едәуір дұрыс бағалауға мүмкіндік береді. Кинематикалық бұрыштар статикалық бұрыштарынан ерекшеленуін ескерсек, құрал-сайманды жобалап жатқан конструктордың есебі құрал-сайманның жұмысы барысында кез келген көзқараспен қарағанда да тиімді жұмысшы бұрыштарды (мысалы: едәуір жоғары тұрақтылық, қажетті дәлдік, бөлшектің беттік қабатының берілген сапасын қамтамасыз ететін статикалық бұрыштар) тағайындауы қажет.

Қарастырылған жазықтықтарға тәуелді кескіштің кесетін беттері және жүздерін статикада келесідей атау ұсынылған (1.9 - сурет).

Негізгі алдыңғы статикалық бұрыш γ_c - алдыңғы беттің орналасу бұрышы. Алдыңғы бұрыш статикалық негізгі қыйушы жазықтыққа $P_{\tau c}$ тиесілі болып, кескіштің алдыңғы бетімен статикалық негізгі жазықтық P_{vc} арасындағы мәнді береді.

Статикалық негізгі алдыңғы бұрыш оң және теріс болуы мүмкін. Егер γ бұрыш құрал-сайманның денесінен тысқары жатса яғни теріс, ал құрал-сайманның денесінде жатса оң деп қабылдауға болады.

Негізгі артқы статикалық бұрыш α_c – артқы беттің орналасуын сипаттайды. Алдыңғы бұрыш статикалық негізгі қиюшы жазықтыққа $P_{\tau c}$ тиесілі болып, артқы бетпен кесу статикалық жазықтық P_{nc} арасындағы мәнді береді.

Сына немесе өткірлік статикалық негізгі бұрышы β_c – алдыңғы бұрыш статикалық негізгі қиюшы жазықтыққа $P_{\tau c}$ тиесілі болып, кескіш сынасының алдыңғы және артқы беттер арасындағы мәнді береді.

Негізгі кесу статикалық бұрышы δ_c – алдыңғы бұрыш статикалық негізгі қиюшы жазықтыққа $P_{\tau c}$ тиесілі болып, кескіштің

алдыңғы бетімен кесу статикалық жазықтық P_{nc} арасындағы мәнді береді.

Негізгі бұрыштар мәндерін тексеру үшін келесі ара қатынастардан пайдаланыуға болады:

$$\alpha_c + \beta_c + \gamma_c = 90^\circ, \qquad (1.3)$$

$$\delta_c + \gamma_c = 90^\circ$$

Статикалық негізгі артқы бұрыш және өткірлік статикалық негізгі бұрыш қосындысы $(\alpha_c + \beta_c) < 90$ тік бұрыш мәндерінен кіші болған жағдайда статикалық негізгі алдыңғы бұрыш γ_c «***оң***», ал керісінше болса $(\alpha_c + \beta_c) > 90°$, яғни тік бұрыштан артып жатса «***теріс***» деп саналады.

Көмекші артқы статикалық бұрыш α_{1c} - көмекші қыйушы статикалық жазықтыққа $P'_{\tau c}$ тиесілі болып, көмекші артқы бетге жанама, сондай-ақ статикалық негізгі жазықтыққа P_{vc} перпендикуляр жүргізілген түзу сызықпен көмекші артқы бет арасындағы бұрыш мәні болып келеді.

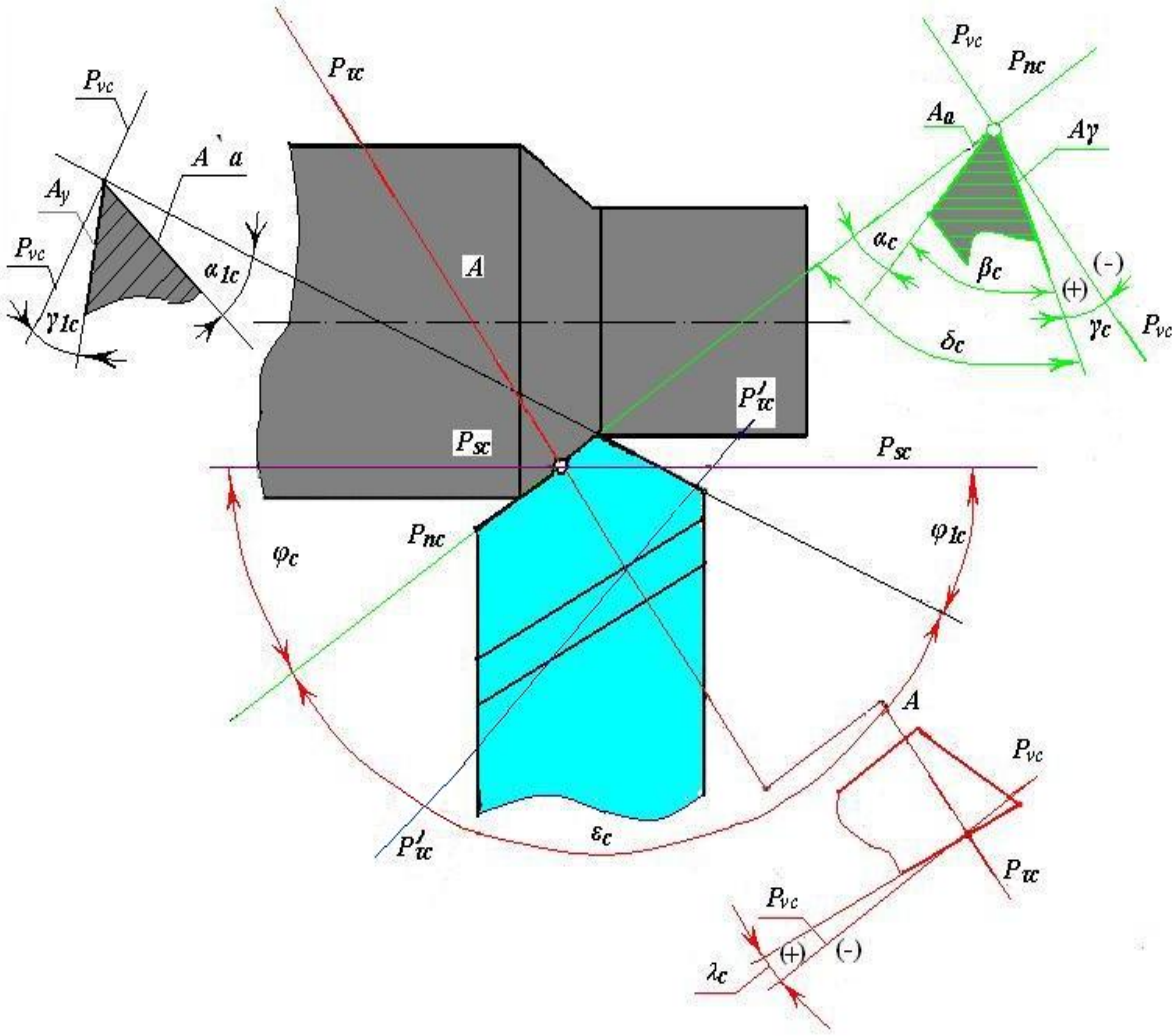
Көмекші алдыңғы статикалық бұрыш γ_{1c} - көмекші қыйушы статикалық жазықтыққа $P'_{\tau c}$ тиесілі болып, статикалық негізгі жазықтықпен алдыңғы бет арасындағы бұрыш мәні болып келеді.

Алдыңғы беттің еңкештік статикалық бұрышы λ_c − кесу статикалық жазықтығындағы P_{nc} тиесілі, негізгі жүзбен негізгі статикалық жазықтық P_{vc} арасындағы бұрыш мәні болып:

— кескіш кесетін жүзінің шыңы кесу процесінде жоңқа шығатын бетте ең төменгі нүкте болса «***теріс***», ал керісінше болса «***оң***» деп саналады. Кескіш кесетін жүзі негізгі статикалық жазықтыққа P_{vc} паралель келіп тұрса, алдыңғы беттің еңкештік статикалық бұрышының $\lambda_c = 0$, мәні нөлге тең.

Негізгі кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_c – негізгі статикалық жазықтық P_{vc} бұрышы, жұмысшы статикалық жазықтықпен P_{sc} кесу статикалық жазықтықтар P_{nc} арасындағы бұрыш мәні болып келеді.

Көмекші кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_{c1} - негізгі статикалық жазықтық P_{vc} бұрышы, көмекші жүздің негізгі статикалық жазықтыққа проекциясымен кесу беріліс қозғалысы (1.10 - сурет) бағыты арасындағы бұрыш мәні болып келеді.



1.10 – сурет. Кесіп өңдеу процесінде статикалық координаттық жазықтықтар және кескіш статикалық геометриялық параметрлері.

Кескіш маңдай статикалық бұрышы ε_c - негізгі статикалық жазықтық P_{vc} бұрышы, негізгі және көмекші жүздің негізгі статикалық жазықтыққа проекциялары арасындағы бұрыш мәні болып келеді. Бұл бұрыштар келесі теңдікке тәуелді:

$$\varphi_c + \varepsilon_c + \varphi_{1c} = 180^\circ, \qquad (1.4)$$

Жұмысшы бұрыштарының шамасы кесу бетінің орнына және шынайы кесу жылдамдығының векторына, сонымен қатар өңделіп жатқан бетке қатысты құрал-сайманның білдекке орнатылуына әсер ететін барлық факторларға байланысты болады (1.10 - сурет):

Жұмысшы артқы бұрышы $\alpha_{ж}$ деп құрал-сайманның артқы бұрышына жанама және кесу бетіне жанама жазықтықтар арасындағы мәнді айтады.

Құрал сайманның жұмысшы алдыңғы бет бұрышы $\gamma_{ж}$ деп ұстараның берілген нүктесіндегі кесу бетіне нормаль және сол нүктедегі ұстараға нормаль жүргізілген алдыңғы бетке жанама арсындағы мәнді айтады.

Алдыңғы беттің еңкештік жұмысшы бұрышы $\lambda_{ж}$ деп берілген нүктедегі ұстараға жанама және осы нүктедегі шын кесу жылдамдығы W векторына перпендикуляр жазықтықта орналасқан бұрышты айтады.

Жазықтықтағы жұмысшы негізгі бұрыш $\varphi_{ж}$ деп негізгі жүз немесе оған жанама түзумен беріс векторы арасындағы бұрышты айтады.

Кескіш күрделі жұмысшы қозғалыста болатын болса жұмысшы бұрыштар статикалық бұрыштардан ерекшеленеді.

1.10 - суреттегі сұлбада дайындама n айналу жиілігі, V жылдамдықпен айналуда, ал кескіш бастапқы I - күйден аралық II күйге беріліспен радиаль бағытта жылжу бейнеленген.

Кескіш салыстырмалы қозғалыста Архимед спиралі траекториясы бойынша жылжыйды. Дайындама осьіне перпендикуляр жазықтықпен қийсақ, 1.10 – суреттегі, 1 кесу бетінің ізін аламыз.

Шын кесу жылдамдығы W кесу бетінің ізіне жанама болып келіп, оның траекториясы жасалыуына тікелей ықпал жасайды.

Кесу бетіне нормаль, сондай-ақ шын кесу жылдамдығына тік бұрышпен орналасқан N-N жазықтықтан кешкіштің алдыңғы жұмысшы бет бұрышы $\gamma_{ж}$ есептеледі. Шын кесу жылдамдығынан жүргізілген тузуден кешкіштің жұмысшы артқы бұрышы $\alpha_{ж}$ өлшенеді.

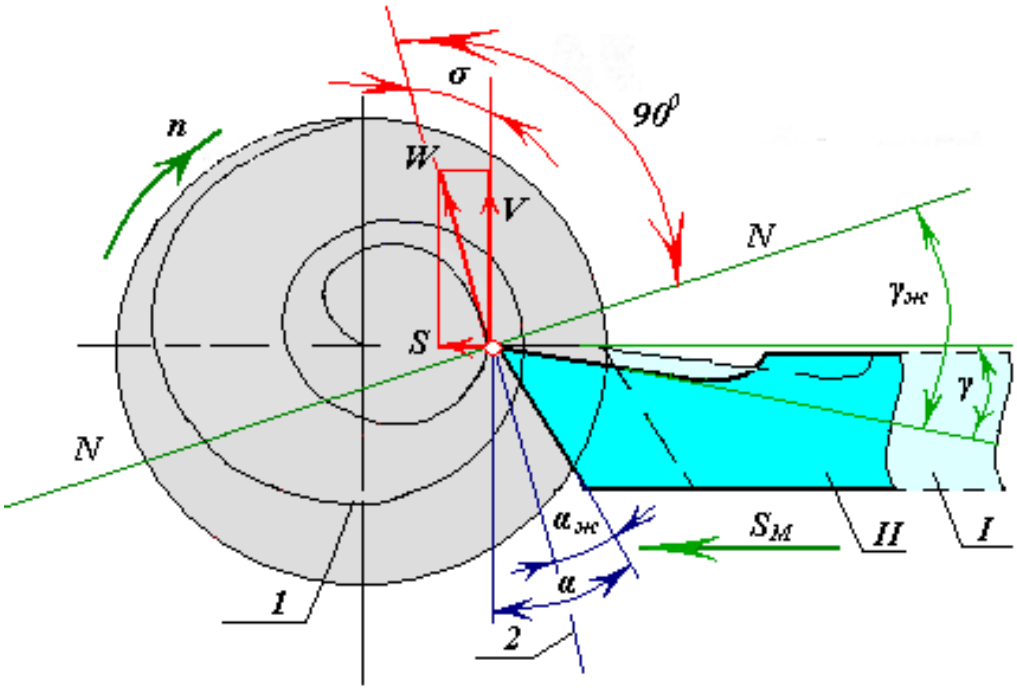
Сурет 1.13 сұлбаға сәйкес:

$$\alpha_{ж} = \alpha_{c} - \sigma \qquad \gamma_{ж} = \gamma_{c} + \sigma \ ,$$

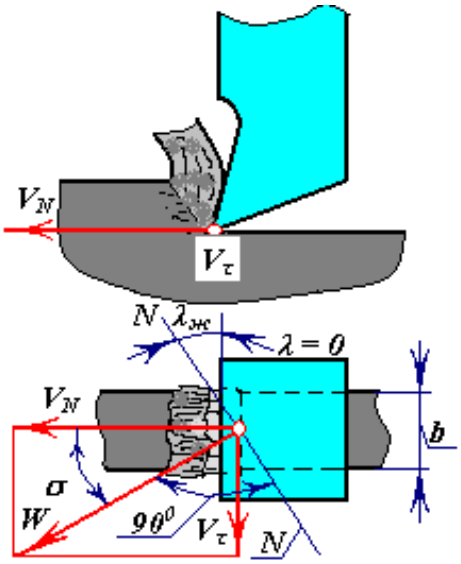
мұндағы: α_{c} и γ_{c} -кескіштің статикалық бұрыштары, ал бұрыш

$$\sigma = arctq\frac{S}{V}, \qquad (1.5)$$

Күрделі жұмысшы қозғалыста негізгі жүздің статикалық және жұмысшы көлбеу бұрыштарының болуы ***b*** енді кең сүргілегіш кескішпен пластинаның еркін кесуін мысал ретінде көрсетуге болады (1.11 - сурет).



1.10 – сурет. Токарлық өңдеу процесінде S беріспен кескіштің радиал бағытта орын ауыстыру траекториясы



1.11 – сурет. Сүргілеп өңдеу процесінде көлденең жону

Өңдеу процесінде кескіш күрделі қозғалыс жасайды: V_N - кескіш кесетін жүзіне нормаль; V_τ - кескіш кесетін жүзіне жанама жылдамдықтарымен жылжи отырады.

Кескіштің статикалық бұрышы $\lambda = 0$, болса, онда жұмысшы бұрыш:

$\lambda_p \neq 0$; сонда (1.11-сурет 1.14) $\lambda_p = \lambda + \sigma$,

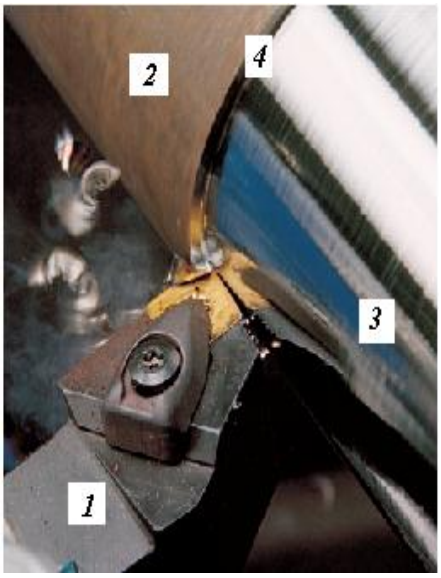
$$tq\,\sigma = \frac{V_\tau}{V_N}, \qquad (1.6)$$

Тарау II

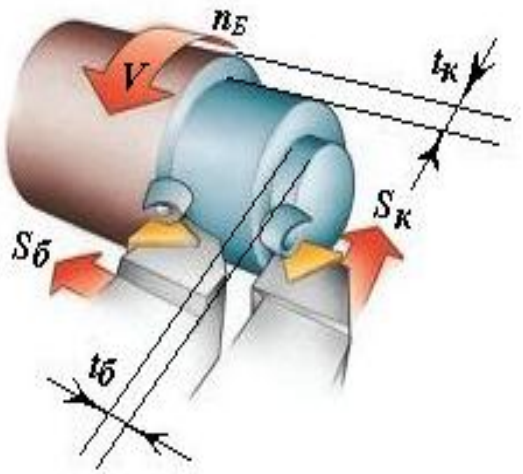
ТОКАРЛЫҚ ӨҢДЕУ КЕЗІНДЕ КЕСУ ЭЛЕМЕНТЕРІ

2.1. Жылдамдық, кесу берілісі және тереңдігі

Әдіпті жою үшін құрал-сайманға немесе дайындамаға белгілі қозғалыстар мен берілістер беріледі (2.1 - сурет).



б



2.1 – сурет. Сандық бағдарламалық токарлық білдегінде кесіп өңдеу процесі:

а) жону процесінде: 1- кесетін тілімшесі механикалық бекітілген токарлық кескіш; 2- дайындаманың өңделмеген беті; 3- дайындаманың өңделген беті; 4- дайындаманың өңделіп жатқан беті.

б) токарлық кесіп өңдеу сұлбасы: $t_б$, $t_к$ *– кесу тереңдігі,* ***мм, мкм;*** $n_Б$ *– бөлшектің минутқа айналым саны,* ***айл/мин;*** $S_б$ *- бойлық беріс;* $S_к$ *- көлденең беріс* ***мм/айл.***

Кесіп өңдеу түрлері қолданылатын кесетін аспап контрукциясы, оның бөлімдері, сондай-ақ кескіштің, өңделініп жатқан дайындаманың жұмыс уақытындағы қозғалыс траекторияларына қарай ажыратады.

Қозғалыстардың үйлескен элементарлық бағыттарына және

санына байланысты өңдеу кинематика сұлбаларын келесі жүйеге келтіруге болады [7,14]:

— бір түзу сызықты қозғалыс;
— екі түзу сызықты қозғалыс;
— бір айналмалы қозғалыс;
— бір айналмалы және бір түзу сызықты қозғалыс;
— екі айналмалы қозғалыстың;
— екі түзу сызықтылардың және бір айналмалы қозғалыс;
— екі айналмалы және бір түзу сызықты қозғалыс;
— үш айналмалы қозғалыстың.

Кесу бас қозғалысы – бұл кесіп алынатын қабаттың жоңқаға айналу процесінің іске асуы үшін, қажетті мәні ең үлкен қозғалыс болып табылады. Білдектің айландырығы қозғалыс (айлану) саны болып, кинематикалық торсызығынан таңдаланады. Өңделінетін бөлшектің немесе кесу аспабының қозғалысы: түзу, ілгерілемелі-қайтпа, сондай-ақ айналмалы болып келеді – ***n, айл/мин***.

Кесу жылдамдығы – кесу жүзіндегі немесе бөлшектің бас қозғалыстағы нүктесінің жылдамдығы. Кескіштің кесетін қырының бір минутта дайындама бетінен негізгі жұмысшы қозғалыс бағытында, өтетін жол ұзындығы - *кесу жылдамдығы* ***V*** (***м/мин***) деп аталады:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин} \qquad (2.1)$$

мұнда

D – бөлшек диаметрі, 1000 миллиметрді метрге ауыстыру тұрақты саны.

Кесу тереңдігі - ***t*** (көлденең, бойлық) деп, бөлшектің осьіне перпендикуляр өлшенген өңделініп жатқан бетпен ***D*** (L), өңделінген бетінің D_1 (L_1) диаметрлер ара қашықтығы деп айтылады (3.2 - сурет).

$$t = \frac{D - D_1}{2}, \text{ мм} \qquad (2.2)$$

Кесу беріліс қозғалысы немесе ***жәрдемші жұмысшы қозғалыстар*** $S_б$ - бойлық, $S_к$ - көлденең (***мм/айл***) деп, кескіш кесу жиегі шығының өңделіп жатқан бөлшектің бір айланымында басып өткен жолы айтылады. Кесу беріліс қозғалысы мәндері білдектердің кинематикалық тор сызығынан таңдаланады. Беріліс қозғалысы өңдеу

процесінің үзіліссіз немесе периодты қайталануы үшін қажетті қозғалыс.

Кесетін кескіш немесе бөлшектің жәрдемші жұмысшы қозғалысында бір минутта орын ауыстыру – ***минуттық берілісі*** $S_м$ деп аталып ***мм/мин*** өлшенеді.

$$S = \frac{S_м}{n}, \text{ мм/айл} \qquad (2.3)$$

Қарастырылған элементер: кесу бас қозғалысы, кесу жылдамдығы, кесу беріліс қозғалысы немесе жәрдемші жұмысшы қозғалыстар, кесу тереңдіктер - ***кесу тәртіптері*** деп аталады.

Кесу тәртіптері эленменттің негізгі, кесу жылдамдығының өндіріс орындарында қолданылу 2.1 - кестеде келтірілген.

2.1 – кесте

Кесу жылдамдығының өндіріс орындарында қолданылу мәндері

Кесетін тілім материалы		**Жылуға төзімділігі, °С**	**Рұқсат етілген кесу жылдамдығы, *v* , *м/ мин***
Көміртекті болат		250...300	10...15
Легірленген болат		350...410	15...30
Жылдамкескіш болат		600...620	40...50
Қатты қорытпалар:	Вольфрамды	900...930	120...200
	Титанды вольфрамды	1000...1050	150...250
	Вольфрамсыз	800...830	100...300
	Арнайы қаптамалы	1000...1100	200...300
Керамика		1200..1250	400...600

Абсолютті шамада кесу жылдамдығы мен беріліс бір-бірінен бірден ерекшеленеді: сүргілеуде екі қозғалыс та біруақытылы болмайды, ал жонуда бір уақытылы болады. Егер беріліс қозғалысы

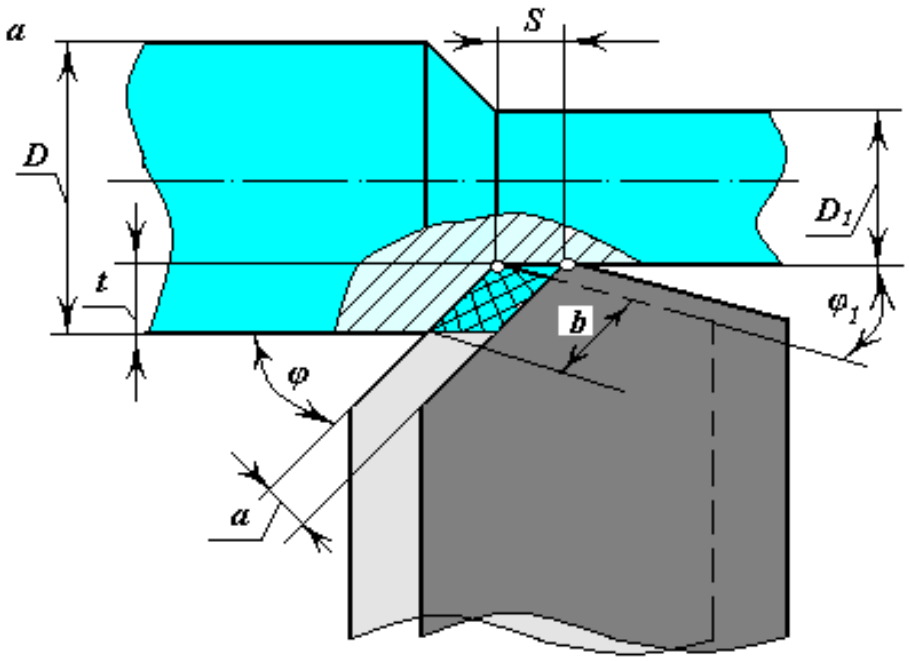
кесу қозғалысы іске асып жатқан уақытта болмаса, онда құрал-сайман қарапайым жұмысшы қозғалыста болады, ал егер бұл қозғалыстар бір уақытылы болса, онда күрделі жұмысшы қозғалысы болып саналады. Көпшілік құрал-саймандар күрделі жұмысшы қозғалысқа ие. Оны $V_ш$ – кесу жылдамдығы мен беріліс векторларының суммасымен ұсынылатын шынайы кесу жылдамдығымен сипаттауға болады. Көлденең жонуда шынайы кесу жылдамдығының шамасы мынаған тең (1.10 және 1.11 - суреттер):

$$V_ш = \sqrt{V^2 + S^2} \qquad (2.4)$$

Бірақ S шамасы аз болғандықтан $V_ш = V$ деп санауға болады.

2.2. Кесіп алынатын қабат ені, жуандығы және көлденең қима ауданы

Кесіп өңдеу процесінде кесіп алынып тастайтын қабат, яғни әдіп кескіштің бетінен үйкеліп өтіп, деформацияланып жоңқаға айланады. Әдіптің жоңқаға айлану процесі өте күрделі процесстер болып саналады. Бұл мәселені келесі тақырыптарда кеңінен қарастырамыз. Қазірде кесу тәртібіне тиесілі факторларды айқындап алуымыз қажет.



2.2 – сурет. Жоңқа пайда болу процесінде кесу элементтері

Кескіштің кесу бетіндегі орын ауыстыру аралығы – ***кесу жуандығы a***, ал кесу жазықтығы бойынша өлшенген, өңделініп жатқан бетпен өңделінген бет аралығы ***кесу ені в*** деп аталады (2.2 - сурет).

Егер кескіш кесетін қырларымен беріліс проекциялары арасын белгілі ***φ*** бұрышымен алсақ [10]:

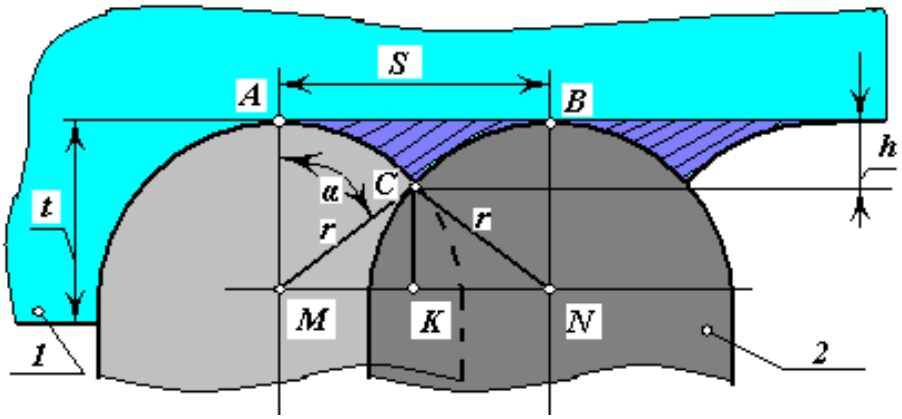
$$a = S \cdot \sin\varphi, \; мм \tag{2.5}$$

$$b = \frac{t}{\sin\varphi}, \; мм \tag{2.6}$$

Кесу берілісі ***S*** және тереңдігі ***t*** немесе кесу жуандығымен ені арқылы ***кесіп алынатын қабат ауданын f*** табамыз:

$$f = S \cdot t = a \cdot b, \; мм^2 \tag{2.7}$$

егер өңделінген бет кедір бұдырлығын есепке алсақ, нақты кесіп алынатын қабат ауданы ***f*** есептегі мәнінен шамалы аздау болады (2.3 - сурет).



2.3 – сурет. Нақты кесіп алынатын қабат ауданын f есептеу схемасы:

1- өңделініп жатқан бөлшек; 2- кескіш.

Жұмырланған кесетін қырлы радиусты ***r*** кескіштің кесіп алынатын қабат ауданы ***f***, 2.3 - суретте бейнеленген:

$$f_d = S \cdot t \;\; - \; ауд.ABC \;\;, мм^2$$

мұнда: ***ауд***. - ауданы,

$$ауд.ABC = ауд.ABNM - (ауд.AMC + ауд.MCN + ауд.BCN) \qquad (2.8)$$

$$ауд.\; ABNM \; = S \cdot r \,,$$

$$ауд.AMC \; + \; ауд.\; BCN \; = r^2 \cdot a = r^2 \cdot arcsin\frac{S}{2r},$$

$$ауд.MCN = \frac{MN \cdot CK}{2} \; = \frac{S}{2}\sqrt{r^2 \; - \frac{S^2}{4}}.$$

ABNM, AMC, BCN, MCN мәндерін 2.4 - теңдеуге қойсақ:

$$ауд.ABC = S \cdot r - (\frac{S}{2}\sqrt{r^2 \; - \frac{S^2}{4}} + r^2 arcsin\frac{S}{2 \cdot r}),$$

нәтижесінде:

$$f_\partial = t \cdot S - \left[t \cdot S - \left(\frac{S}{2}\sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} + r^2 arcsin\frac{S}{2 \cdot r} \right) \right], \qquad (2.9)$$

кедір бұдырлық биіктігі

$$h = r - \sqrt{r^2 \; - \frac{S^2}{4}}\,, \qquad (2.10)$$

Кесетін қырлары тік, негізгі маңдай бұрышы φ және қосалқы бұрышы φ_1, сондай-ақ жұмырлану бұрыштары есепке алынбайтын дәрежеде аз кескіштер үшін:

$$f_\partial = S \cdot t \cdot - \frac{S^2}{2(ctg\varphi + ctg\varphi_1)} \qquad (2.11)$$

$$h = \frac{S}{ctg\varphi + ctg\varphi_1} = \frac{S \cdot tg\varphi \cdot tg\varphi_1}{tg\varphi + tg\varphi_1} \qquad (2.12)$$

Егер кескіш кесетін қыры шыңының жұмырлану радиусын ***r*** есепке алсақ:

$$h = \frac{(S - r \cdot tg \cdot \frac{\varphi_1}{2} - r \cdot tg \frac{\varphi}{2}) \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi}{\sin(\varphi_1 + \varphi)}, \text{мм} \qquad (2.13)$$

Шығарылған 2.6, 2.8, 2.9 теңдеулер негізінде:

- өңделінген бет кедір бұдырлығы кескіш кесетін қыры шыңының жұмырланыуына ***r***, кесу берілісіне ***S***, сондай-ақ негізгі маңдай бұрышы ***φ*** және қосалқы бұрышытарына ***φ₁*** тәуелді;

- кескіш кесетін қыры шыңының жұмырланыуына ***r*** мәнінің өсіуімен, негізгі маңдай бұрышы ***φ*** және қосалқы бұрышытарына ***φ₁,*** кесу берілісіне ***S*** мәндерінің кемейуімен өңделінген бет сапасы жақсарады, өйткені бет кедір бұдырлығы азаяды.

Бір минутта кесіп алынатын қабаттың көлемін кесу тәртіптері арқылы анықтауға да болады:

$$Q = v \cdot t \cdot S \ , \ см^2/мин \qquad (2.14)$$

Кесу тәртіптерінің элементеріне кескіштің бір жұмысшы жүрісіне шығындалатын ***машина уақытыда T_M.*** жатады.

2.3. Өнімді өңдеуде дана және машина уақыты

Бөлшектерді кесіп өңдеуде шығындалатын уақыттарды тереңдетіп машинажасау технологиясы ғылыми бағытты зерттейді [14,16,17]. Мұнда келесі ұғымдардан пайдалынып кесіп өңдеуде дана және машина уақытын қарастыруға болады.

Техникалық мөлшерлеу - өндіріс қорының шығынын техникалық негізделген мөлшерлермен белгілеу (ГОСТ 3.1109-82).

Уақыт мөлшері – бұл ережеленген уақыт, белгілі өндіріс шарттарында, әр түрлі квалификациялы орындаушылармен нақты жұмыстың атқарылу уақыты (ГОСТ 3.11О9-82).

Техникалық нормалар кезінде жұмыс уақытының қорлары айқындалып, кәсіпорындағы еңбек ұйымдастыру жақсарады, негізделген еңбек мөлшерінің өлшемі орнатылады. Техникалық нормалауда технологиялық операциялар келесі элементтерге бөлінеді: машиналық

уақыт, машина - қолмен орындалатын жұмыс уақыты, технологиялық әрекеттерге және амалдарға шығындалған уақыт, жұмыс жүрісі.

Жұмысшы жүріс – бұл дайындаманың қасиеттеріне, формасына, өлшеміне, бет сапасының өзгеруіне тәуелді, құрал-сайманның дайындамамен салыстырғанда бірқалыпты жылжуынан тұратын технологиялық өтудің аяқталған бөлімі. Жұмысшы жүріс түсінігі бұрынғы әдебиеттерде технологиялық практикада қолданылған ***өту*** немесе ***әрекет*** түсінігіне сәйкес келеді.

$$T_м = \frac{L}{n \cdot S},\ мин \qquad (2.15)$$

мұнда:

L – беріліс бағытындағы кескіштің жүріп өткен жолы.

Егер өңдеу кезінде кесу тәртіптерін өзгертпей бірнеше жұмысшы жүріс жасаса,

$$T_м = \frac{L}{n \cdot S} i,\ мин \qquad (2.16)$$

мұнда: *i* – өту саны.

$$i = \frac{h}{t}$$

мұнда:

h - кесіп алынатын қабат жуандығы немесе ені.

Келтірілген теңдеулерден

$$T_м = \frac{L \cdot h}{n \cdot S \cdot t},\ мин \qquad (2.17)$$

Машина жасауда әдетте уақыт мөлшері технологиялық операцияға тағайындалып, дана уақыты - $T_{дана}$ деп аталып келесілерден тұрады:

1. Оперативті уақыт нормасы, $T_о$, негізгі немесе машина $T_м$ және көмекші $T_к$ уақыттарынан тұратын, дайындамалардың өлшемдері және пішіндерінің өзгеруге кететін уақыт болып саналады.

$$T_о = T_м + T_к,\ мин \qquad (2.18)$$

2. Жұмысшы орынды күту уақыты – $T_{күту}$, *мин*.

3. Үзіліс уақыты - жұмысшының қажетіне және демалысына шығындалады - $T_{үзіл}$, *мин*.

$$T_{дана} = T_o + T_{күту} + T_{үзіл}, \text{ мин} \quad (2.19)$$

2.4. Металдарды кесу процесінің физикалық негіздері

2.4.1. Жоңқа пайда болу процесі және жоңқалардың үлгілері

Кесіп өңдеу ғылым болып қалыптасқалы бері негізгі зерттелетін мәселелердің бірі – жоңқа пайда болу процесі. Бұл мәселе қазіргі күнде де өте актуальды болып есептеледі, себебі металлургия саласы кесіп өңдеу ғылымын артта қалдырып, және өте қатты (HRC 60...62), тұтқыр (титан және оның қорытпалары)материалдар жаратыуда.

Кесіп өңдеу ғылымына машинажасау саласынан басқа сала: құрылыс, тау-кен, мұнай-газ, сондай-ақ жеңіл өнеркәсіп, ауыл шаруашылық кәсіпорындары жаңа материалдарды қолдап жоғары талаптар қойып жатыр.

Бөлшекті даярлауда, оның фукциальдық міндеттері, сонымен қатар өңделетін материалдың физикалық, механикалық қасиеттерін есепке алып кесу әдісі, тәртіптері және құрал-сайман дайындалады. Соның үшін кесу процесін әр-бір жаратылған жаңа материал үшін терең зерттеу талап етіледі.

Материалдарды өңдеуде неғұрлым жоңқа жеңіл кесіп алып тасталса, соншалық кем күш жұмсалады. Бұл өз кезінде кесу температурасын кемейтіп, өңделінген бет сапасын жақсартып отырады.

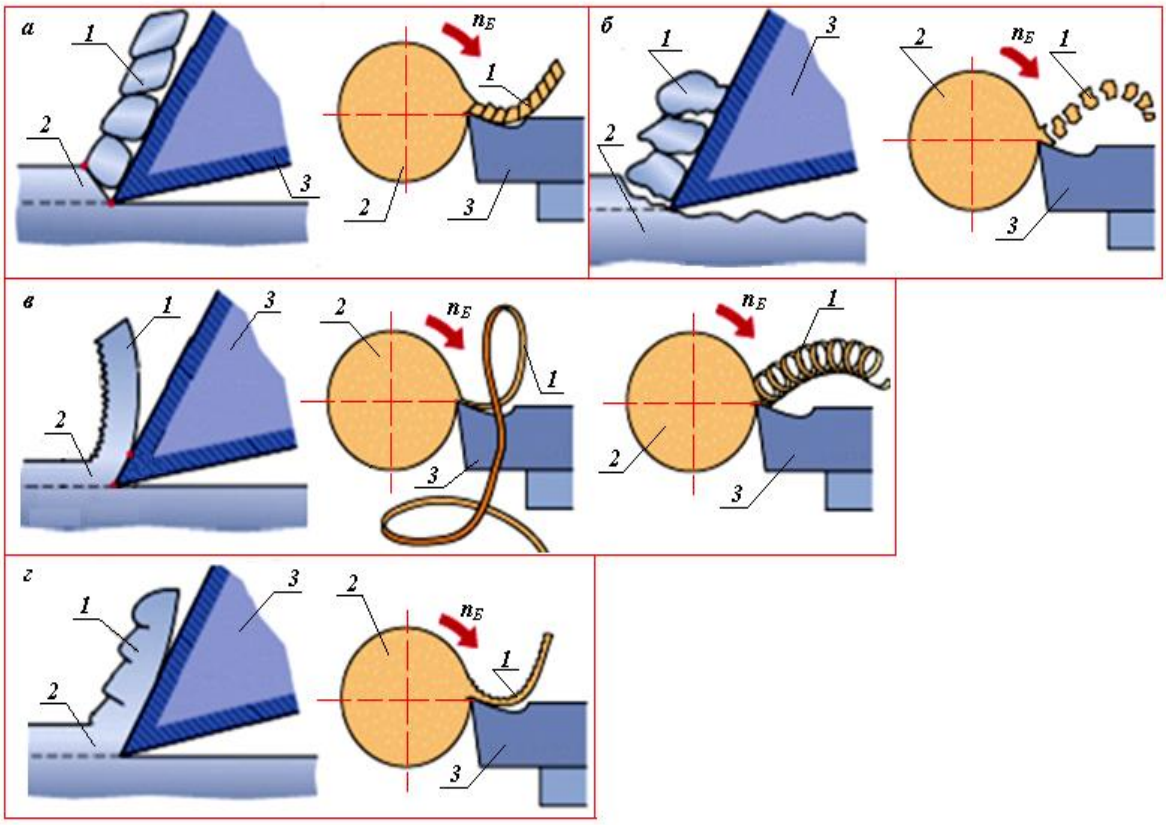
Кесу процесінде кескіштің негізгі кесетін жүзі кесіп алынатын қабаты пластикалық деформациялайды. Материалдар кедергісі пәнінен ескерсек, деформация: созылу; қысылу; ығысу. Сондай-ақ металдардың күш әсерінде таза және қарапайым ығысу деформацияларында ескерейік.

Кесіп алынған жонқа қаншалық кем деформацияланып, үйкеліс күштеріне аз тап болған кезде, кесу процесі жеңіл көшеді.

1870 ж. профессор И.А. Тиме ұсынылған жоңқа түрлерін таптастыру сәтті болғаны сондай оны қазіргі уақытта да қолданады [18].

И.А. Тиме топтастыруына сәйкес конструкциялық материалдарды кесіп өңдеуде жоңқалардың төрт типі түзіледі (2.4 - сурет):

— элементтік;
— буындық - жарықшақ;
— иірілмелі - оралма;
— жарықшақ - опырмалы жоңқа.



2.4 – сурет. Жоңқа түрлері:
а) буындық - жарықшақ жоңқа; б) жарықшақ - опырмалы жоңқа; в) иірілмелі - оралма жоңқа; г) элементтік жоңқа.
1- жоңқа; 2 - өңделініп жатқан бөлшек;3 - кескіш.

Алғашқы үш типін ығысу жоңқалары деп атайды, өйткені олардың түзілуі *ығысудың кернеулерімен* байланысқан, ал төртінші типті үзілу жоңқасы деп аталады, себебі оның пайда болуы *созатын кернеулермен* байланысты.

Материалдарды механикалық өңдеу, яғни кесіп өңдегенде жоңқа пайда болыуы, материалдың механикалық қасиеттеріне тікелей байланысты болады. Металл емес материалдарды, мысалға табиғи тас, мәрмәр және гранит тастарда жонқа ұнтақталып, абразив дәндер тәрізінде пайда болады, жону процесі шаң-тозаңды.

Жасанды материалдар, мысалға текстолит, пластмассаларда желімдеу компоненттеріне қарай, жонқа пайда болу процессі түрлі

болып, көбінесе кесу тәртіптеріне тәуелсіз, тек қана *иірілмелі - оралма жоңқалары* пайда болады.

Металл қаншалық тұтқыр болса, жонқа пайда болыу процессі айырлау болады. Мысалға алюминий, титан қорытпаларында кесу тәртіптеріне тәуелсіз, тек қана *иірілмелі - оралма жоңқалары* пайда болады.

Қара металдарға жататын шойын және басқа сынғыш, морт металлдарды кесіп өңдегенде пайда болған жоңқа, *жарықшақ - опырмалы жоңқа* (2.1, *б* - сурет) деп аталады. Болаттарда жоңқа пайда болу кесу тәртіптеріне тікелей байланысты. Мысалға кесу жылдамдығы ***V = 3 – 12 м / мин*** мен 3 кескішпен (2.4, *а* - сурет) бөлшек 2 ні кесіп өңдегенде, пайда болған жоңқа 1 күшті деформацияланған бір бірімен байланбаған элементтерден тұрады, бұл *буындық - жарықшақ жоңқа* деп аталады. Кесу жылдамдықтары жоғарылау, яғни ***V = 10 – 20 м / мин*** болғанда, жоңқа түріде өзгереді. Жоңқа бір бірімен берік байлаулы, бірақта бөлек-бөлек болып айқын көрінетін бұйра элементтерінен тұрады, бұл *ығысу* жоңқа немесе *элементтік жоңқа* (2.1, *г* - сурет) деп аталады. Кесу жылдамдығын ***V = 60 – 100 м / мин*** дейін жоғарылатсақ жоңқа бөлек элементтері жойылып, түрі бау тәрізін қабылдайды, бұл *иірілмелі - оралма жоңқа* (2.1, *в* - сурет) деп аталады.

Жоңқа түріне әсер ететін факторлар:

1. Өңделетін материалдың түрі мен механикалық қасиеттері – пластикалық материалдар *ығысу жоңқа*сын береді, беріктік пен қаттылық артқанда *оралма* жоңқа *буындыққа* содан соң *элементтік* жоңқаға айналуы байқалады.

Морт материалдарды өңдеуде *элементтік* жоңқа түзіледі және жиірек *жарықшақ* жоңқа пайда болыуы мүмкін.

2. Кескіш алдыңғы бұрышының γ мәні өсуімен пластикалық материалдарды өңдеуде *элементтік* жоңқа *буындыққа*, содан *оралмаға* айналады, ал морт материалдарды өңдегенде *элемент*тіктен *жарықшақ* жоңқаға өтеді.

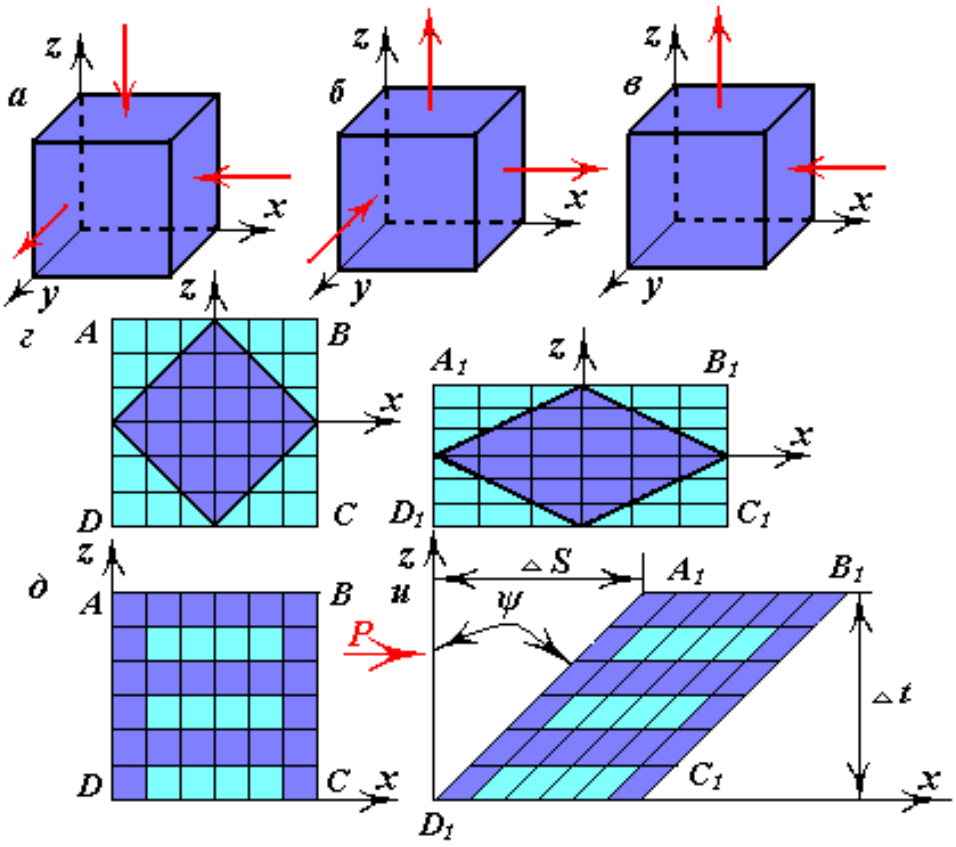
3. Кесу жылдамдығының өсуімен көпшілік көміртекті және легирленген болаттар жоңқа *элементтік*тен *буындық*қа, ал содан *оралма*ға өтеді.

Морт материалдарды өңдеуде кесу жылдамдығының артуы *жарықшақ* жоңқадан *элементтік* жоңқаға өтуі іске асады.

Материалдарды кесуде кесу қабатының деформациясы

Техникадағы бұйымдар контрукциясы белгілі шарттармен, нақты жағдайларда сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін, өте дәл есеп-қисап әдістерін қолдауға талап күннен күнге артып отыр. Өзара әрекеттегі, қатты материалды анизотропиялы реологиялық және беріктік сияқты қасиеттерімен айқындалған, түрлі температуралардағы қатты денелердің түйісуі күрделі кездейсоқ және жүйелі факторларға тәуелді болады [19]. Шикизаттарды сонымен қатар материалдарды өңдеу саласындағы зерттеушілер, аналитикалық және сандық әдістерде, негізінде үлкен теориялық және тәжірибелік жұмысты орындайды. Соңғы кездерде деформацияланатын қатты денелер механикасына арналған мәселелер, ықтималдық статистикалық әдістерін қолдана отырып, өз шешімдерін табыуы жиі кездесіп, кеңінен қолданыуына, жаңа техниканы пайдаланыуда, оларға қойылатын талаптардың өсіуіндегі пайда болатын мәселелерді шешу ынталандырып жатыр. [20]. Металлдың қирау, морттық сынғыштық, илемді ағыс, қажуы қирау, және жылжымалылық құбылыстарын ықтималдық - статистикалық сипаттайтын қатты дене беріктігі және деформациялану теориясының жаратылыуы қазіргі күнде өте өзекті мәселелердің бірі болып есептеледі. Мұндай теорияның жаратылыуы, бұл құбылыстарды терең зерттеуге мүмкіншілік берер еді, өйткені, қазірде біз тек қана феноменологиялық ара қатынастарды, ал ең сәтті болғанда тәжірибелік нәтижелерді салыстырып ортақ мәндерге келтірумен шектеліп отырмыз. Кесу теориясыны зерттеу бағытындағы ғалымдардың алдына, озық технологияны қолданып жатқан тұтынушылар үлкен мәселелерді шешуге талап қойып отыр. Мысалға динамикадағы өзара әрекеттестіктегі түйіскен денелердің механикасын зерттеу және жүйені бет пластикалық деформация күйінде құрылымдық параметрлік талдау. Сонымен қатар интегралдық - дифференциалды теңдеулерді қолдап материалдарды өңдеу технологиялық процестерінің алгоритм теориялық математикалық моделін жасауы. Қатты дене контрукцияларының кернеулі – деформацияланған күй-жағдайын сыртпішін құру процесінде зерттеуі сияқты мәселелер. Тәжірибелік зерттеулер жүргізбестен кесу процесіндегі құбылыстарды толығымен түсініп, талдау қазірде теориялық жолмен шешімін таппай отыр. Ғалымдар кесу процесінде сандық әдістерінен пайдаланып, түйіскен денелердің кернеулі күй-жағдайын зілдеме функцияларымен талдауды, кесте

немесе графика түрінде баяндауды, синусты - аналитикалық түрінде, косинусты бөлгіш ретінде бейнелеуді ұсынып отыр [21,22], бірақ бұл әдістерде тәжірибелік жолмен алынған параметрлер қолданыуымыз қажет. Соның үшін кесу процесін толығымен сараптапталуында, қазіргі күнде тәжірибелік зерттеулер өзінің өзектілігін жоғалтпаған.



2.5 – сурет. Деформацияланған материалдардың күй жағдайы:

а) созылу; б) сығылу; в) ығысу; г) таза; д) жай ығысу.

Кесу процесінде пластикалық деформациялану процестерін тәжірибелік жолмен тереңдетіп И.А. Тиме, Е. Мерчанта, В. Ф. Бобров, Грановский Г.И., Я. Г. Усачев, А. М. Розенберг, Н.Н. Зорев, Л.Н. Резников және А.А. Брикстер зерттеген [23,24,26]. Дерганов Б.С. Кесу теориясының негіздерінде деформациялану процестерін тереңдетіп келесі моделдерде де зерттеу қажет [26]:

- тұтқырлы - серпімділік Максвелл моделі,
- тұтқырлы - мұралық Фойгхт моделі,
- серпімділік - илемділік Прандтля моделі.

Себебі сандық бағдарламалық автаматтандырылған білдектер қолданыуында кесу процесін параметрлерін жеке зерттеуден, арнайы

математик модельдерде есептеуге қазіргі күнде ғалымдарымыз кірісіп кеткен.

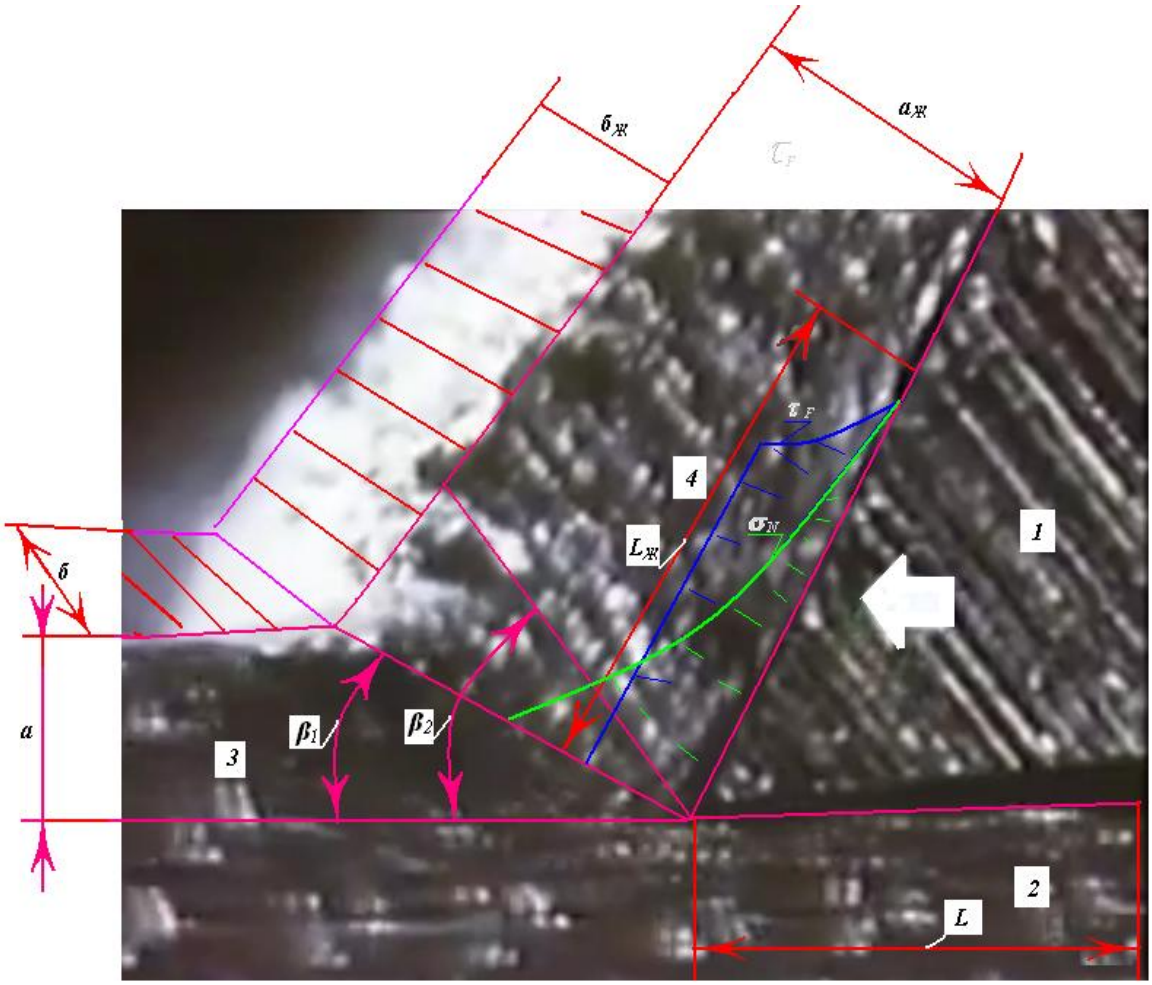
Кесу процесінде кескіштің негізгі кесетін жүзі кесіп алынатын қабатты пластикалық деформациялайды. Пластикалық деформацияның негізгі принципі, сыртқы күштер әсерінде дененің сыртпішінін орнына келмейтін етіп, пайда болған дене біртұтастығын жоғалтпайтын шарттарымен, сыртқы күштер әсерінен өзгерту болып табылған.

Деформацияға душар болатын дененің бөлігін үш күй – жағдайға бөліп қарастырылады. Материалдар кедергісі пәнін ескерсек (2.5, *а*;*б*;*в* -сурет): созылыуын; сығылуын; ығысуын білеміз, сондай-ақ металдардың күш әсерінде таза және жай ығысу деформацияларында (2.5, *г*;*д* - сурет) ескерейік.

Таза ығысуда (2.5, *г* - сурет) деформациядан ***x***, ***z*** осьтері бойынша бірқалыпты өзара перпендикуляр ұзару және қысқару процестері болып өтеді, мұнда ***АВСД*** квадрат көлемін өзгертпей $A_1B_1C_1Д_1$ конкурентті ромбқа айналады. Жай ығысуда (2.5, *д* - сурет) деформациядан тек қана бір ***x*** осьі бойынша бірқалыпты дененің жылжыуы байқалады, мұнда ***АВСД*** квадрат негізін өзгертпей $A_1B_1C_1Д_1$ паралелограмға айналады.

Деформацияға душар болатын материалдың созылыуын және сығылуын көлемді, ал ығысуды жазық деформацияланатын күй-жағдай түрлерінде зерттеуге болады. 2.6 - суретте кескіш 1, өңделіп жатқан бет 3 тен, a ($t_к$) – кесу тереңдігі, немесе кесіп алынатын қабатты деформациялап, жонқа 4 түріне келтіріледі. Пайда болатын жонқа 4, негізгі бөлшек денесінен β_1 бұрышы астындағы «ығысу бұрышы» немесе «ығысу жазықтығы» нан жылжып шығады деп [27] Тимме, Пиаспенен, Мерчант, Усачев, Кобаяши және Томсендар «бір ығысу жазықтығы» теориясын ұсынады. «Өрістеген ығысу» теориясын Розенберг, Пальмер, Оксли, Окушими және Хитоми ұсынып, пайда бола жатқан жонқа 4, негізгі бөлшек денесінен β_1 және β_2 бұрыштары арасындағы деформация аумағынан бөлініп шығады деп сендіреді.

Оқырмандар да бұл процестерді не үшін ғалымдар терең зерттеп келген деген сұрақ туындау мүмкін. Кескіштің алдыңғы бетіндегі үйкеліс күші, ығысу бұрышы, жонқалардың деформациялары және кескіштің конструктивтік өлшемдері бір – бірімен тікелей байланысты. Сол үшін кесу процессінің бұл параметрлері қазіргі күндеде кеңінен зерттеледі. Мысалға металлургия саласы күннен күнге дамып түрлі жаңа материалдар шығарып жатыр.



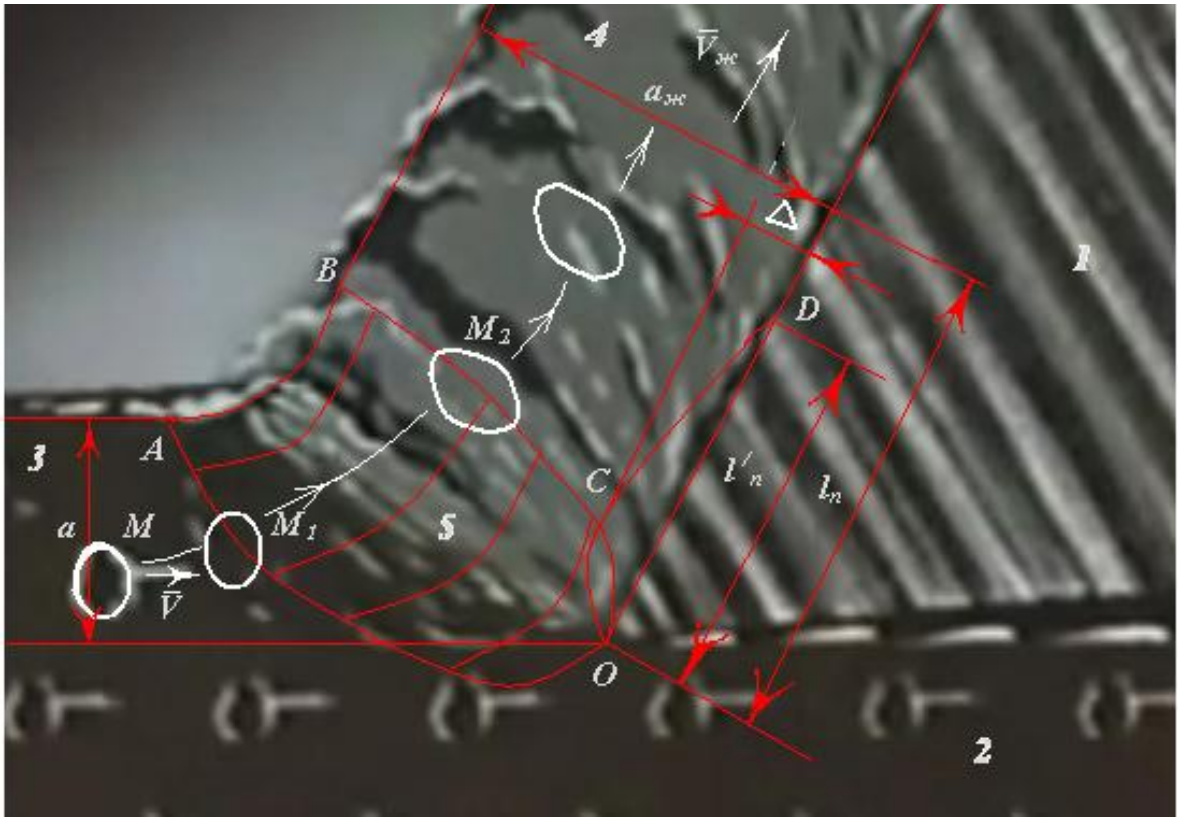
2.6 - сурет. Жоңқа пайда болу механикасының фотосуреті:
1 - кесетін құрал сайман. 2 - өңделіп жатқан бөлшек. 3 – кесіп алынатын қабат. 4 - пайда бола жатқан жоңқа; β_1, β_2 *- ығысу бұрыштары.*

Мамандар пайдаланатын анықтамалар, нормативтік техникалық құжаттарда бұл материалдарды өңдеу үшін қажетті мағлұматтар жоқ болуы мүмкін. Сондай кездерде кез келген технолог тәжірибелік жолмен ығысу бұрышын, жоңқалардың деформацияларын тәжірибелік жолмен анықтап кескіштің конструктивтік өлшемдерін, яғни негізгі бұрыштарын (теңдеу 1.3) есептеп шығады.

Кесілетін қабаттың жоңқаға айналу механизмі

Құрал-сайманның кесетін сынасы ***1***, шартты қабылданған түйісу ауданы l_n арқылы қалыңдығы ***a*** кесілетін қабат ***3*** ге белгілі күшпен әсер етіп, дененің қарсыласу күштерін жеңіп пластикалық

деформациялайды. Нәтижесінде кесіп алынатын қабат 3, a_c қалыңдықтықтағы жоңқаға айналады (2.7 - сурет). Тақырып 2.4.1 де айтылып кетгендей кесілетін қабаттың деформациясы екі аумақта болады.



2.7 – сурет. Кесілетін қабаттың жоңқаға айналу механизмі

Алғашқы деформация ***OABO*** аумағы ***5***, құрал-сайман сынасының шыңынан басталып (2.7 - сурет), өзіде сына пішімінде бейнеленеді. Алғашқы деформация аумағының ***5***, ***AO*** төменгі шегі кесу бетінен төменге батып кіреді, бұл жағдай өңделген металдың жіңішке беткі қабатының механикалық қасиеттерін өзгертіп - созатын немесе сығатын кернеулі жағдайларды туындатады. Нәтижесінде өңделініп жатқан беткі қабат қақталып, қаттылығы жақсаруы немесе керісінше жұмсауыда мүмкін.

Металл құрылым түйіршігі ***M*** қыйсық сызық ***AO*** дан бастап деформацияға душар болып, пішімін өзгерте бастайды, ал сызыққа дейін деформация процесінің жоқтығы 2.7 - сурет сұлбасыдан көрініп тұр. Екінші қисық сызық ***BO*** ға дейін деформация процесі жалғасып, сызықтан өтіп кесіп алынатын қабат жоңқаға айланып барады. Металл құрылым түйіршігі M_1 ден бастап, ***V*** жылдамдықпен, кесу құрал – сайманына салыстырмалы тәрізде жылжыйды. Кесіп

алынатын қабат M_1 нүктеден бастап аздау, ал барған сайын, яғни M_2 ге дейін қарқынды деформацияланып $V_ж$ жоңқа жылдамдығына ие болады.

2.7 - сурет сұлбасындағы қисық сызығындағы AO ығысу кернеуі τ өңделетін материалдың τ_{S0} аққыштық ығысу шегіне тең:

$$\tau = \tau_{S0}$$

Қисық сызығындағы BO ығысатын кернеу τ деформацияланып беріктенген жоңқа материалы τ_{SC} аққыштық ығысу шегіне тең болып келесідей өрнектеледі:

$$\tau_{S0} < \tau_{SC}.$$

Жоңқа құрал-сайманның алдыңғы бетімен түйісуде болғандықтан және оған қатысты жылжығандықтан, міндетті түрде үйкеліс күші туындайды. Кескіштің алдыңғы бетімен жоңқа түйісу бетіндегі үйкеліс күші өз кезінде жоңқа қабатының жылжуын тежеп, екінші деформациялы $OCДO$ аумағын тудырады. Бұл аумақтың ұзындығы

$$l_n^{/} \cong 0{,}5 \cdot l_n$$

ал оның қалыңдығы

$$\Delta \cong / 0{,}05 \div 0{,}1 / a_c .$$

Екінші деформацияланатын аумақты Н.Н. Зорев тереңдетіп зерттеп [3], жоңқа осьі аумақта жалпы алған деформациядан 20 есе көп деформацияланыуын дәлелдеген. Бұл аумақтағы деформацияның қарқыны үйкеліс күшінің шамасына және кескіш алдыңғы бет бұрышының γ мәндеріне тікелей байланысты. Үйкелісті кемейту үшін кесу аумағына майлаушы сұйықтықтар жеткізіп беруіміз, сонымен қатар кескіш алдыңғы бетінің бұрышының γ мәндерін неғұрлым үлкейтуімізбен, екінші деформация аумағындағы деформацияны азайтыуға болады.

Кесу құрал – сайманының бетіндегі үйкелісі және түйісу кернеулерінің сипатын қарастырайық. 2.7 - суретде бейнеленген құрал-сайман сынасының алдыңғы бетіндегі l_n түйісу ауданында түрлі

нүктелерінде нормаль σ_N және τ_F жанама кернеулер шамалары бірдей емес.

Нормаль кернеулер кескіш сынасының щыңына жақын аумақтарда максимал шамаға жетеді. Бұл нормаль кернеу шамасы соншалық көптігінен, 2.7 - суретте екінші деформация аумағындағы $l_n^{/}$ деформацияланып жоңқаға айланып жатқан материалдың бір бөлігін немесе қабатын лездік уақытқа тоқтатып қалыуы мүмкін. Нормаль кернеу өңделінген материал қабатын, жоңқаның негізгі массасын және ығысатын қабатын түзеді. Жанама кернеулер бұл аумақтарда бір қалыпты болып келіп, түйіскен беттегі материал аққыштық ығысу шегімен анықталынады (2.6 - сурет). Түйісу аумақтары бітіуімен нормаль σ_N және τ_F жанама кернеулер шамалары нөлге ұмтылады.

Кесу құрал – сайманының бетіндегі түйісу аумағы $l_n^{/}$ — пластикалық түйісу аумағы деп аталады. Бұл аумақ «ішкі» үйкеліспен сипатталып, үйкеліс жоңқаның жеке қабаттарының арасында пайда болады.

Түйіскен бет l_n - $l_n^{/}$ аумағы — серпімді түйісу аумағы деп аталады. Бұл аумақта кесу процесіне сыртқы сырғанау үйкелісі қатысады. Тек қана серпімді түйісу аумағына Амонтонның үйкелу заңын қолдауға болады. Мұндағы үйкеліс коэффициенті

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{\tau_F}{\sigma_N}, \qquad (2.20)$$

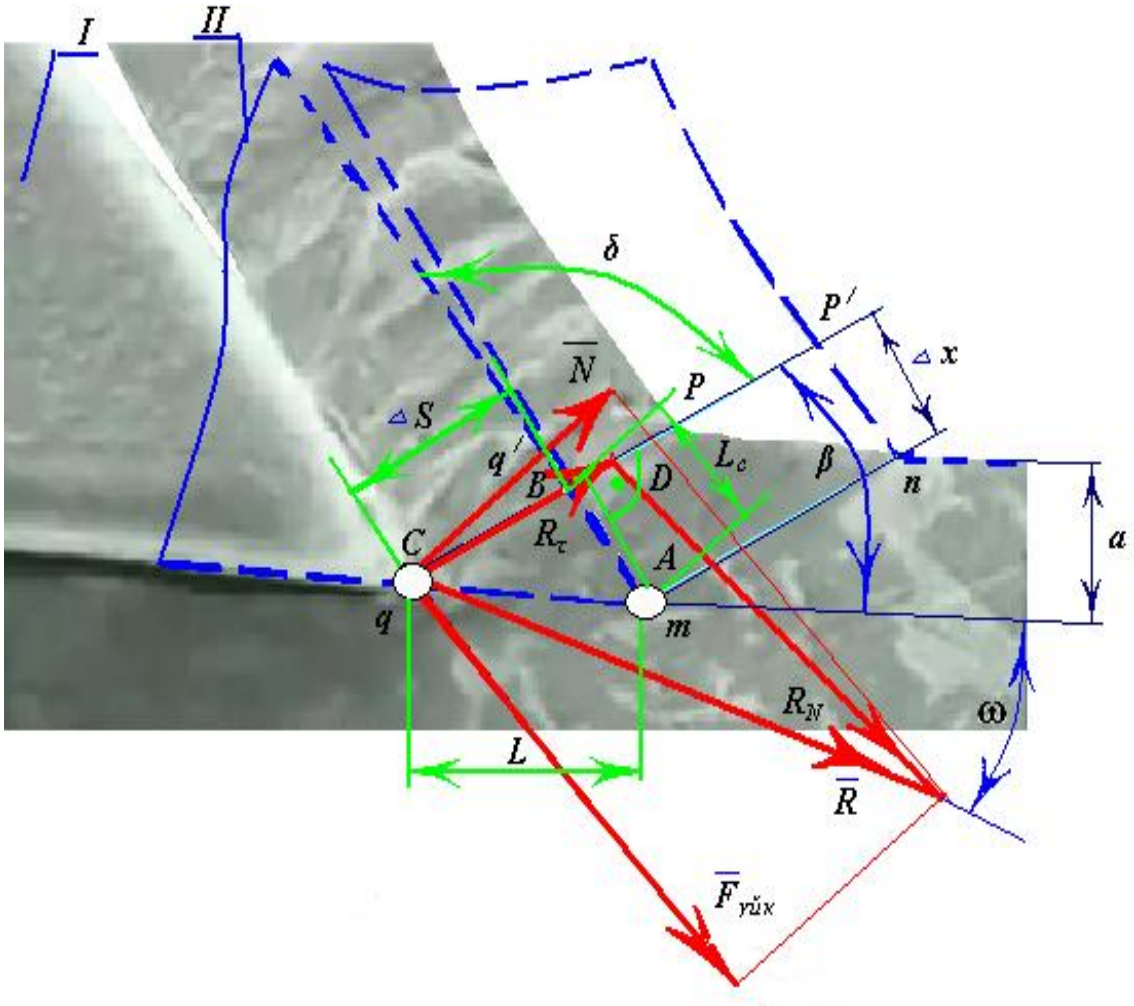
мұндағы N – нормаль күш; F - үйкеліс күші; σ_N және τ_F – орташа түйісу нормаль және жанама кернеулер; μ - үйкелістің коэффициентінің орташа мәні.

Құрал — сайманның кесетін сынасының алдыңғы бет бұрышының өте аз мәндерінде, жуан қабатты төмен кесу жылдамдықтарында кесу процесі жүргізілгенде, деформацияның алғашқы аумағы, үлкен шамаларға тең болып келеді. Бірақ өндірістік жағдайларда, кесу тәртіптері және кескіш геометриялық параметрлері мүлдем басқаша.

Өңдірістік кесу тәртіптерінде деформацияның алғашқы аумағы бір сызық күйіне келіп, жуандығы миллиметрдің ондан бір бөліктеріне айналады.

Бұл сызық кесу жазықтығы бетіне көлбеу ***β ығысу бұрышы*** атанған. Ығысу бұрышы өтетін жазықтық — ***ығысу жазықтығы*** деп

аталған, 2.8 - суретте бейнеленген сұлбада ***Pq*** және ***mn*** жазықтықтары.



2.5 – сурет. Жоңқа пайда болу аумағындағы процестер

Құрал-сайманды 1 - күйден 2 — күйге өткенде кесілетін қабатқа тиесілі ***P*** және ***q*** нүктелері жоңқаға тиесілі ***P′*** және ***q^1*** нүктелеріне орын ауыстырады, сонымен кесілетін қабатқа тиесілі ***Pqmn*** параллелограмы жоңқаға тиесілі ***mnP′q′*** параллелограмасына айналады. Құрал-сайманның кесу процесіндегі жалғасатын орын ауыстыруында процесс қайталанады. Олай болса, кесу процесін — кесілетін қабаттың жоңқаға айналу процесін ығысудың шартты жазықтығында ***Δx*** шексіз жіңішке қабаттарының бір біріне қатысты үзіліссіз ығысу процесі деп атауға болады. Мұнда ***Δx*** шексіз жіңішке қабаттар арасында байланыс үзілмейді және түзелетін жоңқа бүтін бір дене болып қалыптасады. Енді сол ығысу басталатын кернеуді қарастырайық.

Кескіш сынасы өзінің алдыңғы бетіндегі ***N*** нормаль және үйкеліс

күшін тұдыратын күшпен кесілетін қабатқа әсер етеді

$$F = \mu \cdot N$$

Бұл күштердің тең әсер етушісі жоңқа түзілу күші деп аталады.

$$\overline{R} = \overline{N} + \overline{F}$$

Оның күйі кесу бетіне қатысты ω бұрышпен — әсер ету бұрышымен сипатталады.

R күшін екі құраушыларға ажыратсақ:

$$\overline{R} = \overline{R}_N + \overline{R}_\tau$$

мұнда

R_N – ығыстыратын қабатты сығатын, ығыстыратын бетке нормаль күш;

R_τ - ығыстыру күші.

Ығыстыратын жазықтықтағы ығыстыратын кернеуді анықтаймыз

$$\tau = \frac{R_\tau}{f_{ығыс}} \qquad (2.21)$$

мұндағы

$$R_\tau = R \cdot \cos(\omega + \beta) \qquad (2.22)$$

Ығысу ауданы

$$f_{ығыс} = P\,q \bullet b = \frac{a}{\sin\beta} b \qquad (2.23)$$

2.21, 2.22, 2.23 теңдеулерден

$$\tau = \frac{R}{ab}\cos(\omega+\beta)\sin\beta \qquad (2.24)$$

Ығысу процесі, өңделіп жатқан материалдың аққыштық ығысу

шегі τ_{S0}, ығысу кернеу τ - дан кем болған сәттен басталады. Жоңқа түзілу күші R, құрал-сайманның артқы бетінде әсер ететін күштерді есептемей, анықталғанын ескеруіміз қажет. 2.7 - суретте қабылданған жай модельде жоңқа түзілу аумағында кесілетін қабаттың жеке құрылым түйіршігі M_1 шардың формасы сияқты формаға ие, ол ығысу жазықтығын өте деформацияланып M_2 эллипсоидтарға айналады. Деформацияның екінші зонасында бұл эллипсоидтар одан әрі қисаяды. 2.6 - сурет жоңқа пайда болу механикасының фотосуретінде бұл текстура анық көрінген, сол текстураның ауыу бұрышын ψ мен белгілеп — ***текстура бұрышы*** деп атаған (2.5 - сурет).

Кесілетін қабат қаншалықты аз мөлшерде деформацияланып алынып тасталса өңдеу процесі неғұрлым жеңіл көшкен болады. Ол үшін кесілетін қабаттың деформация дәрежесінің анықталуы маңызды мәселелердің бірі болып есептеледі. Деформациялану дәрежесін білу үшін салыстырмалы ығысуды анықтаумыз қажет. Жоғарыда қарастырған жоңқаның шөгу коэффициенті K_L, кесілетін қабаттың деформация дәрежесінің сапалы сипаттамасы болып қызмет ете алмайды. Себебі кесіп өңдеудің кейбір шарттарында, мысалы, титан қорытпаларды кескенде, жоңқаның шөгу коэффициенті $K_L < 1$ болып келеді. Кесілетін қабат ені бойынша аз деформацияланатынын ескере отырып, көлемді деформацияны, жай деформацияға ауыстыруға болады, ал оның көрсеткіштерін жай ығыстырумен сипаттауға болады. Мұнда деформацияланатын денеге P күші әсер еткен жағдайда, деформацияланатын квадрат дене параллелограмға айналатын болса ғана жай ығысудың деформациясын алу мүмкін (2.5, *д* - сурет).

2.8 - суретте бейнеленген сұлбадағы кескіш I - күйден II – күйге жылжығанда қалындығы Δx мөлшерлі, кесіліп алатын қабаттың бір бөлігін ΔS ***абсолюттік ығысу***мен жоңқаға айналдырады, ал бұл процесті салыстырмалы ығысу деп, келесідей анықтауға болады

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{\Delta x} = tg\psi$$

Салыстырмалы ығысу 2.8 - суретте бейнеленген сұлбадан келесідей бейнеленуі мүмкін:

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{\Delta x} = \frac{BC}{AD} = \frac{BD + DC}{AD}$$

$$\angle\delta = 90^0 - \beta + \gamma = 90^0 - (\beta - \gamma)$$
$$BD = ADctg\,90^0 - (\beta - \gamma)$$
$$\varepsilon = ctg\beta + tg(\beta - \gamma) \qquad (2.25)$$

Бұл өрнектерден біз салыстырмалы деформация кескіштің алдыңғы бетінің γ бұрышына тікелей тәуелді екенін дәлелдедік. Мұнда алдыңғы бұрыштың мөлшері артуымен салыстырмалы деформацияның мәні азайуы айқындалған.

Пластикалық деформация теориясында [28], дәлелденгендей кез келген дене деформацияланып қирау кезінде, ығысу бұрышы 45º тең болғанда, кем деформация күші шығындалады. Осы теорияны кесіп өңдеу процестерінде де қолдаған жөн болар еді. Соның үшін кесу процесіндегі ығысу бұрышын анықтау өзекті болып есептелінеді.

2.8 - суретте бейнеленген сұлбаға назар аударсақ, кесілетін қабат $AC = L$ ұзындықпен $AB = L_c$ ұзындықты жоңқаға айналады. Мұнда ΔABC-дан келесі өрнектерді аламыз:

$$\frac{L}{sin\delta} = \frac{L_c}{sin\beta},$$

егер $\delta = 90^0 - (\beta - \gamma)$ және $\frac{L}{L_c} = K_L$ екенін ескерсек

Жоңқа шөгумен кескіштің алдыңғы бұрышы арасындағы байланысты Тиме И.А. формуласымен [10] жазуға болады.

$$K_L = \frac{cos(\beta - \gamma)}{sin\beta}, \text{ немесе}$$

$$K_L = \frac{cos\beta os\beta c + sin\beta in\beta s}{sin\beta} = cos\gamma os\gamma c + sin\gamma,$$

ығысу бұрышы

$$ctg\beta = \frac{K_L - sin\gamma}{cos\gamma} \quad \text{немесе}$$

$$tg\beta = \frac{cos\gamma}{K_L - sin\gamma}. \qquad (2.26)$$

Бұл 2.26 - теңдеу қарапайым, практикада қолданыуға ыңғайлы, өйткені жоңқаның шөгу коэффициетін K_L тәжірибелік жолмен анықтап ығысу бұрышын есептеуге болады.

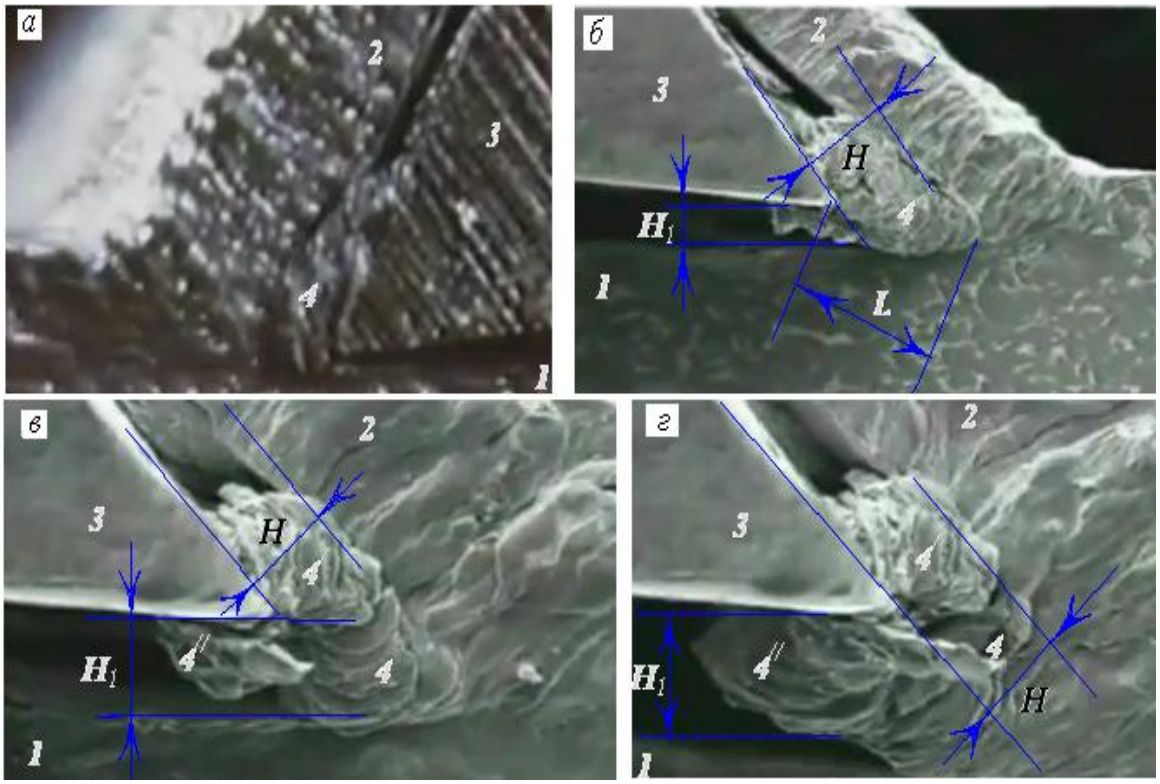
2.4.2. Металдарды кесуі кезінде аспап тілімінде пайда болатын бұлтық

Кесіп өңдеу процесінде жоғарғы температура, кесу күштері, сондай-ақ кескіштің беттеріндегі пайда болатын үйкеліс күштерінің әсерінен, екінші деформация (2.7 - сурет) аумағында $l_n^{/}$, яғни кескіш 3 тің алдыңғы бетіне, кесіп алынып жатқан қабат 2 жабыса бастайды 4 (2.6, *а* - сурет). Кесу процесіндегі факторлардың әсерінде өңделіп жатқан материалдан пайда болып жатқан қабаттың қаттылығы, өзінен 2 - 3 есе қатты болыу мүмкін. Кескіш 2 алдыңғы бетінде өңделіп жатқан материалдан пайда болған қабат 4 — ***бұлтық*** деп аталып, бұл процесс ***бұлтық пайда болыу процесі*** деп жүргізіледі. Бұлтықтың беткі қабаты өте кедір бұдыр және кесу температурасынан балқу, сондай – ақ деформациядан аққыштық күй – жағдайларында болғандықтан, оның бетіне кесіп алынып жатқан материал жабысыуы жалғаса (2.9, *б* - сурет) береді.

Бұлтық денесі үлкейіп барып, мыжылып немесе бөлініп кетуі (2.4, *в*;*г* - сурет) мүмкін.

Бұлтық кесу процесінде кесу бұрышы δ ның мәндерін төмендетеді, яғни кескіш өткіррек болады. Бірақ бұл өткірлік кескіш шыңын ұзартып, өңделіп жатқан бет өлшемін H_1 мөлшерге айнытып, өңдеу дәлдігін төмендетеді. 2.9, *г* - суретте бұлтық бөлініп, астқы бөлігі $4^{//}$, өңделінген бетге жабысу, салдарынан кедір – бұдырлық көбейіп, беттің сапасы төмендейді. Бұлтық тұрақты қалыптаспайды, ол кезеңді түрде пайда болып соң жойылып отырады. Бұл кезең минутына 3000 ÷ 4000 есеге дейін жиілікпен қайталаныуы мүмкін.

Биіктігі $H = 1 \div 1{,}5$ *мм* мен сипатталатын бұлтықтың пайда болуы соң жойылыуы, кесу процесіндегі өңделіп жатқан бетте майда түйіршіктер пайда болыуына, сондай – ақ беттің сызықты өлшемін $\pm H_1$, мөлшердегі қателікпен өңделіуіне ықпал жасайды. Егер өңделініп жатқан материал өте тұтқыр болса, пайда болған бұлтық жойылмайды, ол кескіштің кесетін қырын өтпес етіп, шыңын сыныуына дейін алып келеді.



2.9 - сурет Кесу процесіндегі бұлтық фотосуреті:

1 – өңделінген бет; 2 – пайда болып жатқан жоңқа; 3 – кескіш сынасы; 4 – бұлтық; 4/ - жоңқамен бірге шығатын бұлтық бөлігі; 4// - өңделінген бетге жабысын қалған бұлтық бөлігі.

Бұл процесті физикалық тұрғыдан қарастырсақ, бұлтық пайда болу процесіне өңделіп жатқан және құрал-сайманды материалдардың адгезиясы көбірек әсер етеді. Сондай – ақ бастапқы материалдың екінші деформация зонасында тоқтап қалмауын қамтамасыз ету қажет.

Бұлтықтың пайда болыуына келесі жағдайлар өз септігін тигізеді [7,8]:

1. Кесетін құрал – сайман түйісу беттерінде зең және майлы кілегей жоқтығына.

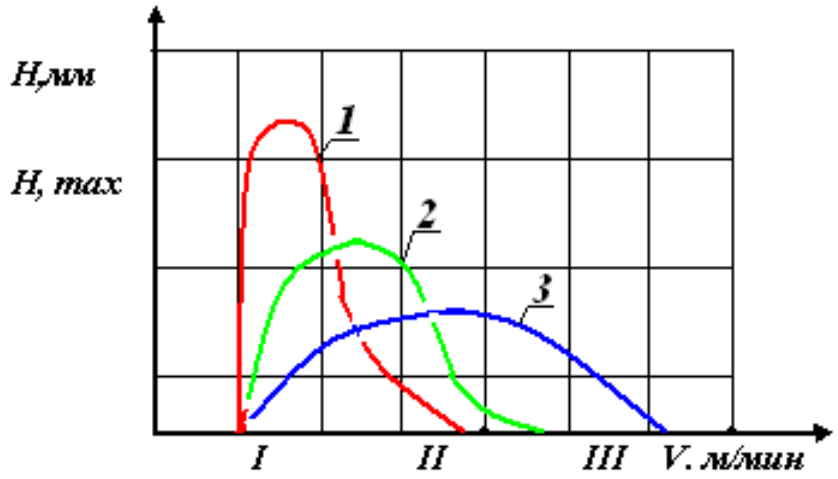
2. Өңделіп жатқан материалдың пластикалық деформацияда беріктелу және жоғары температураларда беріксіздендіріп кетпеу қасиетінен.

Кесу процесінде бұлтық пайда болыуына келесі факторлар тікелей әсер етеді:

1. Өңделіп жатқан материалдың түрі және механикалық қасиеттері. Бұлтық пайда болмайтын материалдар, мысалға: мыс

қорытпалары, цинк, ақ шойын сонымен қатар құрамында никелі бар қорытпалар. Керісінше бұлтық пайда болыуына икемді материалдар, мысалға: легірленген болаттар, алюминий қорытпалары. Қорыта айтқанда материалдың пластикалық қасиеті артып, қаттылығы кемейіп келсе, бұлтық пайда болыуы қарқындайды.

2. Кесу жылдамдығының мәндері. Конструкциялық болатты $\gamma = 15°$ бұрышты кескішпен кесу процесіндегі бұлтықтың кесу жылдамдылығына $H = f(V)$ тәуелділік графигіне (2.10 - сурет) назар аударсақ, жылдамдықтың аз мәндерінде I – диапазонда, $V = 1$ *м/мин*, бұлтық жоқ, II – диапазонда $V < 80 - 100$ *м/мин*, бұлтық пайда болыуы қарқындайды, ал III – диапазонда $V > 80 - 100$ *м/мин* бұлтық пайда болыуы жойылады [4, 24,29,30].



2.10 – сурет. Кесу процесіндегі бұлтықтың кесу жылдамдығына тәуелділік графигі

3. Кесу температурасының мәндері. Бұлтық пайда болыуына кесу температурасының Q арасындағы байланыс дәлелденген [29,30]. Кесу температурасының $Q = 25 \div 400^0$ C мәндерінде бұлтық пайда болыуы қарқындай түседі, *ал* $Q = 550 \div 600^0$ C мәндерінде бұлтық пайда болыуы жойылады.

4. Кескіштің сынасының алдыңғы бұрышының мәндері. Кескіштің сынасының алдыңғы бұрышының мәндері қаншалық өсіп барса, бұлтық пайда болыуы жойылып барады. Себебі екінші деформациялық аумақта деформацияланып шығып жатқан жоңқа тоқтамай шапшаң өтіп кетеді. Егер кескіштің сынасының алдыңғы бұрышының *мәндерін* $\gamma = 40 \div 45°$ ға жақындатсақ бұлтық пайда

болыуы жойылады, бірақ алдыңғы бұрыштың бұл мәндерінде, кескіш сынасының беріктігімен қатаңдығы төмендеп кетеді.

5. Кесілетін қабаттың қалыңдығы. Кесілетін қабаттың қалыңдығының артуымен бұлтық пайда болыуы қарқындайды. Қорыта айтқанда бұлтық беттерді алдын ала жонуда, сыдыру операцияларында, яғни бөлшек бет сапасы және сызықтық өлшемдерінің өте дәлдігі қажет болмағанда пайдалы құбылыс деп атауға болады, себебі бұлтық өз денесімен кескіштің шыңын қаптап, үйкеліс күштерін кемейтіп, оның тозыуына жол бермейді. Бұлтықтың артынан кесу процесіндегі кесу бұрышының кемейуі, яғни алдыңғы бұрыштың мәндері жасанды түрде артыуынан кесу күштері төмендейді. Ақтық және соңғы өңдеу операцияларында бұлтық пайда болыу, өңделініп жатқан бөлшекті жарамсыз, яғни бөлшек ақауына алып келуі мүмкін.

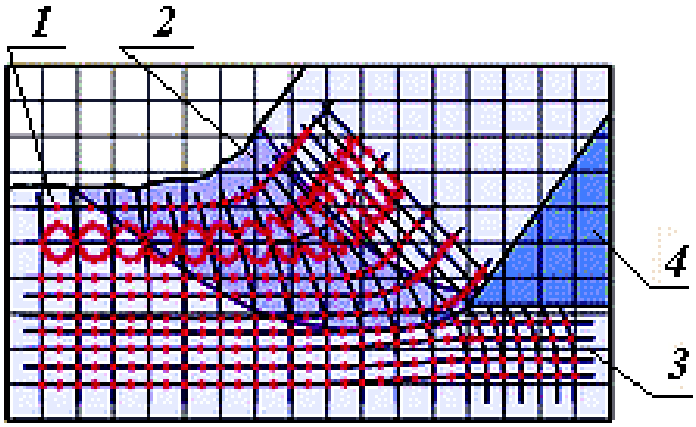
Бұлтық пайда болыуын кемейту немесе жойыу үшін жоғарыда айтылғандарға қосымша және әсері мол болатын амал, майлаушы және салқындатыушы сұйықтықтарды міндетті түрде тиесілі операциялар үшін қолдау болып табылады.

Жоңқа пайда болуын тәжірибелік жолмен анықтау

Жоңқа пайда болу процесін, жоңқа өлшемдерін, сондай-ақ деформация аймақтарын зерттеуде түрлі эксперименттік тәжірибелер қолданылады [4,18,24,27,29,30]:

Көзбен шолу бақылау әдісі. Үлгі жақ жағын, жылтыратылады немесе ірі квадратты тор сызылады. Кесу жылдамдығының аз мәндерінде үлгіні кесіп өңдеп, оның бетіндегі тор бұрмаланып деформацияланыуын (2.11 - сурет) немесе жылтыр беттің түсін өзгертіуімен деформация аймақтарының, өлшемдерін анықтауға және кесіліп жатқан қабаттың жоңқаға айналуы туралы түсініктерге ие боламыз. Бұл әдіс кесу жылдамдығының өте аз мәндері (***0,2 - 0,3 м/мин***) үшін жарамды, болып жоңқа пайда болу процесін көз алдына келтіруге көмек береді.

Шапшаң киноға түсіру әдісі. Үлгі жақ жағын және жоңқаны жоғары жиілік кинокамерамен секундыға 10 000 кадр жиілікпен суретке түсіреді, мұнда әдіс мүмкіншіліктері маңызды кеңейеді. Жоғары жылдамдықпен өңдегенде-де жоңқа пайда болу процесі туралы анық мағлуматтар алуға болады. Бұл әдіс практикада кесу жылдамдығын тағайындауда маңызды роль ойнайды.



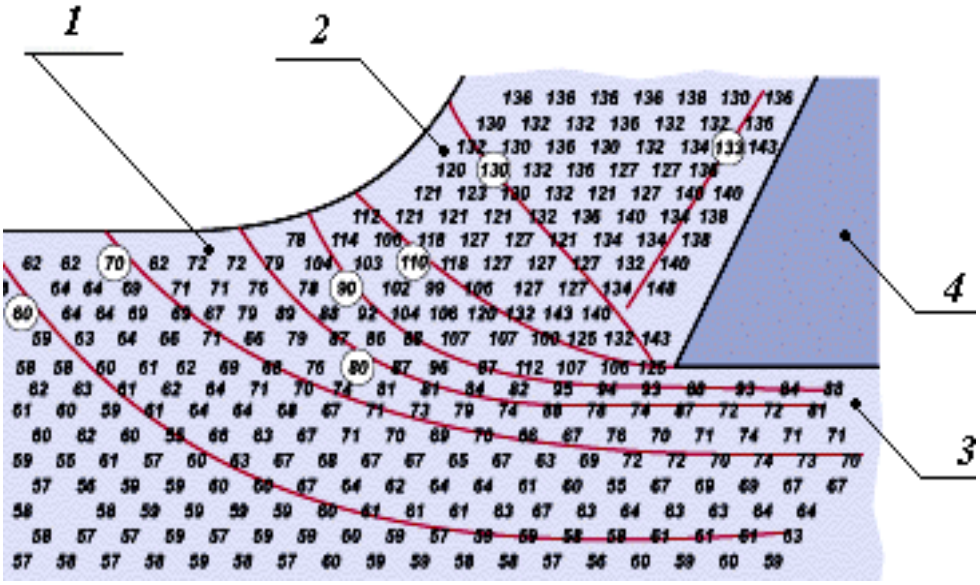
2.11 – сурет. Жоңқа пайда болу процесі.
Г. Л. Куфаревтың ортақ бөлінген сеткалар әдісі бойынша деформация аймағын зерттеу:
1- өңделініп жатқан бет; 2- кесу беті; 3- өңделінген бет; 4 – кескіш.

Бөлгіш тор әдісі. Үлгі жақ жағына дәл квадрат бөлгіш тор немесе дәл шеңберлердің жүйесі салынады. Тәжірибелерді нақты өңдеу жағдайына жақындату үшін тор квадраттар қабырғаларының өлшемдерін ***0,05-0,15 мм*** төңірегінде алынады. Бөлгіш тор әртүрлі тәсілдермен салынуы мүмкін, мысалы типографиялық бояуды домалатумен, желінумен, вакумда арнайы қабатты қаптаумен, арнайы трафаретпен, тырнау арқылы із қалдырумен. Материал қаттылығын өлшейтін ***ПТМ-3*** құралының алмас инденторымен тырнау арқылы із қалдыру кеңінен қолданылады. Деформация кезінде бұрмаланбаған аймақтарды алу үшін, кесу процесінің «шапшаңды» тоқтауын қамтамасыз ететін арнайы айлабұйым қолданады, мысалға кескішті жоңқа астынан шығаруыда күшті серіппе немесе оқ-дәрінің жарылу энергиясы қуатымен жүзеге асырылады.

Металлографиялық әдіс. Кесу процесін шапшаң тоқтату арқылы, пайда болып жатқан жоңқамен оның түбірі кесіп алынады. Түбір жақ жағын мұқият өңдеп жылтыратылады, соң тиісті реактивмен уландырылады. Алынған микроажар жоңқа түбірін 25 - 200 есе үлкейтетін микроскоп астында зерттеледі. Қажетті микрофотографиялар істеледі.

Деформацияланбаған металл құрылымына қарай, жоңқа құрылымының өзгеруін және деформация аймақтарын салыстырумен, деформация текстура бағытын, оның аймақтарын, шекараларын анықтауға болады.

Микроқаттылықты өлшеу әдісі. Металлдың пластикалық деформациялану қасиетімен оның қаттылығы арасында мағыналы байланыс бар. Сондықтан жоңқа түбірінің микроқаттылығын өлшеуі арқылы деформация туралы мағлуматтар алуға болады. Бұл үшін ***ПМТ -3*** қаттылықты өлшеу құралымен жоңқа түбірі әртүрлі нүктелерінде микроқаттылығы өлшеніп (2.12 - сурет), тұрақты қаттылық сызықтары — изосклерлер салынады. Изосклерден деформация аймақтарында жанама күштенулердің мөлшерін анықтауға болады



2.12 – сурет. Кесу процесінде материал қаттылығының өзгеруі. Г. Д. Дальдың ауысуы аймағындағы қаттылықтың өзгеруін зерттеу нәтижесі:

1- өңделініп жатқан бет; 2- кесу беті; 3- өңделінген бет; 4 – кескіш.

Қазірде тағыда көп әдістер қолданылыуда, мысалы поляризаторлық – оптикалық, механикалы және рентгенографиялық әдістер.

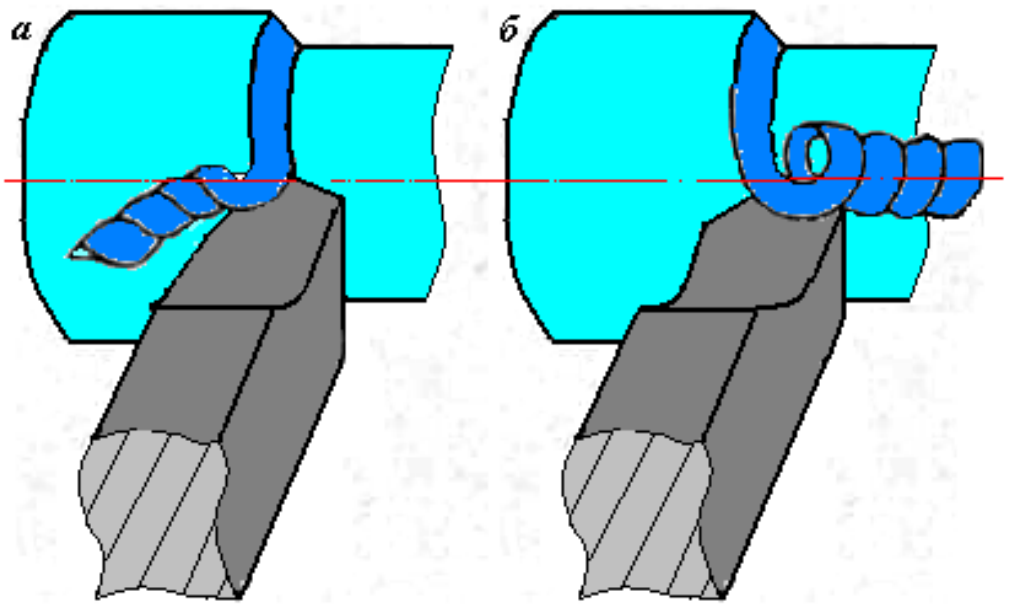
2.4.3. Жоңқа бұйраланыуы, жоңқа шөгу және өңделінген беттің нығайыуы

Кесіп алынатын қабатқа салыстырмалы жоңқа пішімінің өзгеруі. Өңделінген бет нығайуына, яғни деформацияланыуына, жоңқаның бұйралануы көрнекті дәлел болып келеді. Жоңқа қалай деформацияланып нығайса, дәл осылай кесу беттері және өңделінген бетте нығаяды.

Жоңқа бұйраланыу. Кескішке түйісіп өтетін жоңқа беттері деформацияланып, пішімін өзгертіп, бұйраланады. Кесіп алынып жатқан қабат кескішпен кездескен соң (әсіресе бұлтықты шыңында), қозғалыс бағытын өзгертіп, иілу жоңқаны бұйраланыуға, мәжбүр етеді. Сонымен қатар жоңқаның жуандығы бойынша әркелкі салқындауда бұйралауға көмектеседі.

Өңдеу шарттарына тәуелді жоңқа жалпақ (логарифмдік) немесе бұрандалық болып бұйраланады. Жалпақ бұйраланған жоңқа қыйып кесуде және еркін көлденең жонуда, кесудің негізгі маңдай бұрышы — $\varphi = 0$, негізгі кесу жиегінің еңкеш бұрышы $\lambda = 0$ болған кезде түзеледі. Егер $\lambda \neq 0$, $\varphi \neq 0$ болғанда, сондай-ақ еркін емес жонуда жоңқа бұранда тәрізінде бұйраланады.

Кесіп өңдеу процесінде кесу берісі, бөлшектің пішімі және кескіштің түріне қарай, кескіштің алдыңғы еңкештік бұрышына λ тәуелді жоңқа жылжу бағытының өзгеруі мүмкін (2.13 - сурет).



2.13 - сурет. Кескіштің алдыңғы еңкештік бұрышына λ тәуелді жоңқа жылжу бағытының өзгеруі.

а) кескіштің алдыңғы еңкештік бұрышы – λ, б) кескіштің алдыңғы еңкештік бұрышы + λ.

Түзеліп жатқан жоңқаның өңделіп жатқан беттен түсу бұрышының алдын ала есептеуге болады [10].

$$tg\eta_{ж} = \frac{t}{t \bullet ctg\varphi + S}$$

мұндағы

$\eta_{ж}$ - жоңқаның өңделіп жатқан беттен түсу бұрышы, *град*;

t – кесу тереңдігі, *мм*;

S - кесу беріліс қозғалысы, *мм / айл*.

Жоңқаның түсу бұрышы әсіресе кескіштің алдыңғы еңкештік бұрышына λ тәуелді болады

$$tg\eta_{ж} = tg_{тиім} = \frac{\sin\varphi \bullet tg\,\gamma + \cos\varphi \bullet tg\,\lambda}{\cos\varphi \bullet tg\,\gamma - \sin\varphi \bullet tg\,\lambda} \qquad (2.27)$$

Теңдеуді қолдана отырып келесідей кесу және кескіш параметрлерін тағайындауға болады: кескіш геометриялық параметрлері $\gamma = 20^{o}$; $\varphi = 45^{o}$; $\lambda = 10^{o}$ болғанда, $\eta_{ж} = 71^{o}$, егер кескіш геометриялық параметрлері $\gamma = 20^{o}$; $\varphi = 45^{o}$; $\lambda = (-10^{o})$ болғанда, $\eta_{ж} = 19^{o}$, ал $\lambda = (-30^{o})$ мәндерінде $\eta_{ж} \approx (-13^{o})$ болады.

Жоңқаның бұйралауына келесі негізгі факторлар әсер етеді: кесу бұрышы, кесу жуандығы, кесу берілісі, кескіш алдыңғы бетіндегі тозыудан пайда болған шұңқыр тереңдігі, кесу жылдамдығы және майлаушы - салқындатушы сұйықтық.

Кесу бұрышы көбірек, ал кесу жуандығы азырақ болған жағдайда жоңқа көбірек бұйраланады. Кескіш алдыңғы бетіндегі тозыудан пайда болған шұңқырдың тереңдігі артыуымен жоңқа бұйралану радиусі кемейеді, ал кесу жылдамдығының өсуімен артады. Майлаушы - салқындатушы сұйықтықтардың қолдануы жоңқа бұйралану радиусі кемейіуіне жағдай жасайды.

Жоңқа шөгу. Кесу процесінде металл деформацияға ұшырайды, мұнда жоңқа ұзындығы $L_{ж}$ кескіштің өңделінген бетпен жүрген жолы – L ден қысқа болып, ал жоңқа жуандығы $a_{ж}$ – кесіп алынып тасталатын қабаттан a көбірек болып шығады (2.6 - сурет). 2.2 - суретте бейнеленген сұлбадағы жоңқа пайда болу процесінде, кесіп алынатын қабаттың ауданы $(a \cdot в)^2$, жоңқаға айналып $(a_{ж} \div в_{ж})^2$ күйге келеді. Бұл мөлшерлердің өзгеріуі жонқаның ***шөгуі*** деп аталады.

Жонқаның ***шөгуі***нен, оның L, a, b өлшемдерінен (2.6 - сурет) түзілген жоңқаның өлшемдеріне $L_{ж}$, $a_{ж}$, $b_{ж}$ келеді. Жоңқа өлшемдерінің өзгеруі келесі коэффициенттермен сипатталады:

$K_l = \frac{L}{L_ж}$ — қысқару коэффициенті,

$K_a = \frac{\alpha}{\alpha_c}$ — жуандау коэффициенті,

$K_b = \frac{b}{b_c}$ — кеңейу коэффициенті.

Шамасы бойынша бұл коэффициенттер келесі қатынаста болады:

$K_L > K_a > K_b$.

Кеңейу коэффициенті практикада мәндерінің аздығымен ерекшеленеді:

$K_b = 1{,}05 \div 1{,}1$, соның үшін зерттеулерде $K_b = 1$ деп қабылдасақ (бірақ K_b коэффициентінің мәндері барлық металлдар үшін бірдей емес, мысалға жоғары пластика қасиеттеріне ие мыс, қорғасын, титандарда да басқаша), кесілетін қабат және жоңқа көлемдерінің бір біріне байланысты теңдеуін былай жазуға болады

$L \cdot a \cdot b = L_ж \cdot a_ж \cdot b_ж$, мұндан

$L / L_ж = a_ж \cdot b_ж / a \cdot b \approx a_ж / a$

Әдетте бұл қатынастар кесіп алынып тасталатын қабаттың пластикалық деформация мөлшерінің орта мағынасына сипаттауға арналған.

Жоңқа *шөгу коэффициенті* деп аталатын мөлшерді, мына өрнектермен белгілейміз

$$\eta = L / L_ж = a_ж b_ж / ab \sim a_ж / a \qquad (2.28)$$

Жоңқа кесілген кескіш жолының ұзындығы L (дайындама диаметріне тең), ал кесіп алынған жоңқаның ұзындығы $L_ж$, жуандығы $0{,}05 \div 0{,}25$ *мм* серпінді болат сыммен өлшенеді.

Кесіп алынатын қабаттың көлденең қимасы мен кесіп алынып тасталатын қабат аудандары қатынасы арқылы жоңқа шөгуі коэффициентіні — салмақ әдісімен анықтау:

$$\eta = a_{ж} \cdot b_{ж} / a \cdot b$$

Мұнда жұмыс әдістемесі мынандай болады: зерттейтін жоңқадан өз бетімен кішкентай l ұзындықтағы кесегі сындырылып, салмағы өлшенеді; егер кішкентай кесек салмағы Q болса, онда

$$a_{ж} \cdot b_{ж} = (Q / \gamma \cdot l) \cdot 10^3,$$

мұндағы

l — жоңқа кішкентай кесегінің ұзындығы, *мм*;
γ — салыстырмалы салмақтылығы, $г / см^2$;
Q — жоңқа кішкентай кесегінің салмағы, *г*;

бұдан

$$\eta = Q \cdot 10^3 / \gamma \cdot l \cdot a \cdot b = Q \cdot 10^3 / \gamma \cdot l \cdot s \cdot t \qquad (2.29)$$

Жоңқа шөгу коэффициентіні анықтау үшін, салмақты торсионды таразыларда өлшеген жөн.

Жоңқа шөгіуінің мәндері бір біріне жаппай келе бермейді. Мысалға, 2.4 - суретте бейнеленген *в* – сұлбасындағы иірілмелі - оралма жоңқа кесілетін қабаттың ұзындығымен салыстырғанда, ұзындығы азаюы емес керісінше,артуы байқалған. Мұнда жоңқаның «теріс шөгу» немесе «ұзайуы» процесі дәлелделінген [31]. Жоңқа шөгу коэффициентінің $K_L > 1$, мәндері бірден кіші болып келеді. Соның үшін жоңқаның шөгу коэффициентін кесілетін қабаттың деформация дәрежесінің сандық көрсеткіштерін анықтау үшін емес, оны деформациялық процестерін бағалауға пайдаланған жөн.

Кесілетін қабаттың деформациясының шамасына әсер ететін факторлар:

1. Өңделіп жатқан материалдың түрі.

Пластикалық материалдар деформациялану $K_L = 2,5.\div.6,$ ал морт матриалдарда $K_L = 1,5 \div 3.$

2. Кесілетін қабаттың қалыңдығы немесе кесу тереңдігі.

Кесу қабаты тереңдеумен K_L бір қалыпты кемейеді.

3. Кескіш алдыңғы бұрышының мәндері.

Кескіш алдыңғы бұрышының мәндері көбейіумен, жоңқа шөгу азаяды.

4. Кесу жылдамдығының мәндері.

Кесу жылдамдығының мәндері өсумен, жоңқа шөгу азаяды (өте тұтқыр және өте пластикалық материалдардан басқаларына).

2.5. Жоңқа сындырғыштар, жоңқа бұйралайтын құрылғылар

Қазіргі таңда шапшаң жонуда жоңқаны кескіш бетінен шығып кетуіне үлкен назар аударылып жатыр.

Кесудің үлкен жылдамдықтарында жоңқа ұзын, қиық тіліктер, түзу немесе түрлі радиусті бұйралананған (2.4, *в* - сурет) түрінде түзеліп жұмыс кезінде, кесетін аспап және өңделетін дайындамаға оралады.

Жоңқаның мұндай түрі жұмысшылар өміріне қауіпті, кесетін аспаптың мезгілсіз тозуына әкеледі және өңделетін бөлшекті зақымдауы мүмкін, сондай-ақ станок өнімділігін төмендетеді. Сонымен қатар, ол цехта көп орынды алады, өйткені оның көлемі кесіп алынатын қабат көлемінен он немесе оданда көп болуы мүмкін. Егер кесу процесінде ұсақ бұйраланған немесе ұсақталынған жоңқа алынса, бұл қиындықтар едәуір мөлшерде жойылуы мүмкін. Мұндай жоңқалар жұмысшыға қауіпсіз, кескіштен жеңілірек көшеді, цехта аз орын алады. Цехтерден жоңқаны жинауы кем шығындарды, яғни көлікке және жұмысшы күшін кем талап етеді.

Жоңқа опыру әдістері

Кесу процессінде жоңқаны келесі әдістермен уатуға болады:

— кесу тәртібін жөнге салу және кескіш геометрияларымен;

— кескіштің кесетін тілімшесінің алдыңғы бетіне әртүрлі шұқыршалар салумен (2.14 - сурет). Бұл түрдегі тілімшелер сандық бағдарламалық білдектерінде өңдеу процестерінде кеңінен қолданылады. 2.15 - суретте, токарлық сандық бағдарламалық білдегінде, бетінде жоңқа сындыратын ойықтары бар тілімшемен қаруланған кескіш төлке бөлшегінің бұйырын кесіп өңдеу процесінің фотосуреті бейнеленген. Сынған жоңқаның бөлініп түсуі анық көрініп тұр.

— арнайы жоңқа жоңқа опырғыш құрылғыларды кескішке механикалық жолмен бекітіп қолданады, бірақ қазіргі кезде, 2.1 - суретте бейнеленген токарлық кескіштің тілімшесін бұрама арқылы

бекітетін пішімін ойыстық етіп жасалған қыспақ тілімдер пайдаланылады.

Арнайы жоңқа уататын құрылғылардың кемшіліктері:

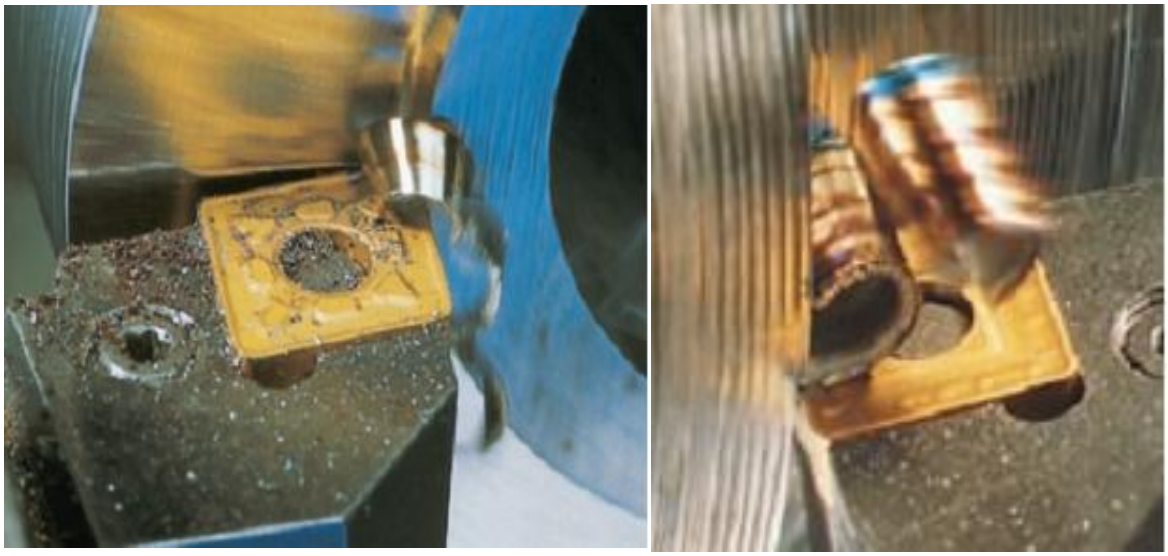
— кесу тәртібімен құрылғы геометриясының сәйкестігін қатал қамтамасыз ету қажеттілігі;

— қатты қорытпалардың жоғары шығыны, өздік құнының артуы;

— тұтқыр металдарды өңдеуі кезінде жоңқа ұсақталу сенімсіздігі.



2.14 – сурет. Кескіштің кесетін тілімшесінің алдыңғы бетіне әртүрлі жоңқа сындыратын ойықтары бар тілімшелер:
а)үш бұрышты; б) ромбты; в) төрт бұрышты.



2.15 – сурет. Токарлық сандық бағдарламалық білдегінде, бетінде жоңқа сындыратын ойықтары бар тілімшемен механикалық бекітіліп, қаруланған токарлық кескіштер төлке бөлшегінің бұйырын кесіп өңдеу процесі

2.6. Кесу процесіне майлаушы - салқындатушы сұйықтықтардың ықпалын жасау

Майлаушы - салқындатушы сұйықтықтар (МСС) екі топқа бөлінеді: майлаушы және салқындатушы сұйықтық [6,7].

Салқындатушының өзін тағы екіге бөлуге болады.

Бірінші топқа салқындатушы газдар жатады. Газдар, қысым төмендеуімен жылыуды тартып алуға және кесу аймағына химиялық әсер ету (CO_2, $CC1_4$) қабіліетіне ие.

Екінші топ сұйықтықтарға салқындатушы қабілетті жоғары сұйықтықтар жатады, мысалы: су, электролиттердің су ерітінділері және эмульсия. Білдек бөлшектерін тотбасыуыдан сақтау үшін суда ***5 ÷ 10%*** кальцийленген соданы ерітеді, бірақ бұл білдектің боояуына, тығындарына және майланғанына қолайсыз әсер етеді. Суға қосылатын кейбір тотықтар: сабын, түрлі май эмульсиялары, судың майлаушы қасиетін жақсартып, кесу процесін жеңілдетеді.

Әсіресе май - су үлгілі эмульсиялар кең қолданылады. Бұл эмульсиялардың тұрақтылығын жақсартуы үшін құрамына түрлі май эмульгаторы қосылады.

Кесу беттері, кескіш және жоңқа беттерінің түйіскен аймақтарында жоғары қысымдар (***40000 am***) болғанда-да МСС барлық контакт аймағына кіреді. Бұған себеб, контакт беттері жаппай емес және МСС қылтүтіктігіне байланысты қажетті жерлерге жетіп барады. Сонымен қатар кесу процесінде пайда болатын дірілде МСС ның таралыуына жағдай жасайды.

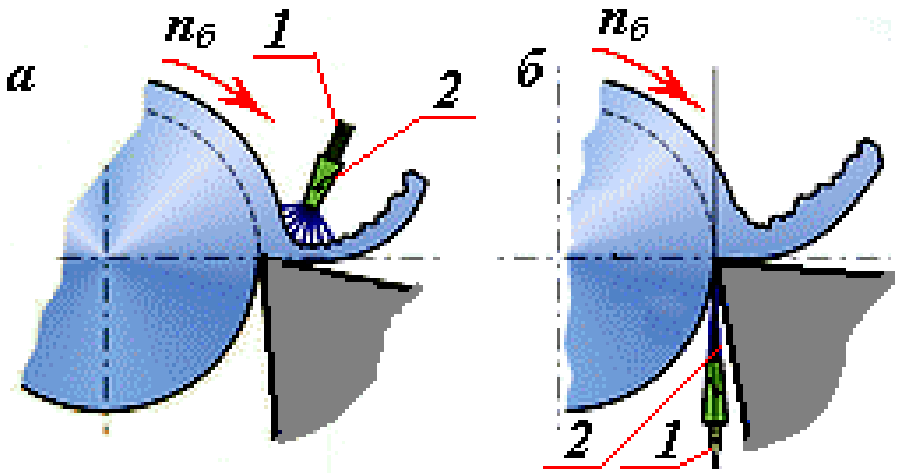
Майлаушы сұйықтықтарға минералды майлар, керосин, сонымен қатар өсімдік және мал майлары және олардың қоспалары жатады. Бұл сұйықтықтар металды сулау қасиетімен ерекшеленеді. Құрамында өңделінетін бетке актив қосымшалары мысалы, метал сабыны және басқа органикалық заттар, күкірт, фосфор, хлор және басқалар кіреді.

МСС таңдау типі технологиялық операцияның және өңделетін материалдың түріне байланысты болады. Негізгі ереже бойынша - алғашқы өңдеу үшін, қарқынды жылу бөлу кезінде салқындатушы МСС қолдану керек, ал ақтық өңдеу кезінде өңделген беттің төмен кедір-бұдырлығын алу керек болған кезде МСС қолданылады.

Кесу аймағына МСС жеткізудің бірнеше вариантын қарастырайық.

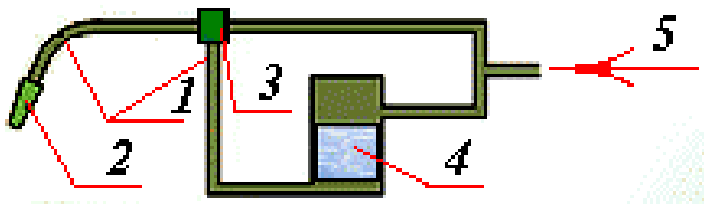
1. Кесу аймағына МСС еркін өз арынымен ағып түсуі (2.16, *а* - сурет). Төбесінен аққан МСС жоңқаға және құрал-сайманға - да

шығыны шамамен ***8 ÷ 12 л/мин*** құйылу керек. Әдіс қарапайым болғанымен, бірақ құрал-саймандыда, сондай – ақ кесу аймағында бір қалыпты салқындатпай, жан жаққа шашрап кетуінен сұйықтық шығыны өте үлкен.



2.17 – сурет. Кесу аймағына МСС ні келтіру тәсілдері:
а) судың өз арынмен; б) ағынша қосымша қысыммен.
1- шланг; 2- шүмек.

2. Кесу аумағына астынан немесе кескіштің артқы бет жағынан сұйықтық жоғары қысымды ағынша болып беріледі (2.16, *б* - сурет). Салқындату жүйесіндегі қысым ***20 ÷ 25 атм***. Сұйық ағыншасы кесу беті мен артқы беттің арасындағы аймаққа түседі. Әдіс күрделі, мұнда арнайы жабдық және ағыншаны тура бағыттау қажет. Автоматтандырылған жабдықтарда, жабық кесу аймағында қолданылады.



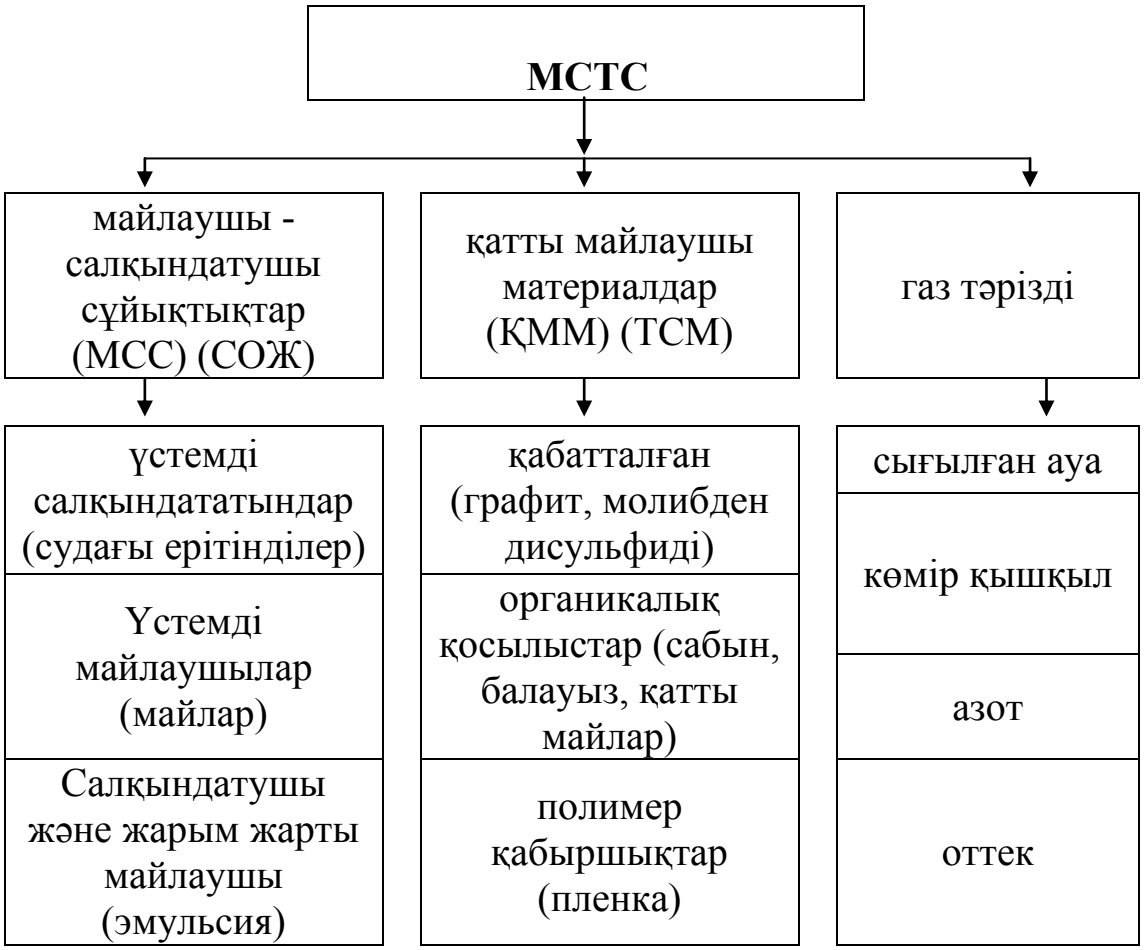
2.17 - сурет Суды тозаңдатылған күйде себу құрылғысы:
1- шланг; 2- шүмек; 3- ауа сорғыш; 4- эмульсия толтырылған бак; 5 – сығылған ауа.

3. Тозаңдатылған сұйықты салқындату. Араластырғышқа ***3 атм*** қысыммен ауа және МСС беріледі, араластырылған тұман түріндегі қоспа шүмектен шығады (2.17 - сурет). Бұл әдіс жылу МСС тамшыларының буланuынан жылу тез таралып, кесу аймағын бақылауға бөгет жасамайды. Шығыны көп емес май ***0,5 ÷ 3 г/сағ***, ал эмульсия ***200 ÷ 400г/сағ*** болып, өте тиімді деп есептелінеді. Кемшіліктеріне цех атмосферасының ластануы, құрылғыдағы жұмыс кезіндегі шу болып саналады. Бұл әдісті әмбебап білдектерде қолданыуға болмайды.

Жалпы машинажасау саласының барлық өнеркәсіптерінде қолданылатыны: майлаушы - салқындатушы технологиялық сұйықтықтардың (МСТС) деп жүргізіліп, келесідей жіктеледі:

МСТС қолдау келесі мүмкіндіктерін береді:

- кесетін аспап тұрақтылығын 1,2 ÷ 4,0 есе көбейтеді;
- кесу тәртіптерін 20÷ 60 % жылдамдатады;
- өңдеу өнімділігін жоғарылатады;
- қуат шығымдарын кемейтеді.



МСС қолдану кезінде келесі оң нәтижелер бақыланады:

1. Құрастырыушы кесу күштері және өңделген беттің кедір-бұдырлығы төмендейді. Бұл май қабыршығының үйкеліс коэффицентін тез төмендетуімен байланысты. Мысалға МСС қолданбаған кезде $K_W = 1$, ал қолдану кезінде $K_W = 0,9 \div 0,75$.

2. МСС кесу температурасын 20% - ға дейін төмендетеді, құрал-сайманның тұрақтылығын жоғарылатады, немесе сол тұрақтылықта кесу жылдамдығын жоғарылатуы мүмкін. Бұл әсіресе салқындатушы МСС қолдану кезінде ерекше байқалады. МСС - ның тиімділігі немесе пайдасы қатты қорытпалы өңдеуге қарағанда тез кесуші құрал-саймандарды өңдеу кезінде жоғары болады. Себебі қатты қорытпаның термоциклдің тез өзгеруін нашар қабылдайды.

МСС өңделінген бет тазалығына және аспаптың тұрақтылығына маңызды әсер етуші дірілдің азаюына ықпал жасайды.

2.7. Металдарды кесуі кезінде пайда болатын діріл. Білдек - жабдық - аспап - бөлшек

Діріл машина жасау саласында болымсыз құбылыстардың бірі болып зерттеледі. Негізінде діріл машина жасау технологиясы пәнінде кеңінен айқындалып, жүйенің икемділігі шарттарында қарастырылады [14,17,32]. Кесу теориясында, кесу тәртіптерін дұрыс тағайындау үшін, кесу процесінде пайда болатын температураны, кесу күштерін, сондай – ақ өңделінген бет сапасын зерттеуде бұл құбылысты ескере отырыуымыз қажет.

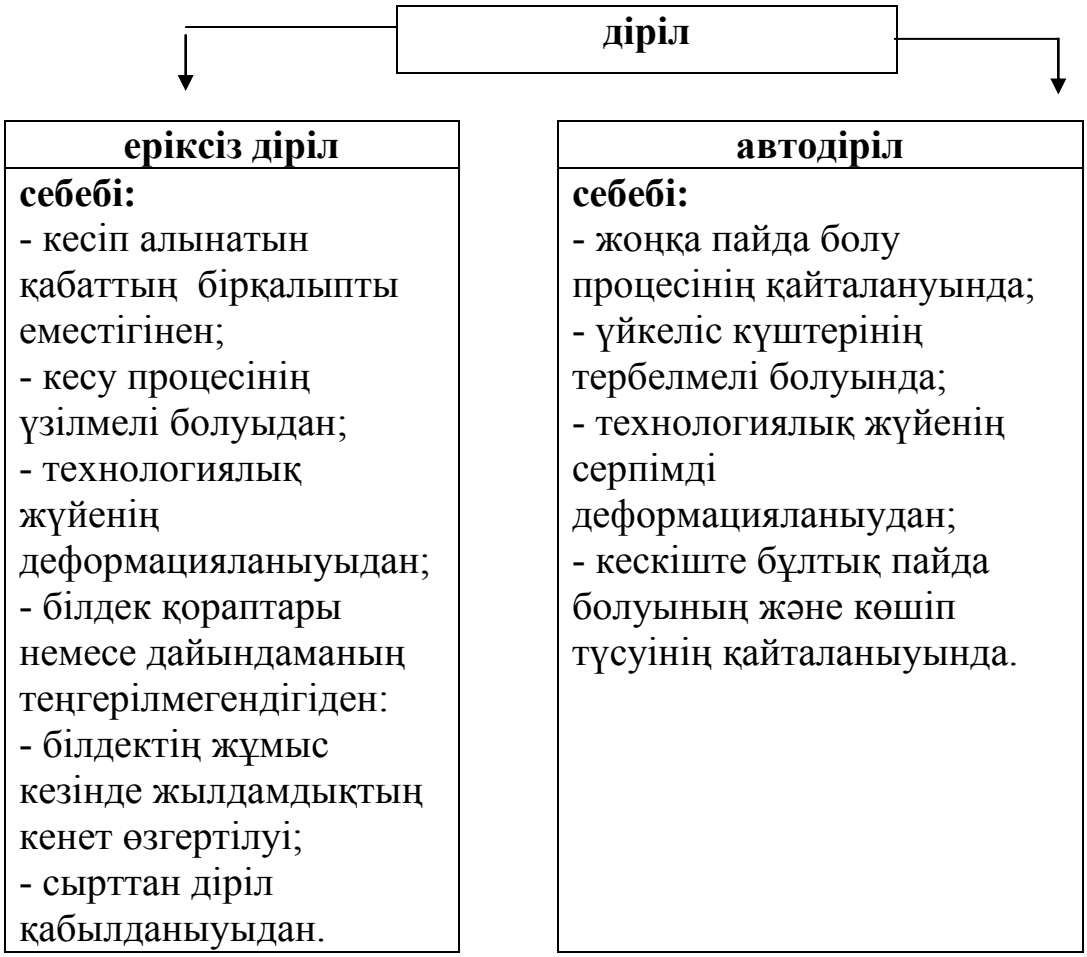
Бөлшекті өңдеу кезінде кесу аймағында, пайда болатын процесінде динамикалық жүктеме кескіштен, өңделініп жатқан бөлшек арқылы жабдыққа және білдекке таралады. Бұл жүйе тұйықталған болып: білдек - жабдық - аспап – бөлшек (БЖАБ) жүйесі деп аталады. Кесіп өңдеуде параметрліріде сол БЖАБ жүйесіне негізделіп зерттеледі.

Кесіп өңдеудегі қоздырушы күштерден пайда болған еріксіз діріл және авто**дірілге** бөлінеді.

Еріксіз діріл білдек тораптарының бөлшектері және өңделіп жатқан дайындама теңгерілмегені, сондай – ақ айнымалы әдіптерден туындайды. Авто**діріл** кесу күшінің өзгерісіне, өңделініп жатқан материал механикалық қасиеттеріне, кесу тәртіптеріне, бұлтық пайда болыуына, сондай – ақ үйкеліс күштерімен кескіш геометриясына тәуелді болады. Мысалға, кесу жылдамдығы өсіуімен діріл көбейіп,

соң төмендейді. Кесу тереңдігі өсіуі дірілді қарқындатады. Сонымен қатар кескіш маңдай бұрышының кеңейуімен діріл көбейеді.

Заманауи технологиялық құрал жабдықтар дірілге қарсы сезімтал бергіштермен жабдықталған, соның үшін бұл құбылысты терең зерттеудің қажеттігі қазіргі күнде жоқ болып тұр. Сонда – да олардың кіріп шығу себебтерін біліп, дірілдің болмауын алдыннан қамтамасыз еткен жөн.



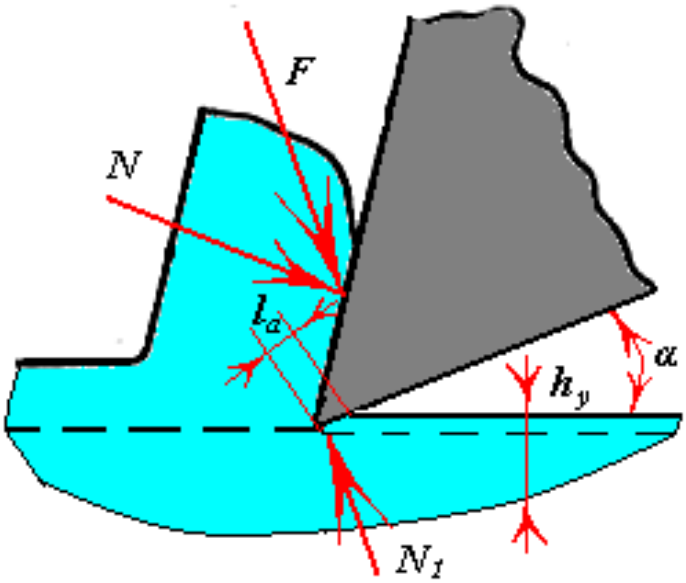
Тарау III

ЖОНУ ПРОЦЕСІНДЕ КЕСУГЕ КЕДЕРГІ КҮШТЕР

3.1. Кескішке әсер ететін күштер

Кесу күші тек қана станоктың жұмысы үшін қажетті қуатты білу үшін емес, сонымен қатар кесу температурасы, өңделінген бет сапасы және кескіш тұрақтылығына тікелей ықпал жасайтын параметр болып келеді. Сондықтан, білдектер, аспаптарды дұрыс конструкциялауда және прогрессшіл кесу тәртіптерінде жұмысты тиімді ұйымдастыру үшін кесу күштерінің өзгеру заңдылықтарын терең зерттеуі қажет.

3.1 - суретте горизонтальдық бағытта қозғалушы кескіш өңделініп жатқан материалдан белгілі жуандықтағы металл қабатын еркін кесіп алып жатқаны айқын көрсетілген.



3.1 - сурет. Кескішке әсер ететін күштер

Кесіп алынып жатқан қабат кескіштің алдыңғы бетіне нормаль N күшпен әсер етеді [11,33]. Кесіліп жатқан жоңқа кескіштің алдыңғы бетінен жылжып үйкеліс күшін $F = \mu \cdot N$ туындатады. Мұндағы μ — кескіш бетіндегі үйкеліс коэффициентінің орта мәні. Сол уақыттың өзінде кескіштің артқы бетінде серпімді, беттің қайта орнына қалыптасуына N_1 күші әсер етеді. Бұл күш кескіш бетін кесіп өткенен соң, деформацияланыуынан, жаңа пайда болған, өңделінген бет өз қалпына келу әрекетінен туындайтын — серпімді күш. Орнына

қалыптасу күші $N_1 = \mu_1 \cdot N_1$, мұндағы μ_1 — кескіш артқы бетіндегі үйкеліс коэффициентінің орта мәні. Кесіп өңдеу процестерінің кесу тереңдігі $t > 0{,}1$ *мм* мәндерінде орнына қалыптасу N_1 күшінің әсері мүлдем байқалмайды. Кескіштің кесу процесінде алдыңғы бетте әсер ететін ($\mu \cdot N$) күштен, артқы бетіне әсер ететін ($\mu_1 \cdot N_1$,) күштен бір неше есе көп болғандықтан, зерттеулерде кескіштің алдыңғы бетіндегі нормаль N күші — ***кесу күші*** деп қарастырылады.

Кесу күші келесідегідей шығындалады:

1. Кесіп алынатын қабат және өңделінген бет серпімді деформациясына – P_c.
2. Кесіп алынатын қабат және өңделінген бет пластикалық деформациясына – $P_{пл}$.
3. Кескіш алдыңғы бетімен жоңқа арасында, сонымен кескіш артқы бетімен өңделінген беттер арасындағы үйкеліс күштеріне– P_y.
4. Өңделініп жатқан материалдан жоңқаны жұлып алуға (диспергирлеу) – $P_Д$.

Әрбір құрастырушы күштерінің мәнін дәл анықтау өте күрделі, көп сатылы теориялық және тәжірибелік зерттеулерді талап етеді. Соның үшін кесу теориясының негіздері ғылымында кесу күштерін құрастырушы күштер ретінде қарастырады [3,4,7,8,10,11,33].

3.2. Кесуге кедергі жасайтын күш. P_x, P_y, P_z күштерінің аспапқа, дайындамаға және станокқа әсері

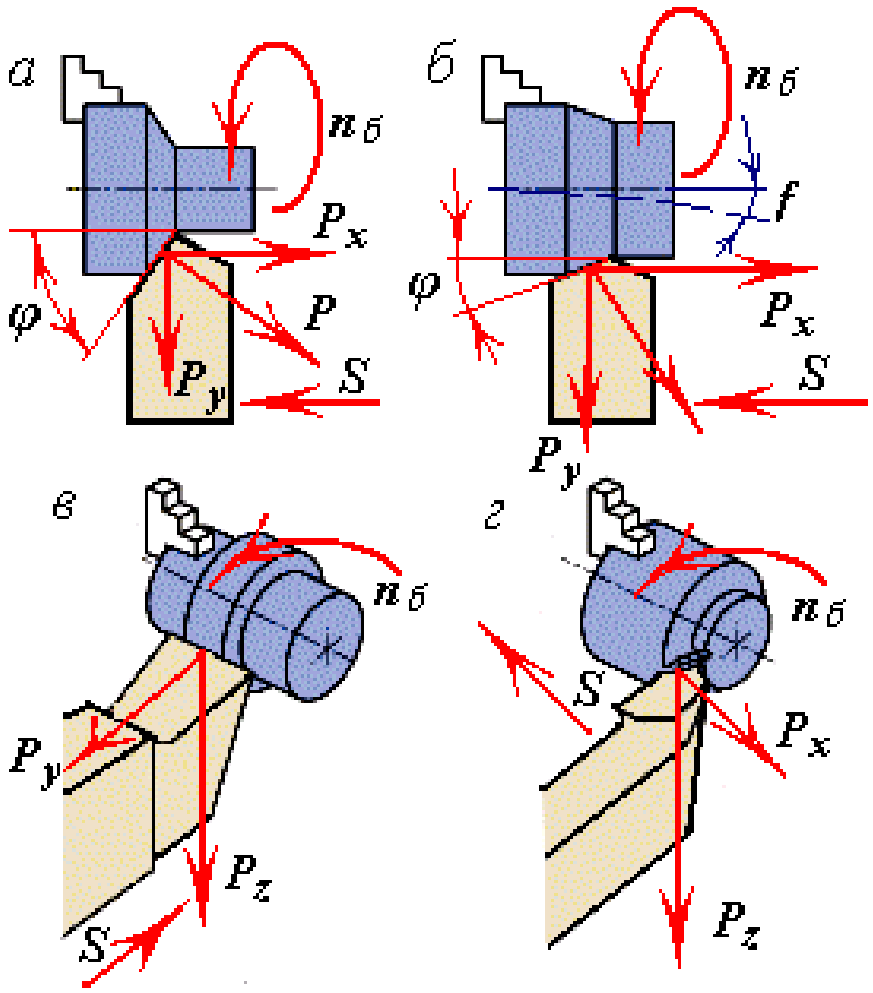
Құрастырушы күштердің бағыты. Кесу күштеріні практикалық зерттеуде, оларды құрастырушы күштер ретінде қарайды (3.2 - сурет).

P_z - жанама - негізгі және ең үлкен күш, негізгі жұмысшы қозғалыс траекториялары бағытында жұмыс істейді, сондықтан кесу процесіне қажетті қуатпен бұраушы моменті анықтаушы күш болып келеді.

P_x – остік немесе беріліс күші, беріліс бағытында жұмыс істейді. Станок беріліс механизміндегі бағыттаушы бөлшектердегі үйкеліс күштерімен бірге P_x күшін жеңіп отыру керек.

P_y - радиал күш, өңделініп жатқан бетке нормал бағытталған, технологиялық процесте маңызы үлкен. Бұл күш бөлшекті майыстыруға және кескішті бөлшектен итеріп қалуға ұмтылады, ол дірілге жағдай жасайды және маңызды дәрежеде дәлдікке және өңделінген бет сапасына әсер етеді.

Сурет 3.2 назар аударып құрастырушы күштерді талдап шығыуымызға болады.



3.2 – сурет. Кесу құрастырушы күштер бағыттары:
а) $\varphi = 60°$; $P_x > P_y$; б) $\varphi = 10°$; $P_x < P_y$; в) $P_x = 0$; г) $P_y = 0$.

$\boldsymbol{P_y}$ **–** кескіштің шыңын өңделіп жатқан дайындаманың дәл осынен дұрыстап қоймасақ, кесу процесіне қарсы жұмыс істеуді бастайды. Егер кескіштің шыңы дайындаманың осынен төменде орналаса, кесу процесінде кескішті дайындама өзі жаққа қарап тартыуды бастайды. Бұл күштің таңбасы (- $\boldsymbol{P_y}$), болып уақыт өте бара күшейіп барып, кескіштің қыйрауына алып келеді.

Кескіштің шыңы дайындаманың осынен жоғарыда орналаса, дайындама кескішті кері итеруді бастайды. Бұл күшті қауіпті деуге болмайды, бірақ кескіштің артқы бетін дайындама мүжіп, істен шығарады.

$\boldsymbol{P_z}$ – кесіп алынатын қабатты алдымен бір лездік уақытқа тоқтатыуға тырысып, оны кері бағытқа қайырып жеберітін күш болып келеді. Соның үшін есептерде көбінесе $\boldsymbol{P_z}$ күшінің мәндері

пайдаланылып келінеді.

P_z, P_x, P_y күштер бағыты сияқты, шамасыда бірдей емес және бұл күштердің қатынасы өңделетін материалға, берілістің кесу тереңдігіне қатынасы, кескіштің геометриялық бұрыш шамаларына да тәуелді.

$$\frac{P_X}{P_Y} = tg(\varphi - \eta_{XY}).$$

Өрнектегі φ бұрышының мәні көбейумен P_x күші өседі, ал P_y күші төмендейді және $\varphi = 90^0$ болғанда, $P_x = P_{x\,max}$, ал $P_y = P_{y\,min}$. Кесу процесінің кей жағдайларында, $t / S > 10$ болғанда, $\varphi = 45^0$, $P_x : P_y : P_z = (0{,}2...0{,}3) : (0{,}4...0{,}5) : 1$ мәндермен өрнектелу дәлелденген [10].

Тең әсер етуші кесу күші мынадай теңдеумен анықталады

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \qquad (3.1)$$

Кесу күштеріні құрастырушыларын келесі өрнектермен анықтауға болады [33]:

$$P_z = N_{yz} \bullet \cos\lambda + F_Y \bullet \sin\lambda + F_1 \qquad (3.2)$$

$$N_{yz} = F_N \bullet \sin\gamma + N \bullet \cos\gamma \qquad (3.3)$$

$$F_N = F \bullet \cos\eta \qquad (3.4)$$

$$F_Y = F \bullet \sin\eta \qquad (3.5)$$

Өрнек 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 өз орындарына қойыуымен P_z құрастырушысыны анықтаймыз

$$P_z = (F \bullet \cos\eta \sin\gamma + N \bullet \cos\gamma) \bullet \cos\lambda + F \bullet \sin\eta \sin\lambda + F_1 \qquad (3.6)$$

Пайдаланылған өрнектермен P_x және P_y анықтайтын теңдеулер шығарамыз:

$$P_y = N_{yz} \sin\lambda - F_Y \cos\lambda =$$
$$= (F \bullet \cos\eta \sin\gamma + N \bullet \cos\gamma) \bullet \sin\lambda + F \bullet \sin\eta \sin\lambda$$

$$P_y = N_{yz} \sin\lambda - F_Y \cos\lambda =$$
$$= (F \bullet \cos\eta \sin\gamma + N \bullet \cos\gamma) \bullet \sin\lambda + F \bullet \sin\eta \sin\lambda$$

3.3. Кесу процесіне жұмсалатын қуат

Кесу процесіне жұмсалатын қуатты анықтау үшін, қарсыласатын әрбір күш P_z, P_x, P_y ге кететін қуаттарды қосу қажет

$$N_{кес} = N_{Pz} + N_{Py} + N_{Px} \qquad (3.7)$$

Қуат секунтта өлшенетінін ескерсек, онда 3.10 шы теңдеуге қажетті коэффициенттер енгіземіз.

Мұнда минутты секунтқа - 60, миллиметрді метрге – 1000, кГм/сек – киловатқа – 102.

$$N_{кес} = \frac{P_z \bullet v}{60 \bullet 102} + \frac{P_y \bullet v_y}{60 \bullet 102} + \frac{P_x \bullet sn}{60 \bullet 102 \bullet 1000}\ , кВт \qquad (3.8)$$

Абцисса осіне пареллель кесу кезінде, егер γ мәндері талап денгейінде болса, P_y бағыты бойынша еш қандай қозғалыстар байқалмайды, демек $v_y = 0$, сондықтан екінші қосынды да нольге тең болады. Үшінші қосынды кесу берілісіне әсері шамалы (1-2 % Pz мен салыстырғанда) болған соң оны есепке алмасақта болады.

$$N_{кес} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102}, кВт \qquad (3.9)$$

мұнда

P_z, *кГ* — тәжірибелік жолмен немесе әдебиеттер тізіміндегі № 34 - әдебиетте машинажасау технологтарына арналған анықтамадан кесу түріне қарап таңдап алуға болады. P_z – айналу күші немесе кесу күшінің негізгі құраушысы екенін ескерсек, кесуде шығындалатын айналу моментін есептеуге де болады

$$M = \frac{P_Z D}{2000}\ , кГ/м \qquad (3.10)$$

V, м/мин — кесу процессі жүргізілетін білдектің айналдырығын айналу тор сызығыдан таңдап алынып II тараудағы 2.1 теңдеумен шығарыуға болады.

Кесу процесіндегі қуатты анықтап болған соң қажетті білдекті таңдауымыз керек. Мұнда білдектің ПӘК -ін ескеріп электроқозғалтқыш талап етілетін қуатты анықтауға болады

$$N_{эл} = \frac{N_{кес}}{\eta}\ , кВт \qquad (3.11)$$

Өңдеу процесін қамту үшін $N_{эл} \geq N_{кес}$ теңдік орындалуы қажет. Лездік кесу процестерінде электроқозғалтқыш 25% ға көп тиеледі. Сондықтан практикада $1{,}25N_{эл} \geq N_{кес}$ болғаны жөн.

Қорыта айтқанда әдебиеттердегі мағлуматтарға незізделіп [34,35,36,37,38,39] кесу процесінде, жаңа өңделінген бет түзелуіне 10 ÷ 20%, ал қалған күш кесіп алынатын қабатты деформациялауға шығындалады.

3.4. Жону процесінде P_x, P_y, P_z күштеріне әртүрлі факторлардың ықпалын жасау

Кесу процесін зерттеуде теориялық, фундаментальды шешімдер емес қолданбалы және жоғары дәлдікті теңдеулер қажет. Себебі өндіріс орындары жаңа техника және озық технологиялармен жабдықталып келінеді. Қазірде ғылым саласы дайын алгоритді модульдар тәжірибе жүргізуге арналған көп мақсатты қондырғыларды талап етіп отыр. Соның үшін кесу күштерін зерттеуде қазіргі күндеде тәжірибелік жолмен анықталуы басым.

Кесу күшінің тәуелділіктерін құруы үшін, негізгі ереже сияқты, бір факторлы тәжірибе қолданылады. Мұнда тек қана кесу процесінің зерттелетін факторы түрлендіріледі, ал қалған барлық факторлар тәжірибе уақытында тұрақты қалдырылады.

Металдардың өңдеуде кесу құрастырушы P_z, P_x, P_y күштерін өлшеу (біреуін, екеуін немесе бір уақытта үшеуін) үшін электрлік көрсеткіштердің (датчиктер) негізінде жұмыс істейтін, арнайы құралдар — динамометрлер қолданылады.

Бір уақытта кесу құрастырушы күштерінің үшеуін өлшейтін, үш компонентті, тензоөлшеуішті УДМ – 600 үлгілі динамометр кеңінен қолданылады. Динамометр кесіп өңдеуге арналған кез келген білдектерге орнатыуға икемделген.

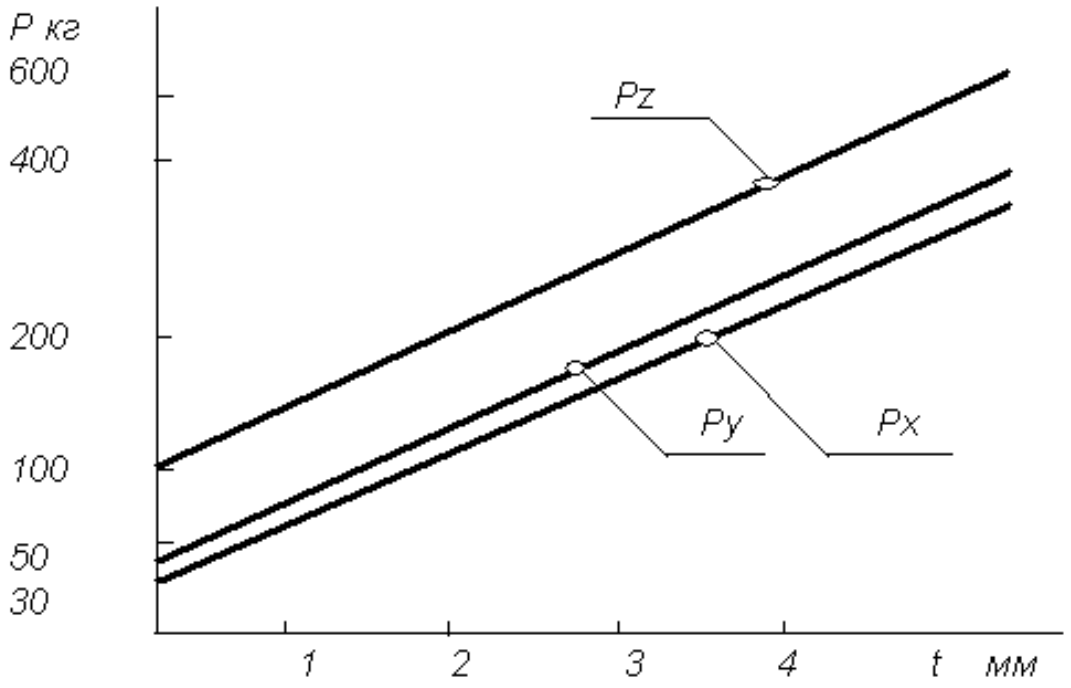
Қолданудың алдында кез келген динамометр баламаланады, мұнда ол эталондық динамометр арқылы белгілі мөлшерде жүйелі көбеюші, ал содан соң кемейуші жүкке тиеледі. Кесу күштеріні өлшеуге арналған жүйелерді баламалау ДОСМ-3 М үлгілі динамометрі көмегімен өзара перпендикуляр үш бағытта өткізіліп, баламалау графиктері салынады.

Құрастырушы кесу күштерінің мәндерін әдебиеттердегі мағлуматтарға негізделіп токарлық кесіп өңдеу процесіндегі тәуелділік графиктерін саламыз [4,6,7,11,18,33]. Тәуелділік графиктерін талдап:

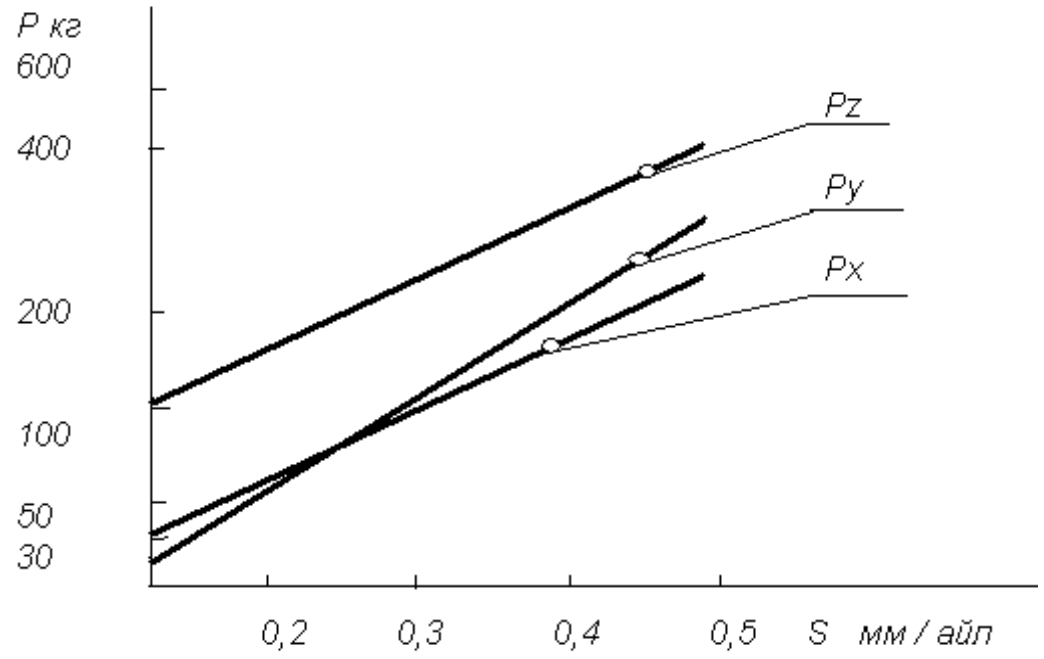
— кесу тереңдігінің мәндері өсумен құрастырушы кесу күштері бір қалыпты көбейеді (3.3 - сурет);

— кесу берісінің мәндеріне құрастырушы кесу күштері тікелей байланысты. Кесу тереңдігіне қарағанда кесу берісінің өсуінде күштер қарқындайды (3.4- сурет);

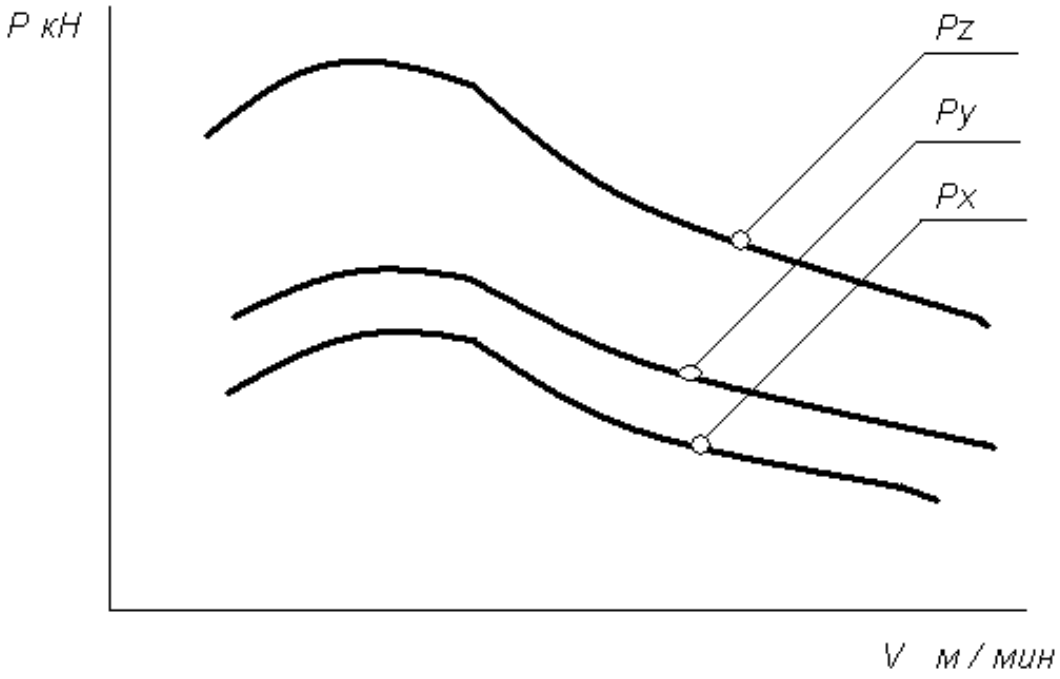
— кесу жылдамдығы кесу күштеріне ерекше әсер етеді. Жылдамдықты арттырып кесу күштерін төмендету мүмкін (3.5 - сурет);



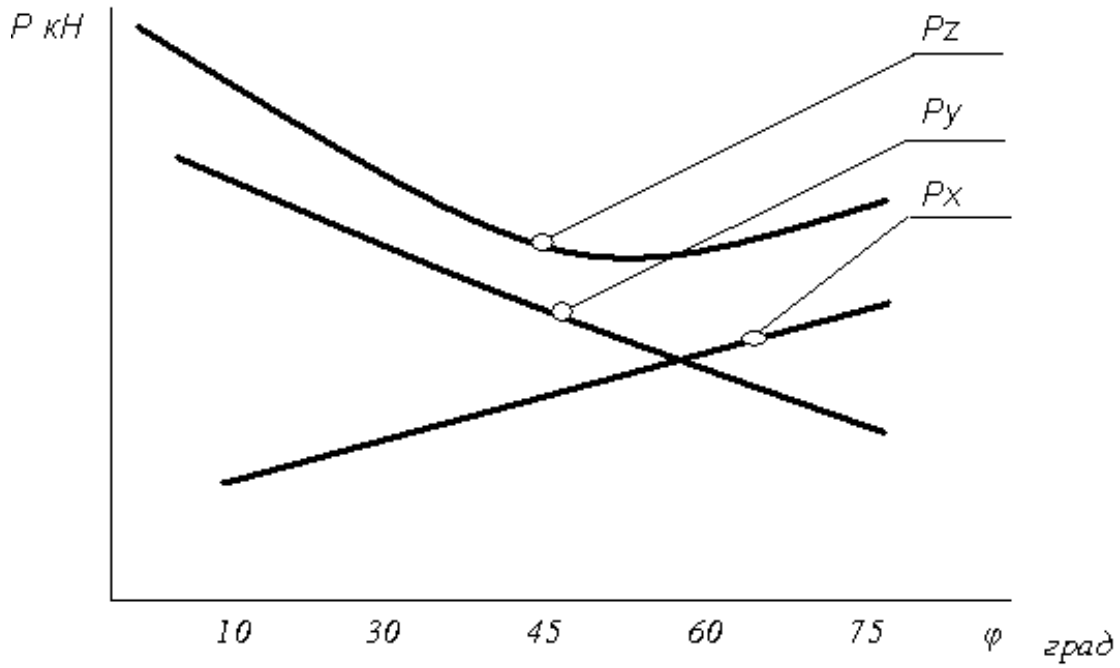
3.3 - сурет. Кесу күштерінің кесу тереңдігіне тәуелділік графигі



3.4 - сурет. Кесу күштерінің кесу берісіне тәуелділік графигі



3.5 - сурет. Кесу күштерінің кесу жылдамдығына тәуелділік графигі



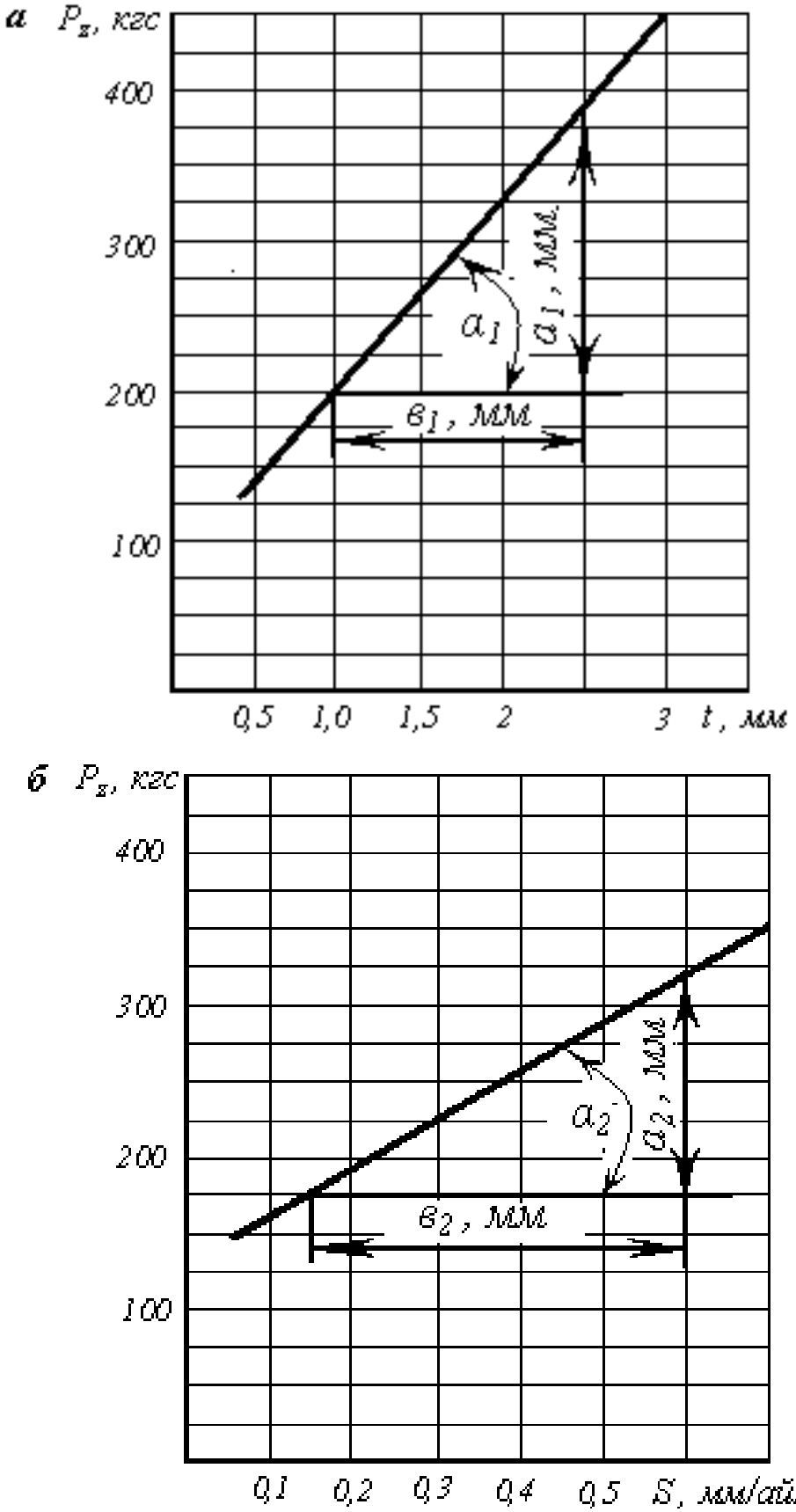
3.6 - сурет. Кесу күштерінің кескіш негізгі маңдайша бұрышына тәуелділік графигі

— кесу күштеріне кескіш негізгі маңдайша бұрышының тиімді мәндері $\varphi = 45 \div 60^{o}$ екені 3.6 - суреттен айқын көрініп тұр.

3.5. Жону процесінде P_x, P_y, P_z күштерін есептеуіне арналған теңдеулер

Машинажасау технологтарына арналған анықтамаларда [34] өндіріс орындарында пайдаланатын кесу құрастырушы күштерінің кесу тереңдігіне және берілістеріне тәуелділіктерін талдап қорытылған мәндері келесі теңдеулермен анықталады:

$$\left.\begin{aligned} P_x &= C_{Px} \bullet t_{Px}^{x} \bullet S_{Px}^{x} \\ P_y &= C_{Px} \bullet t_{Py}^{x} \bullet S_{Py}^{x} \\ P_z &= C_{Px} \bullet t_{Pz}^{x} \bullet S_{Pz}^{x} \end{aligned}\right\} \qquad (3.12)$$



3.7 – сурет. Құрастырушы P_z күшінің тәуелділік графиктері:
а) $P_z = f(t)$ б) $P_z = f(S)$

Кесу күшін тәжірибелік жолмен анықтаудан мақсат, келесі теңдеуді келтіріп шығару:

3.7 – суреттегі графиктерден

$$\left.\begin{aligned} x_{Pz} = tg\alpha_1 = \frac{a_1}{b_1} \\ x_{Pz} = tg\alpha_1 = \frac{a_2}{b_2} \end{aligned}\right\} \qquad (3.13)$$

3.13 теңдеуден

$$C_{Pz} = \frac{P_z}{t_{Pz}^{x} \bullet S_{Pz}^{y}} \qquad (3.14)$$

Қорыта айтқанда анықтамалардан пайдаланып кесу күштерін анықтағанда - да, күштерді есептеудегі қажетті коэффициенттер, тұрақты сандарды анықтау үшін эксперименттік тәжірибелер жүргізу қажет.

Кесу процесіндегі кескіштің оңтайлы бұрыштар шамасын анықтау

Кесу процесіне әсер ететін факторлардың біразын қарастырып кескіштің геометриялық парамертлерін дұрыс таңдау немесе есептеу деген шешімге келеміз. Кескіштің артқы бұрышы α_c оңтайлы шамасы өңделетін материалдың беріктігі мен қаттылығына тәуелділігі шамалы, ал материалдың серпімді қасиетіне тікелей тәуелді болады.

Кескіш бетті кесіп өткеннен соң, деформацияланып өңделінген қабат h_y биіктікте өз қалпына келеді. Бұл жағдай кескіш артқы бетінде l_a түйісу ауданын туындатып үйкеліс күштерін пайда болуына алып келеді. Өңделетін материалдың серпімділік қасиеттері қаншалықты жақсы болса, соншалық h_y және l_a мәндері арта отырады. Бұл құбылыс кесу процесіндегі кескіштің алдыңғы беттегі қысым күштеріне қосымша, артқы беттегі үйкеліске үлкен жұмыс жұмсалуына алып келеді. Нәтижесінде кескіш артқы бетінде температура жоғарылап жылу көп шоғырланады, мұндан кескіш төзімділігі төмендейді. Соның үшін өңделетін материалдың

серпімділігінің артыуымен кескіштің артқы бұрыш мәндерін көп алу керек. Егер кесу процесінде кесу тереңдігі максимал мәндермен жүргізілсе кескіш алдыңғы беті қарқынды тозый бастайды, бұл жағдайда артқы бұрыш мәндерін көп алудың қажеті жоқ. Ақтық өңдеу процестерінде, яғни кесу тереңдігі минимал мәндерінде тозу кескіш артқы бет бойынша қарқындап түседі, бұл кездерде α_c бұрышының мәндерін мүмкін болғанша максимал алу қажет. Бұл тәуелділікті келесі өрнекпен баяндаса болады:

$$\sin \alpha_{опт} = \frac{C}{a_{max}^{0,3}}$$

мұнда $C = 0,11 \div 0,13$ болат және шойынды кесіп өңдеген кезде. Кескіштер үшін артқы бұрышты $\alpha = 6^0 \div 12^0$, аралығында, кіші мәндер алдын ала кесіп өңдеу операцияларында жұмсалатын кескіштер үшін, ал үлкендерін - ақтық операцияларында пайдаланған жөн. Қосалқы артқы бұрыш α_{c1}, негізгі артқы бұрыш α_c сияқты тура сол функцияны орындауын ескерсек, олардың шамалары бірдей болғаны дұрыс.

Негізгі кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_c кесу жуандығы a және ені $в$ мен тікелей байланысты екенін II - тарауда 2.2 – суретте, сонымен қатар I - тарауда 1.8 және 1.9 – суреттерінде, қарастырғанбыз. Дәлірек айтсақ, кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_c шамасының өзгеруі $в/a$ қатынасына әсер етеді, φ аз болған сайын, $в/a$ қатнасы мәндері өсіп барыуы кесу температурасын төмендетеді [11]. Кесу температурасының төмендеуі кескіш тұрақтылық мерзімін көбейуіне ықпал жасайды. 3.2, *б* - сурет сұлбасындағы басты φ бұрыштың төмендеуі, кесудің радиальді күшінің P_y ұлғаюына әкеледі, нәтижесінде өңделетін бөлшектің өз осіне салыстырмалы майысу f туындайды. Әдебиеттердегі мағлуматтарға сүйенсек майысу шамасы [12]:

$$f_{max} = \frac{P_Y \bullet l^3}{100 \bullet E \bullet J}$$

мұнда

E – серпімділік модулі;

J – полярлық, инерция моменті — $J = 0,05 \div D^4$.

Кескіш маңдай статикалық φ_c бұрышы мәндерін төмендету

шарттарының бірі — бөлшектің қатаңдығы болып табылып, l / D қатынасымен сипатталады:

— $l / D = 5$ дейін – қатаң бөлшектер;

— $l / D = 5 \div 10$ – орташа қатаң бөлшектер;

— $l / D > 10$ –қатаң емес бөлшектер.

Өндірістерде кеңінен қолданылатын кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_c ның орта мәні: $\varphi = 30^0 \div 90^0$. Қатаң емес бөлшектер $\varphi = 90^0$ да өңделінеді.

Көмекші кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_{c1} бұрышын мына аралықта таңдайды: $\varphi_{c1} = 5^0 \div 30^0$. Көмекші кескіш маңдай статикалық бұрышы φ_{c1} бұрышын ұлғайуынан P_y күші төмендейді, бірақ өңделінген бет кедір-бұдырлығы өседі.

Алдыңғы беттің еңкештік жұмысшы бұрышы $\lambda_{ж} = \div 10^0$ аралықта $\lambda_{ж}$ бұрышының өзгеруі кескіш тұрақтылық мерзіміне әсерін көрсетпейді [11]. Жұмысшы бұрыш $\lambda_{ж}$ шамасы жоңқа шығуының бағытына, сонымен қатар кесілетін қабат және кесу жүзі арасындағы алғашқы түйісуіне жағдай жасайды. Жоңқа шығу бұрышы η кескіш алдыңғы беті бойынша және негізгі жүзге нормаль жоңқа қозғалысының бағыты арасындағы бұрыш. Бұл бұрышты II - тарауда 2.27 - теңдеумен шешімін қарастырғанбыз. Егер бұл бұрыщты есептегенде дәлдігі $2^0 \div 3^0$ ті ауытқымен рұқсат етілсе, онда $\eta = \lambda$. деп қарастыруға болады.

Бойлық жонуда алдыңғы беттің еңкештік жұмысшы бұрышы $\lambda_{ж} > 0$ болғанда жоңқа η бұрышпен, өңделген бет таманға шығып, жаңа өңделінген бетті тырнап, оның сапасын төмендетіп, кедір-бұдырлығын өсіріп жатады. Ал алдыңғы беттің еңкештік жұмысшы бұрышы $\lambda_{ж} < 0$ болғанда жоңқа жұмысшы жаққа бағытталады, бұл техника қауіпсіздігіне кері амал.

Кесу процесі басталғанда $\lambda_{ж} < 0$ болғанда кескіш бірінші кесілетін қабатқа кескіш кесетін жүзінің шыңы 7 мен түйіседі ал $\lambda_{ж} > 0$ жағдайында негізгі жүзімен кесілетін қабатқа еніп кіреді (1.2 - сурет). Кескіштің кесетін жүзінің шыңына қарағанда негізгі жүзі қатаң, соны ескере отырып алдыңғы беттің еңкештік жұмысшы бұрышы $\lambda_{ж}$ былай тағайындалады:

$\lambda = \pm (3^0 \div 5^0)$ - жылдам кескіш материалдан жасалған құрал-саймандар үшін;

$\lambda = + (3^0 \div 5^0)$ - соққысыз жұмыс шартындаға қатты қорытпа үшін;

$\lambda = + (10^0 \div 15^0)$ – бір тұтас емес үзік – үзік денелерді кесіп өңдеуде қолданылатын қатты қорытпалар үшін.

Металдардың өңделімділігі және оның анықталу әдістері

Машинажасау саласында кез келген машина, агрегат және механизмдерді жобалаудан алдын, оны жасайтын материалдарды таңдап алуды ұсынылады. Себебі белгілі жұмысты орындайтын машина, агрегат және механизмдердің бөлшектері қоршаған ортаға, берілетін қысым күштеріне жәнеде басқа факторларға төтеп беру қажет. Бұл жағдайларды ескеріп өте қатаң немесе берік материалдарды таңдай беруге болмайды. Мұнда материалдың бағасыдан басқа, оны жасауға шығындалған өздік құнында есепке алу керек.

Машина жасау технологиясында материалдың өңделімділігі деген ұғым қолданылады. Бұл ұғым сәйкес материал қаншалықты жеңіл немесе қиын өңденілу және технологиялық мүмкіншіліктері қарастырылады. Технологиялық мүмкіншіліктеріне, рұқсат етілген кесу жылдамдығы, пайда болатын кесу күштері және жоңқа түрі, сонымен қатар өңделінілген бет сапасы, яғни бет кедір – бұдырлығын жатқызуға болады.

Өңделімділік барлық конструкциялық материалдардың өзекті технологиялық қасиеті болып саналады. Материалдардан кеңінен қолданылатын болатты өңдеуге ықпал ететін факторларға мән берейік:

1. Болаттың химиялық құрамы, сондай - ақ оның беріктігі және қаттылығы.

2. Термиялық өңдеуден кейін түзілетін болаттың құрылымы.

3. Өңделетін материалдың жылуөткізгіштігі.

4. Материалдың металлургиялық түзілуі, дайындау әдісі немесе илемделіліуі.

Технологиялық операциялар, яғни жонып, бұрғылап, фрезерлеп және т.б. өңдеу әдістеріне байланысты материалдардың өңделімділік коэффиценттері бір-бірінен ерекшеленеді.

Ферритті болаттар үшін өңделімділікке басым әсер ететін элементтер көміртек және кремний, келесілері хром, вольфрам, ванадий және молибден, сондай – ақ шамалы әсер көрсететін компаненттер марганец және никель болып есептеледі. Аустенитті және хром никельді болаттар үшін өңделімділікке басым әсер ететін элементтер көміртек, алюминий, титан және кремний, келесілері молибден, кобальт, марганец, хром және вольфрам, онша әсер етпейтіндер никель, ниобий, ванадий компанентері болып келеді.

Болат жақсы өңделу үшін құрамында 0,2 ÷ 0,3 % көміртегі болу керек. Құрамында көміртек мөлшері көбейумен өңделімділік мүлдем төмендейді, сондықтан құрал-сайманды болаттар қиын өңделеді. Күкірт және фосфор болаттың эксплуатациялық қасиетінің нашарлауына әкелуі белгілі, бірақ өңделімділікті жақсартады. Соның үшін құрамында 0,3 ÷ 0,4 % дейін күкірт және 0,15 дейін фосфоры бар автоматты болаттар, көміртекті болаттарға қарағанда 1,5 ÷ 2 есе жоғары жылдамдықпен өңделінеді.

Химиялық құрамын өзгерткенде, сондай – ақ термиялық өңдеу кезінде де болаттың беріктігі және қаттылығы өзгереді. Бұл өзгерісті ескере отырып, кесу жылдамдығын есептеу кезінде түзету коэффициентер қолданылады. Термиялық өңдеу болаттың микроқұрылымын өзгертеді. Ең жақсы өңделімділікке перлит ие, өте төмен өңделімділікке сорбит, тростит және мартенсит жатады. Легірлеуші болатты түзейтін күрделі карбидтер нәтижесінде өңделімділік нашарланады.

Өңделетін материалдың жылу өткізгіштігі қаншалық жоғары болса, кесу процесінде пайда болған температура кесу аймағынан жоңқаға және өңделініп жатқан бөлшек денесіне тез арада таралып тұрады, бұл өз кезінде өңделімділікті жақсартады.

Құрамында айтарлықтай күкірт және фосфор бар конверторлы кем көміртекті болаттар, мартен және электр пештерінде қорытылатын болаттарға қарағанда жақсы өңделеді. Ыстық және суық илемделген болаттардың салыстырмалы өңделімділігі құрамындағы көміртекке байланысты болады.

Кесу жылдамдығына өңделімділікке әсер ететін K_0 коэффицентімен ескеріліп, кесу жылдамдығын түзетулер енгізіледі. Көміртекті және конструкциялық болаттарды өңдеу кезінде, эталон ретінде беріктік шегі $\sigma_в = 75$ кгс/мм^2 көміртекті болат алынады, шойынды өңдеу кезіндегі эталондар - қаттылығы ***НВ190*** болған сұр шойын және қаттылығы ***НВ150*** болған қақталған шойын болып келеді.

Тарау IV

МЕТАЛДАРДЫҢ КЕСУ ПРОЦЕСІНДЕ КЕСУ ЖЫЛУЫ ЖӘНЕ КЕСКІШТЕРДІҢ ТОЗЫУЫ

4.1. Кесу жылуының көзі және оның таралыуы

4.1.1. Жоңқа және кескіштің температура өрісі

Жылу құбылысының кесу барысында практикалық маңызы үлкен, өйткені өңдеу кезінде пайда болатын жылу, өңделінген бет күй-жағдайына ықпалын жасайды, сондай-ақ өңдеу дәлдігіне, кесетін аспаптың тозуға төтеп беруіне әсер етеді

Өңдеу уақытында кескіштің дайындамамен түйіскен беттері ең үлкен жүкке тиелген беті болып, жоғары қызуға ұшырайды. Кесу процесінде жылу мөлшері [29,30].

$$Q = \frac{A_p}{E} = \frac{P_z \bullet V}{E} \quad \text{, ккал/мин} \qquad (4.1)$$

мұнда: E – жылулықтың механикалық эквиваленті – 427 кГк. к/мкал.

Кесу процесінде шығындалатын жалпы E энергияның 99,5% дан көбі жылуға өтетіні тәжірибелермен орнатылған [29,30]. Әдебиеттердегі мағлұматтарға негізделіп кесу процесінде түзілетін жылудың мөлшерін келесі түрде өрнектеуге болады:

$$Q = Q_Д + Q_{алд.үж} + Q_{арт.үж} \qquad (4.1)$$

мұндағы: $Q_Д$, $Q_{алд.үж}$, $Q_{арт.үж}$ - деформациялық, алдыңғы және артқы беттердің үйкеліс жылулары.

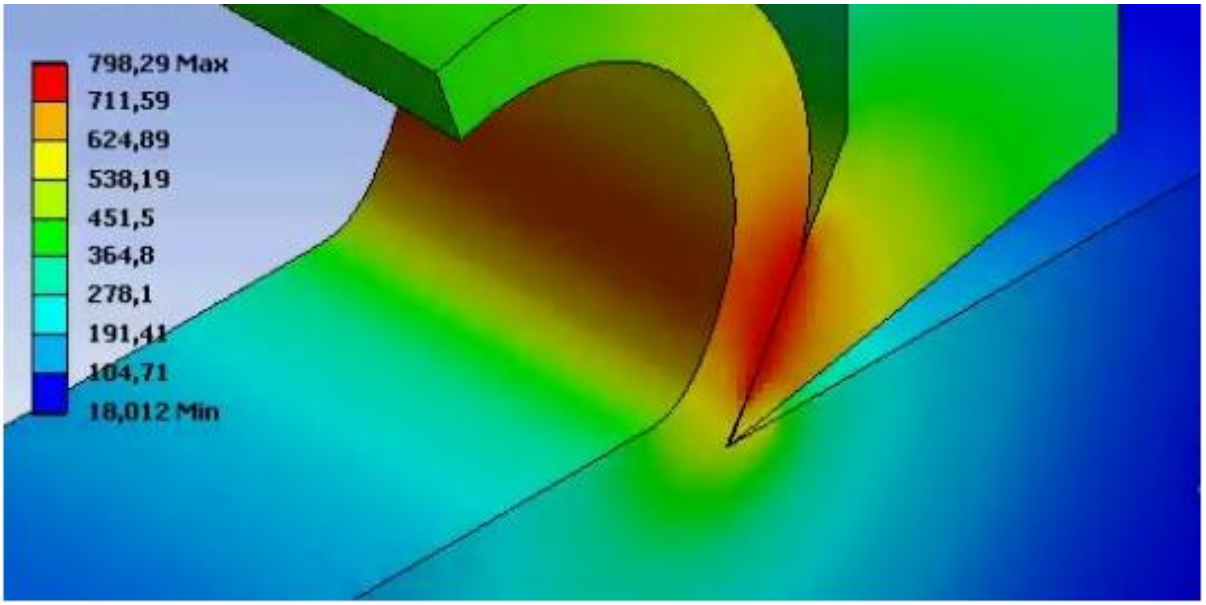
Кесу процесінде пайда болған жылу едәуір суық аймақтарда жоңқа, бөлшек және құрал-сайман арасында бөлініп таралады:

$$Q = Q_ж + Q_{бөл} + Q_к \qquad (4.2)$$

Егер арнайы салқындатушы жабдықтар қолданбаса жылудың өте аз бөлігі қоршаған ортаға тарайды. Осы екі 4.1, 4.2 өрнектер кесу процесіндегі жылу таралыуын теңгеріліуін қамтамасыз етеді. Мұнда жоңқаның орташа жылуы:

$$Q_{ж} = \tau \cdot \varepsilon / E \cdot c \qquad (4.3)$$

τ – жанама кернеу, ***кГк/мм***; ε – салыстырмалы ығысу; c – меншікті жылусыйымдылық.



4.1 – сурет. Кесу аймағынан жылудың таралуы

Бұл құбылыс 4.1 - суретте анық айқындалған [40]. Бөлшектің кесу процесі басталмай тұрғандағы бастапқы дене температурасы ***18º C***. Процесс басталып ***45 сек*** өткенен соң, кескіштің алдыңғы бетінде жоңқамен түйіскен аумағында температура 364 ÷ 451 ***º C*** жетеді, ***143,64 сек*** өткенен соң температура ***711, 29 º C*** жетеді, ал ***180 сек*** уақытқа жетіп 798,29 ***º C*** жетіп тұрақталады. Суреттен жылудың көзі және ең көп шоғырланған аумағы көрініп тұр. Мұнда кескіш алдыңғы бетінде екінші деформация аумағында, деформациядан пайда болған жылуға үйкеліс жылулары қосылып – ***кесу температурасын*** береді. Кесу процесін жалғастырғанмен бұл кесу температурасы максимал болып қала береді, бірақ кесу шарттары өзгерсе тағы өсуі мүмкін, мысалға кескіш өтпес болып қалғанда және с. с. жағдайларда.

Кесу процесіндегі жылу қалай және қай денелерге, қай мөлшерде таралыуын нақты және қарапайым анықтаудың әдісі – калориметрлік талдау әдісі болып келеді. Бұл әдіс $Q_{Д}$, $Q_{алд.үж}$, $Q_{арт.үж}$ мәндерін нақтылауға мүмкіншілік береді. Кесіп өңдеу процесінде пайда болатын жылудың жалпы мөлшеріне кесу жұмысына әсер ететін факторлар әсер етеді.

Әдебиеттегі зерттеу нәтижелері негізінде кесу температурасының кесу тәртіптерінің тәуелді екенін 4.1, 4.2, 4.3 -кестелерге қарап талдаймыз [7,11,27].

Кесу жылдамдығының V мәндері артуымен жоңқаға өтетін жылу $Q_{ж}$ мөлшері артады, ал бөлшек $Q_{бөл}$ пен құрал - сайманға $Q_{к}$ таралатын жылу мөлшері азаяды.

Құрал - сайманға $Q_{к}$ таралатын жылу мөлшерінің төмендеуіне себеб, кескіш алдыңғы беттегі түйісу ауданының азайуымен байланысты, бөлшекке таралатын жылу $Q_{бөл}$ азайуы - β ығысу бұрышының мәндері артуымен, деформациялану процесі жеңілденуінен, сондай – ақ кесу жылдамдығын мәндерін арттырумен, жоңқа шығу процесі қарқындай түсіп, түйіскен беттегі жылу таралуына үлгере бермейді. Келесі жылдамдықтарда $Q_{ж}$, $Q_{бөл}$, $Q_{к}$ пайыздық үлестері:

— $V < 100$ *м/мин*: $Q_{ж} = 50 \div 70\%$; $Q_{к} = 3 \div 5\%$; $Q_{бөл}$ = қалғаны.

— $V = 300 \div 500$ *м/мин*: $Q_{ж} = 90 \div 95\%$; $Q_{к} = 1\%$; $Q_{бөл}$ = қалғаны.

Кесу температурасының өңделіп жатқан материалдың түріне және оның жылуөткізгіштігіне тәуелділігі келесі кесу тәртіптерінде:

— $t = 1/5$ *мм*, $S = 0{,}12$ *мм/айл*, $V = 100$ *м/мин*:

4.1 - кесте

Кесу температурасының өңделіп жатқан материалдың түріне және оның жылуөткізгіштігіне тәуелділігі

Өңделіп жатқан материал	**Жылу мөлшері, %**	
	Жоңқада $Q_{ж}$	Бөлшекте $Q_{бөл}$
Болат - сталь 40Х	71	28
Шойын - СЧ 20	42	50
Алюминий АЛ 70	21	73

Кестедегі мағлуматтарды талдап келесідей қорытындылауға болады:

— пластикалық материалдарды өңдеуде жоңқаға өтетін жылу $Q_{ж}$ мөлшері артады;

— морт материалдарды өңдеуде бөлшекке таралатын жылу $Q_{бөл}$ мөлшері артады;

— жылу өткізгіштігі жақсы материалдарды өңдеуде бөлшекке таралатын жылу $Q_{бөл}$ мөлшері артады.

4.2 - кесте

Түрлі аймақтарда пайда болатын жылу мөлшері (Q тәуелді %)

Кесу жылдамдығы $v = м/мин$	**Өңделініп жатқан материал - Сталь ШХ15, кескіш тілімінің материалы - Т14К8;**			
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
>100	75-80	19	3,5	0,5
100-200		21	2,5	
>200		22,5	2,0	

Кестедегі Q_1 – жылу жазықтығы; Q_2 – кескіштің алдыңғы бетіндегі жылу; Q_3 – кескіштің артқы бетіндегі жылу; Q_4 – жылу жазықтығының алдындағы аймақ.

4.3 - кесте

«Жоңқа – кескіш - дайындама » жүйесінде таралатын жылу (Q тәуелді %)

Кесу жылдамдығы $v = м/мин$	**Өңделініп жатқан материал - Сталь ШХ15, кескіш тілімінің материалы - Т14К8;**			
	q_1	q_2	q_3	q_4
>100	68	5	2	25
100-200	77	3	6	13,5
>200	75	2	8	14

Кестедегі q_1 – жоңқа алып кететін жылу үлесі; q_2 - кескіш алып кететін жылу үлесі; q_3 - дайындама алып кететін жылу үлесі; q_4 – қоршаған ортаға таралатын жылу.

4.1.2. Жону процесінде кесу температурасына әртүрлі факторлардың ықпалын жасауы

Кесіп өңдеуде түйіскен беттердегі кесу процесінде пайда болған орташа температураны өсу температурасы екенін айқындадық.

$$Q = \frac{Q_{алд.уж} \bullet l_n + Q_{арт.уж} \bullet l_a}{l_n + l_a},$$

мұнда Q - орташа температура, кесу температурасы, $Q_{алд.үж}$ және $Q_{арт.үж}$ алдыңғы және артқы контакт аудандарындағы орташа температура;

l_a - кескіштің артқы бетімен өңделіп жатқан беттің түйісу аумағы (3.1 - сурет);

l_n - кескіштің алдыңғы бетімен жоңқа түйісу бетіндегі түйісу аумағы (2.4 - сурет).

Өткір құрал-сайман үшін артқы бет бойынша түйісу бетіндегі ауданы l_a аз болғандықтан $Q_{арт.үж}$ температурасын есепке алмауға болады. Олай болса, $Q = Q_{алд.үж}$.

Кесу процесінде қатысатын түйісу беттерінің кез келген нүктелерінде температура әр түрлі. Мысалға, l_n түйісу ауданында, кесу температурасының шамамен $l_n/2$ аралығында ең жоғары кесу температурасына ие бола отырып, соң экстремальды өзгереді.

Кесу температурасы құрал-сайманның тозуына, өңделген беттің беттік қабатының күйіне, сондай – ақ сапасына және т.б. үлкен әсер етеді.

Кесу температурасының кесу процесінің факторларына тәуелділігін теориялық теңдеулермен анықтауды қарастырайық.

Кесу температурасының кесу процесінің факторларына тәуелділігін құрылымы бойынша қарапайым, жеткілікті дәл және оңай шешімін табатын эмпирикалық формулалармен сипаттаймыз

$$Q = C'_Q \cdot V^m \cdot a^n \cdot b^q$$

мұндағы:

C'_Q - өңделген материалын, құрал-сайманның геометриялық параметрлерін, майлаушы – салқындатыушы – сұйықтарын қолдануға және т.б факторларға тәуелді тұрақты коэффициент, машинажасау технологиясын анықтамасынан [34] қабылданады;

m, n, q – дәреже көрсеткіштері, машинажасау технологы анықтамасынан [34] қабылданады. Әдебиеттердегі тәжірибелік зерттеу нәтижелері бойынша [7,11]: $m > n > q$, мысалы: конструкциялық болатты жонуда: $m = 0,5 \div 0,65$; $n = 0,2 \div 0,4$; $q = 0,05 \div 0,15$.

Кесу жылдамдығы мен кесіліп жатқан қабаттың өлшемдерінің кесу температурасына әсер ету дәрежесі бірдей емес: кесу жылдамдығы едәуір үлкен әсер етеді, ал кесілетін қабаттың ені оншалық әсер етпейді. Сонымен қатар кез келген кесіп өңдеу әдістерінде кесу температурасына кесіліп жатқан қабаттың

қалыңдығы еніне қарағанда көбірек әсер етеді.

Осыдан тағы түсінетініміз кез келген құрал-сайман үшін және өңдеу әдісіне кесу қабатының қалыңдығының еніге қарағанда кесу температурасына үлкен әсер етеді. Олай болса, кесу температурасы кесілетін қабаттың көлденең қимасына ғана емес, сондай – ақ оның тәуелді екенін ескеру керек. Демек, кесілетін қабаттың тұрақты қиылысу ауданында b / a қатынасы көп болған сайын кесу температурасы аз болуы мүмкін.

Кесу температурасын кесу тәртібінің технологиялық параметрлері арқылы өрнектейміз, мұнда $a = S \sin \varphi$; $b = t / \sin \varphi$, екені бізге белгілі, сондықтан:

$$Q = C_Q^{/} \cdot V^m \cdot a^n \cdot b^q \cdot (\sin \varphi)^{n-q},$$

нақты құрал-сайман үшін жазықтықтағы φ негізігі бұрыш тұрақты болғанын ескере отырып

$$Q = C_Q \cdot V^m \cdot a^n \cdot b^q$$

Соңғы формуладан кесу тереңдігі мен берілісі кесу температурасына кесілетін қабаттың енімен оның қалыңдығына ұқсап әсер етеді. Кесілетін қабаттың көлденең қимасының тұрақты ауданында $F = S \cdot t$; t / S қатынасы көп болған сайын кесу температурасы төмендеп отырады. Тағайындалған S берілісте және t кесу тереңдігінде температураны құрал-сайман жазықтығындағы φ негізгі бұрышты мәнін азайта отырып кесу температурасын төмендетуге болады.

Кесу температурасына кесу тәртібінен де басқа параметрлер әсер етеді:

— өңделіп жатқан материалдың түрі мен механикалық қасиеттері;

— морт материалдарды өңдегенде температура пластикалық материалдарды өңдегенге қарағанда әрдайым аз;

— материалдардың беріктігі мен қаттылығы артқан сайын температура артады;

— құрал-сайманның алдыңғы бұрышының мәні артқан сайын температура азаяды;

— майлаушы – салқындатушы – сұйықтарын пайдаланғанда температура азаяды;

— кескіштің шыңында r радиустың шамасы;

— кескіштің ұстағышының немесе тұрқысының көлденең қимасы;

— өңделіп жатқан және құрал-сайманды материалдың және т.б жылу өткізгіштігі де кесу температурасына өз ықпалын тигізеді.

Осы факторлардың барлығының температураға әсерін бір теңдеуде көрсетуге болады:

$$Q = C_1 \frac{V^m \bullet S^n \bullet t^q \bullet (\sin\varphi)^K \bullet (\sigma_e)^l}{r^P \bullet U^f} \qquad (4.4)$$

C_1 - коэффициент, келтірілген факторлардан басқалары кесу процесінде қатысатын жағдайда есепке алынады.

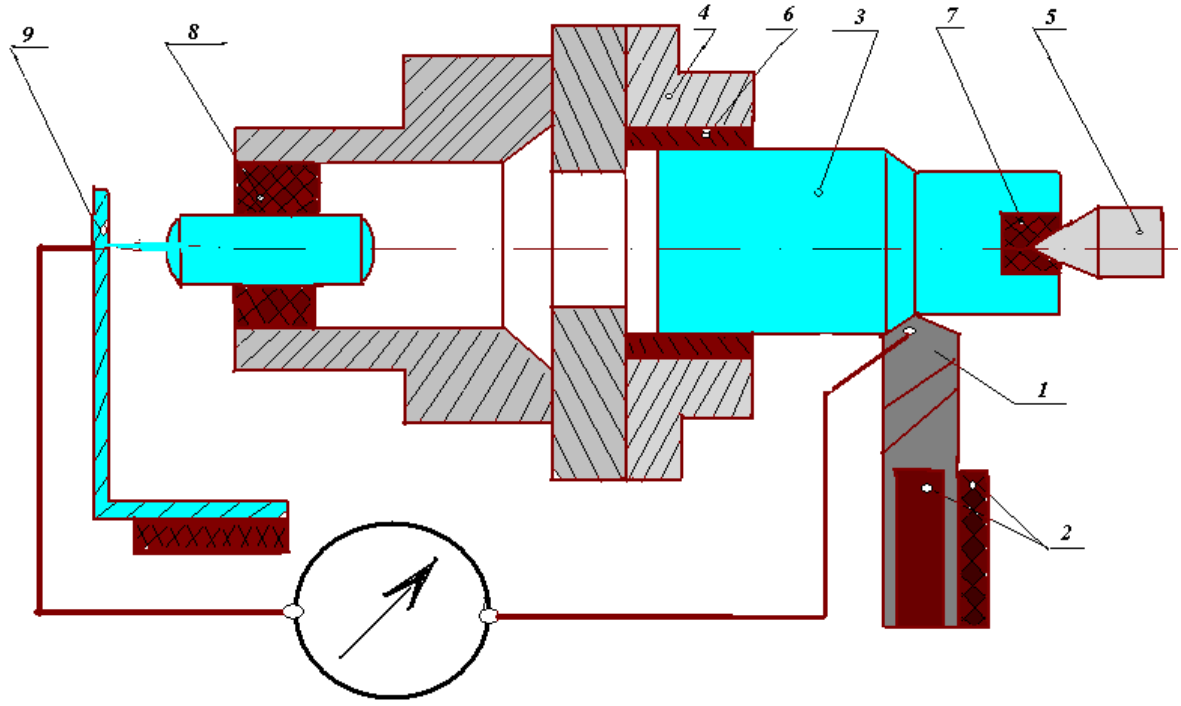
Кесу температурасын тәжірибе жолымен зерттеу

Кесу жылыуыны тәжірибе жолымен зерттеуде ең қолайлы әдіс - табиғи термопара әдісі. Сонымен қатар, бұл әдісті қолдануда өңделетін материалмен кескіштің жұмысшы түйіскен беттерінің орталанған температурасын алуға болады [31].

Табиғи термопара әдісінде әмбебаб цифрлік милловольтметр — В7 — 23 ді қолдауға болады. Мұнда милливолтметрден жіберілген электр тогы электрлік оңашаланған, яғни тұйықталған жүйе, құрылғы арқылы кесуде қатысқан кескіштің дайындамамен түйіскен беттерінен өтуі тиіс. Құрылғыда: — дайындама —3 патрон қысқы — 4 тен және токарлық білдегінің артқы топайы 5 тен эбониттен істелген тығыздағыш — 6 және тығын — 7 мен толық электрлік оңашаланады (4.2 - сурет). Жылдамкескіш болат ***P6M5*** дан жасалған тұтас токарлық кескіш — 1 эбониттен істелген тығыздағыштар —2 мен кескіш бекіткіштен электрлік оңашаланған. Бөлшек экрандалған сыммен шпинделдің соңында эбониттен істелген төлке 8 — ге нығыздап отырғызылған білікпен қосылған. Біліктің шыңына кескіштің материалынан даярланған ине дәнекерленген. Ине құрылғы 9 — ғы серпімді толық электрлік оңашаланған қалыңтырмен түйіскен. Қалыңтыр әмбебаб цифрлік милловольтметр — В7 — 23 қысқышына қосылған. Милловольтметрге келетін құбылыс — ЭЖҚК (электр жылыуыны қозғатушы күштер) деп қабылданған (ГОСТ 25751—83).

Кескіштің ЭЖҚК өтуі үшін, шаншу әдісі қолданылады. Шаншу әдісінде: — кескіштің кесетін кішкене басының төмен жағынан тесік

бұрғыланып (тереңдігін кесетін бетке 1—1,5 мм жеткізбей), сол тесікке жылу оқшалағыштандырылған сым шаншылады. Сымды өз кезегінде милливольтметр қысқышына қосып тұйықталған жүйе құрастырамыз.



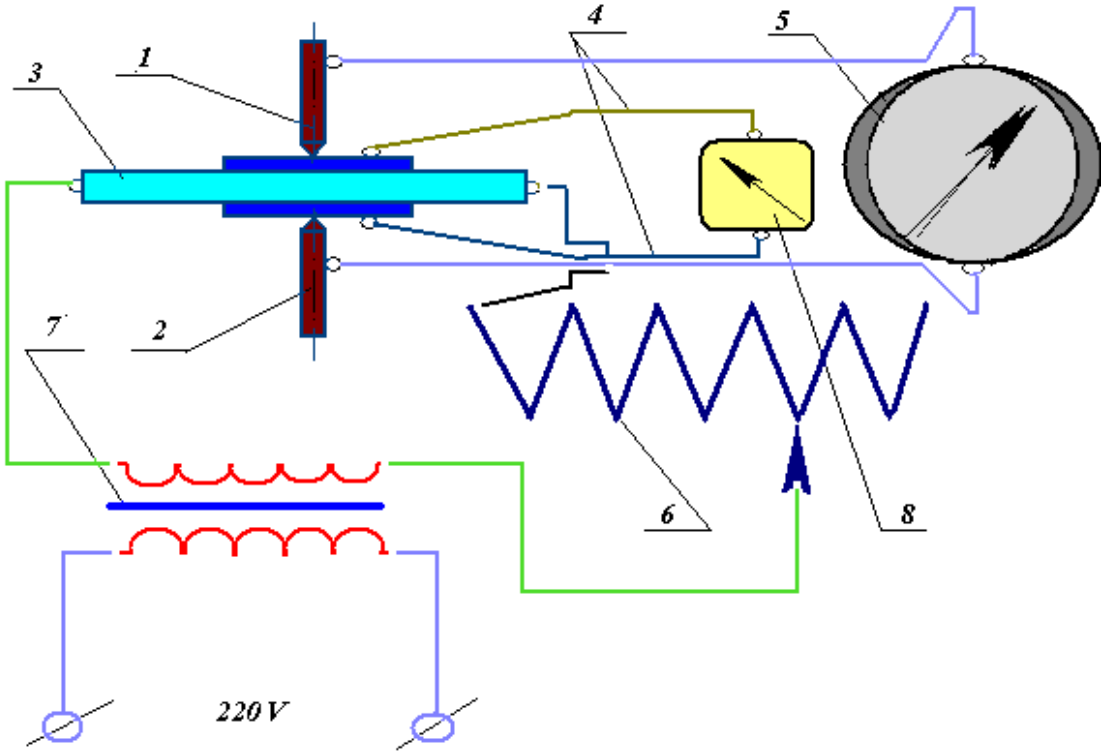
4.2 – сурет. Кесу температурасыны табиғи термопара әдісімен өлшеу сұлбасы

Мұнда әмбебаб цифрлік милловольтметр — В7 — 23 қысқышының бірі кескішпен (1), ал екіншісі ЭЖҚК ны қабылдап алатын құрылғы 9 — ға қосылған.

Тұйықталған электр тізбегі: — бөлшек — сым — ЭЖҚК ны қабылдап алатын құрылғы — милливольтметр — кескіштен түзіледі.

Микровольтметр көрсетулеріні цельсий градустарына аудару үшін алдын ала, табиғи термопараны арнайы баламалап баптау қажет. Табиғи термопара «кескіш — бөлшек» жалпыға мәлім әдістемелермен баламалынады [27]. Әдісте қыздыру газды шілтермен және салыстыруға арналған түйіскен тәсіл — тілішелі қыздырғышпен жүргізіледі. тілішелі қыздырғышты — түйіскен тәсіл — [31] жұмыста толық баяндалған. Біз тіліше қыздырғышты — түйіскен тәсілдің тек қана схемасын (4.3 - сурет) келтіреміз. Кескіш және өңделетін бөлшек материалдарынан даярланған сырықтар 1, 2 белгілі күшпен нихромды қыздырғыш—3 ты қысады. Қыздырғыш 3 — ке мыстан жіңішке қалыңтырлар пісіріп қосылған. Қалыңтырлар мыс сымның соңы

болып саналады, сондай - ақ бақылау термопара — 4 міндетіні орындайды. Нихромды тіліше — 3 өзгергіш электр токті трансформатор — 7 көмегімен қыздырылады.



4.3 – сурет. Термопараны түйіскен тәсілді сұлба бойынша баламалау

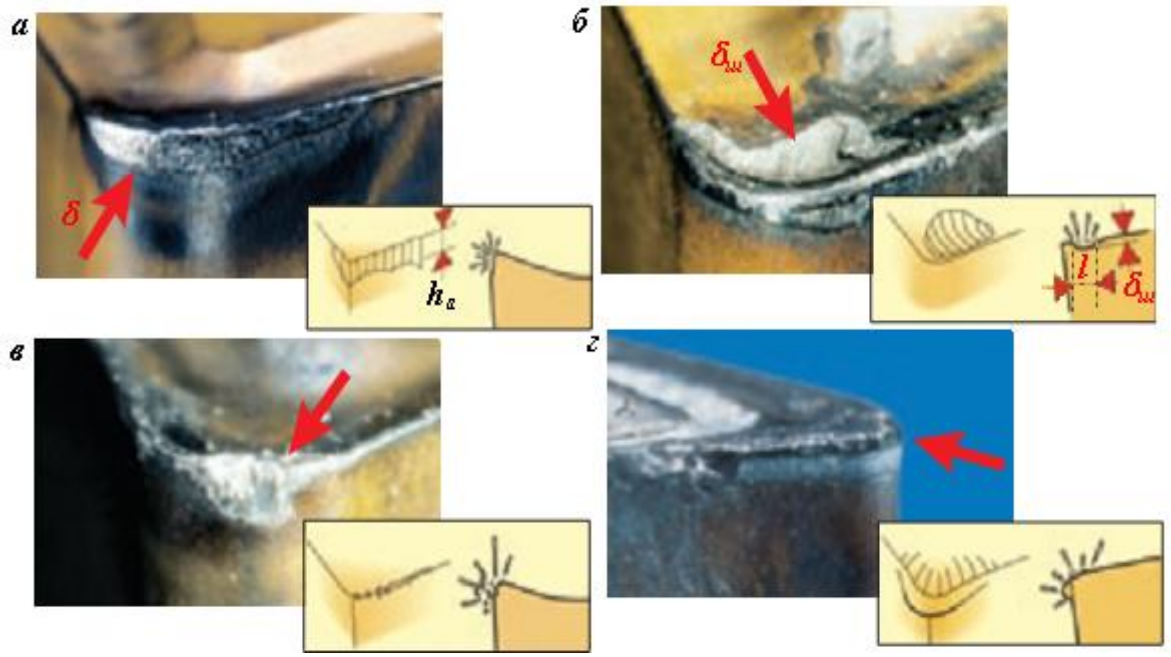
Қызу температурасы жөнге салуға арналған реостатты — 6 қызмет етеді. Қыздырудың әртүрлі температурасын бере отырып, өлшегіш 5 тің көрсетулерін, бақылау гальванометр — 8 көрсетулерімен салыстырылады. Баламалау стандарты (ГОСТ – 25751 — 83) термопаралары: хромель — аллюммелды қолданылады.

4.2. Кескіштердің тозыуы

Жұмыс барысында кескішпен дайындамадан түсетін жоңқа арасында қажалуы себебіден кескіш жұмысшы беттері тозады. Құрал-сайманның тозуы деп жұмыс істеу барысында құрал-сайман кесетін сынасы геометриясының, өлшемдері және кесу қабілетінің өзгеруін айтамыз. Бұл процесс құрал-сайманның түйісу беттерінің бір бірімен үйкелуі нәтижесінде пайда болады. Құрал-сайманның тозу процесінде тозу қорытындысы – құрал-сайманның тозу критерийі, яғни кескіш

сынасының тозған беттерінің өлшемімен сипатталуы қажет. Кескіш сынасы жұмыс уақытында әр түрлі факторларға тәуелді кез келген беттерінен бастап тозыуы мүмкін – бұл құбылысты тозу категориялары деп атайды [7,8,9].

Құрал-сайманның тозуы тек қана артқы беті бойынша (бірінші) байқалыуы мүмкін (4.4, *а* - сурет).



4.4 – сурет. Кесетін құрал — саймандар тозуының негізгі категориялары

Құрал-сайманның жұмыс істеу процесінде оның артқы бетінде δ тозу жиегі пайда болып, ондағы артқы бұрыш $\alpha_ф = 0$. Тозу жиегі уақыт өтуімен өседі және оның мөлшері құрал-сайманмен жұмыс істей алмайтын дәрежеге жетеді, сол уақытта жұмысты тоқтатып, оны қайта қайраумен, артқы бетіндегі δ тозу жиегін жойыу, яғни артқы беттен белгілі h_a қабатын ажарлау керек. Бұл категорияға жататын тозу кесу жылдамдықтарының жоғарылап кетгенде немесе кесетін тілімше материалының тозуға төзімділігі төмен болған жағдайларда кездеседі. Тозуды кемейту үшін негізгі маңдай бұрышы φ_c мәндерін кемейту, сонымен қатар кесетін тілімше материалына Al_2O_3 беріктендіруші жабын қажет болады.

Тозу жиегі негізгі кесу жүзінде қалыптасып, өлшемдері әр түрлі болуы мүмкін. Әдетте тозудың максимал шамасы δ_{max} өңделген немесе бөлшектің өңделіп жатқан жүзінің бөлімдерінде болады.

Келесі категорияда құрал-сайманның тозуы артқы және алдыңғы

беттер бойынша (екінші) бір уақытылы байқалу мүмкін (4.4, *б* - сурет). Бұл жағдайда тозудың бірінші категориясынан бөлек, алдыңғы беттің түйісу ауданында тозық шұңқырша пайда болады. Оның өлшемдері: l – ойықтың ені, $\delta_ш$ – ойықтың тереңдігі.

Тозық шұңқыршасының ұзындығы негізгі жүздің жұмысшы ұзындығына тең. Ережеге сай тозу процесінде шұңқыршамен тозған артқы бет арасында далдаша f сақталап тұрған кезде кескішпен жұмыс істеуге мүмкіншілік бар деуге болады. Кесу жылдамдығының үлкен шамаларында немесе басқа себебтерге көре далдаша жойылып тозу қарқындап кескіш қыйрау мүмкін. Соның үшін далдаша f және артқы беттен h_a рұқсат етілген мәндерінде жұмысты тоқтатып, оны қайта қайраумен, артқы бетіндегі δ тозу жиегін және тозық шұңқыршасын ажарлап жойыу керек. Бұл категориядағы тозудың пайда болуына, кескіш алдыңғы бетінде жоғары температура себебінен диффузия процесі қарқындап кетеді. Тозуды кемейту үшін кескіштің алдыңғы бет геометриясын қайта есептеу, сонымен қатар кесетін тілімше материалына Al_2O_3 беріктендіруші жабын, сондай – ақ кесу берілісін кемейту қажет болады.

Кесу процесінде заманауи машинажасау саласында қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған кескіштер кеңінен қолданылады. Бірақ қатты қорытпалы құрал-сайман тозыуында, кесетін жүздері уаытылып (үшінші) кетуі мүмкін (4.4, *в* - сурет). Рұқсат етілген уаытылу мәндерінде $h_a = 0{,}3 \div 1$ *мм* жұмысты тоқтатып тозу жиегін ажарлап жойыу керек. Бұл категориядағы тозыудың пайда болыуына, кескіш кесетін тілімшесі жеткіліксіз пластикалық беріктікте ие, сондай – ақ материалы морт. Тозуды кемейту үшін кескіштің кесетін тілімшесі алдыңғы бет бұрышын оң таңбалы таңдау тілімше материалы керамика болғаны жөн, сондай – ақ және кесу жылдамдығын көбейтіп, кесу берілісін төмендету қажет.

Кескіштің кесетін тілімшесінің пластикалық беріктігі аздау болған жағдайларда, тілімше шыңы деформацияланып майысып кетуі (төртінші) мүмкін (4.4, *г* - сурет). Бұл категориядағы тозу нәтижесінде артқы беттегі тозу қарқындап, тілімше қыйрау мүмкін. Кесу температурасының және кесу күштерінің өте жоғарылап кетуі себебіден тілімше деформацияланып кетеді. Тозуды кемейту үшін кесу тәртіптерін қайта есептеп шығу және тілімше материалының берігін таңдау қажет.

Тозу өңделінетін материал түріне, кесу тәртіптеріне байланысты зерттелінеді. Пластикалық материалдарды өңдеген кезде екінші категория бойынша тозу байқалады. Морт және қатты материалдарды

өңдегенде бірінші категориялы тозу байқалады. Кесу тереңдігінің аз мөлшерінде, кесу жылдамдықтары төмен болғанда – да бірінші категориялы тозу байқалады.

Бірінші категориялы тозу бойынша кесу жылдамдықтарының төмен мәндерінде жұмыс істейтін құрал-саймандар: тартажонғыштар, бұрандаойғыштар, остік цилиндрлік жонғыштар, пішіндік кескіштер, тісқашауыштар және т.б. Тұтқыр металлдарды кесу тереңдігінің (***0,15 мм*** ге дейін) және жылдамдықтарының аз мәндерінде, кесіп өңдеу кезінде, кескіштердегі тозу тек қана артқы бетте байқалады. Кесу жылдамдығы мәндері және кесіп алатын қабат жуандығы ***0,5 мм*** ден жоғары, әсіресе салқындатушы сұйықтық қолданусыз жағдайда жұмыс істеуші кескіштерде тозуы, тек қана алдыңғы бетте байқалады.

Екінші категориялы тозу бойынша кесу жылдамдықтарының жоғарғы мәндерінде жұмыс істейтін құрал-саймандар: барлық түрдегі кескіштер, бүйірлік жонғыштар, үңгілегіштер, бұрамдық модульды жонғыштар және т.б. Кесіп алынып тасталатын қабаттың, сонымен қатар кесу жылдамдықтарының өсуі себебіден, кескіштің алдыңғы және артқы беттері бір уақыттың ішінде тоза бастайды.

Егер кескіштің тозуы себебіден, кесу күштерінің қарқынды өсуі, өңделінген бет тазалығы мүлдем нашарлауы немесе бұйым сыртқы пішімінің және өлшемдерінің өзгеруі байқалса, жұмыс тоқтатылады және құрал — сайман қайта қайрауға жіберіледі.

Құрал-саймандар тозуының физикалық табиғаты

Жұмыс барысында кескіш беттерінің қажалып тозыуының түрлерін келесідей топтауға болады:

— абразивті-механикалық;

— адгезиялық өзара әсері;

— тотығудан;

— диффизия себебтеріден;

— беттік пластикалық деформация;

— кесетін қырларының уатылуы себебтері:

1. Өңделіп жатқан материалдардың абразивтік әсер етуі, яғни құрылымында қатты түйіршектер кездесуіден.

2. Құрал-сайманның материалдары мен дайындаманың адгезиялық өзара әсер етуі, яғни түйіскен беттер бір бірімен тұтасып кетуін, мысалға бұлтық болу процестері.

3. Құрал - сайман материалының дайындама материалдарына диффузиялық енуі.

4. Құрал –сайманмен дайындама түйісу беттеріндегі тотығу процестері.

Абразивтік тозу. Өңделіп жатқан материалдың құрылымында қатты түйіршектер немесе қоршаған ортадан түрлі қатты уақ заттардың кесу аумағына түсіп қалу себебтерінен. Мысалға өндірістерде абразив өңдеу білдектері үшін цехтың бір шетінен қоршалған бөлімшелерге орналастырылады. Материалдың құрылымында қатты түйіршектер, әсіресе термиялық өңделген болаттар құрамында жиі кездеседі. Қатты түйіршектер кескіш кесетін жүзіні біртіндеп тырнап жаймен қажап барады. Құрал - сайман материалының қаттылығы өңделіп жатқан материал қаттылығынан бар жоғы 2,5 ÷ 3 есе артық болған жағдайда бұл процесс қатты байқалады. Кесу жылдамдықтары ***V < 10 ÷ 15 м/мин*** жұмыс істейтін жылдам кескіш болаттан жасалған құрал-саймандар абразивтік тозады. Тозған бетте кесу жылдамдығының векторына бағыттас кіші ойықшалар, сызықтар байқалады.

Адгезиялық тозу. Адгезиялық тозу негізінде түйіскен кескіш бетіне дайындаманың деформацияланып жатқан, балқыған қабаты жабысып дәнекерленуді бастайды. Алдымен өте жұқа қабат жабысып алып, кесу процесінде үлкейіп бұлтыққа айналады. Адгезия процесі түйіскен беттер майлы кілегей және зең қабыршақтардан тазартылған жағдайда ғана болу мүмкін. Температураның және қысымның жоғарылауында адгезия процесі қарқындайды. Құрал-сайманды материал едәуір берік болғанымен адгезия процесінде, олда қирауы мүмкін. Себебі адгезия процесі циклдік қайталанып келуінен құрал-сайманды материалдың қажу қырауына алып келеді. Құрал-сайманды материалдың төзімділік шегі аз болған сайын, адгезиялық тозу көп болады, ол ***V = 20 ÷ 100 м/мин*** кесу жылдамдықтарында байқалады. Тозған бетте шөгістер, сызықтар пайда болады.

Диффузиялық тозу. Бұл тозудың келіп шығуына себеб құрал - сайманды материал әр түрлі компоненттерден жасалғандықтан, өңделіп жатқан материал түйісу аудандарында диффузия процесін туындайды. Кесу процесінде құрал-сайманның жанасу аудандарына жоңқаның және бөлшектің барлық жаңа беттері түйісуі бұл процесті жәнеде қарқындата түседі. Құрал-сайманды материалдардың жеке элементтерінің диффузияландыру жылдамдығы әр түрлі. Едәуір тез көміртек диффузияланады, кейін вольфрам, кобальт, титанды диффузияландырады. Жоғарғы кесу температурасынан құрал-сайман материалының беттік қабатынан көміртек атомдары жойылып, оның кристалдық торы бұзылып, материалдың физика-механикалық

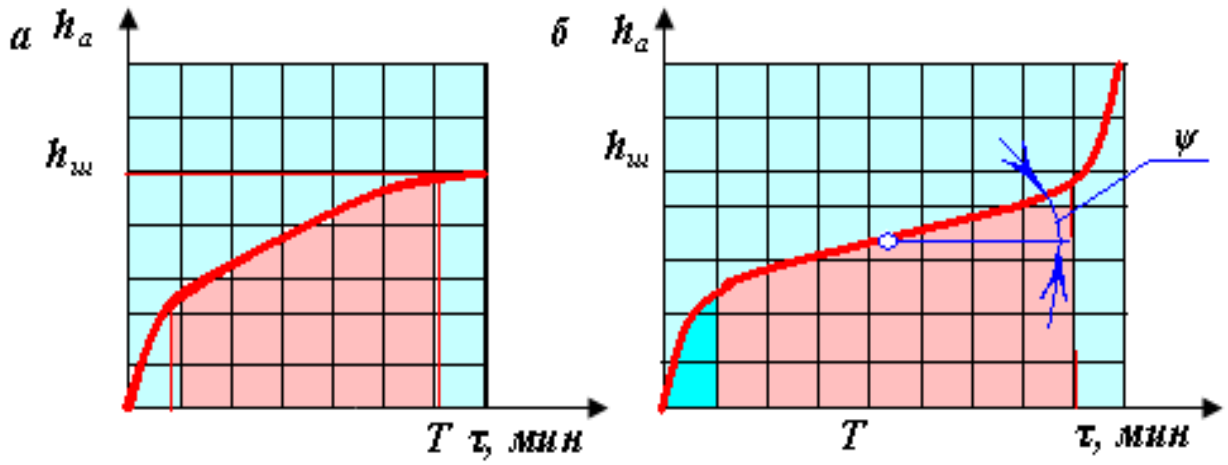
қасиеттері нашарланады. Диффузия температурасының өсуімен интенсификацияланғандықтан, тозудың бұл сипаттамасы үлкен кесу жылдамдықтарында байқалады.

Тотығу тозуы. Бұл тозудың пайда болу себебі кескіш материалдары қоршаған ортада сутегі ауасының әсер етуінде коррозияланыуы мүмкін. Коррозия қабатының төзімділігі кескіш материалының төзімділігінен әлде қайда аз. Инертті газдардың ортасында немесе вакумда коррозия болмаған құрал-сайманның бұл түрдегі тозуы жойылады.

Құрал - саймандардың тозуын зерттеу

Қолданылып жатқан құрал — сайман тозу себебіден әптен жарамай қалғанша қайта қайрауға жіберіліп тұрылады. Ауыспалы көп қырлы механикалы бекітілетін телімшелі кескіштің, тілікшелерінің орны алмастырылады. Қайта қайрау арасындағы уақытты немесе тілімшені алмастыруға дейінгі арасындағы уақыты – кескіш жұмыс уақыты ***T*** — кескіштің тұрақтылық мерзімі (4.5, *а* - сурет) және $h_ш$ (ш — шегі) — *кескіштің рұқсат етілген тозу шегі* болып табылады.

Кескіштің артқы және алдыңғы беттері (4.5, *б* - сурет) тозуы себебіден $T_к$ (*қ* — қайрау) дың бір кезеңінде *f* мойынша жойылып, артқы және алдыңғы беттері келе — келе, ағып келіп қосылыудан, кескіштің кесу қырлары қыйрай бастайды. Сол кезеңнен құрал — сайман тозуының апатты өсуі басталады және оның жұмысқа қабілеттілігі жоғалады.



4.5 – сурет. Кескіш артқы бетті тозуы h_a тің жұмыс уақыты τ ға тәуелділігі

Құрал — сайманмен $h_к$ (к — қайрау) тозуы мөлшеріне дейін, яғни оның жұмысқа қабілеттілігін жоғалтқанға дейін жұмыс істеу, әдетте, оның толық және үнемді қолдануын қамтамасыз етпейді. Сондықтан, құрал — сайманның ең үлкен жиынтық тұрақтылығы ***T*** қамтамасыз етілетін кезендегі тозуы мөлшеріні — оның *үйлесімді тозуы* ретінде қабылдайды. Ал құрал — сайман үйлесімді тозуы мөлшеріне лайықты, тұрақтылық мерзімі — ***T***, орынды өңдеу тәртіптерінің есеп — қисабына арналған негіз болып келеді. Тозуды сипаттау үшін, тозу қарқыны деген ұғым (4.5 - сурет) пайдаланылады:

$$J = \frac{\partial \delta}{\partial \tau} = tg\psi$$

Теңдеудегі ***J*** шамасы неғұрлым үлкен болған сайын соғұрлым құрал - сайман тозуы қарқындап, оның тұрақтылығы азаяды Тозудың қарқындылығы өңделіп жатқан материалдың беріктігінің, кесу жылдамдығының, берілістің артуымен өседі.

Кескіштің артқы бет тозуы h_a тұрақтылық мерзімі ***T*** ішіндегі жұмыстан кейінгі, кескіштің бір қайта қайрауға дейін артқы беттің мүжілуі мөлшері келесі өрнектерден анықталады (4.6 - сурет):

$$y = c + \Delta;\ \ c = a / \cos\gamma;\ \ \ a = h_3 \cdot tg\alpha;\ c = h_3 \cdot tg\alpha / \cos\gamma,$$

мұндағы Δ — тозған кескішті қайта қайрау шегі, $\Delta = 0{,}1 — 0{,}2$ ***мм.***

Қолданып жатқан кескіш әдетте бірнеше рет қайта қайралады. Барлық қайраулардан кейін кескіштің тілімшесі пішімінің мөлшері, бастапқы мөлшерінің 1/3 бөлігіне жетсе, мұндай кескіш әрі қарай жарамсыз деп табылады. Кескіш тілімшесінің бастапқы мөлшері ***B*** өлшемде деп қабылдасақ, ол өлшем негізгі кесетін жиекке перпендикуляр бағыттағы тілім ені болып келеді (4.6 - сурет).

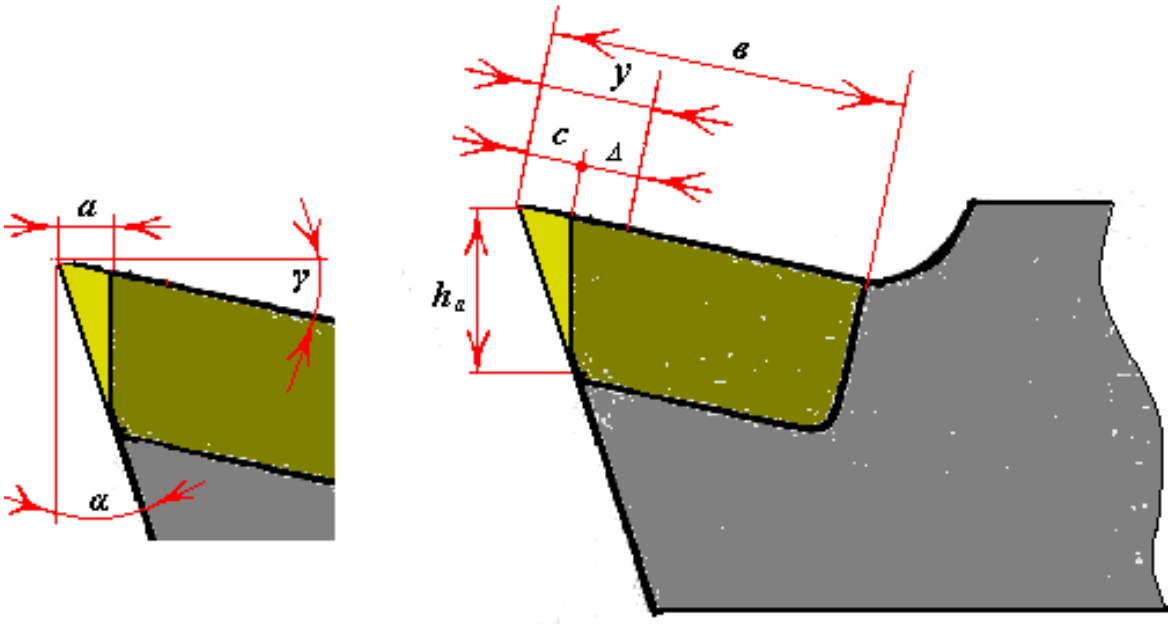
Рұқсат етілген қайта қайраулар саны ***K*** төмендегі теңдеуден анықталады:

$$K = \frac{\frac{2}{3}B}{y} = \frac{\frac{2}{3}B}{(h_3 \bullet tg\alpha g \cos\gamma) + \Delta} \qquad (4.5)$$

Кескіштің қайта қайраулар санын анықтағаннан соң, кесу аспабының жалпы жұмыс уақыты $\sum T$ төмендегідей анықталады:

$$\sum T = K\,T \qquad (4.6)$$

Өндірістік жағдайларда, жаңа материалдарды кесіп өңдеуден алдын тәжірибелік жолмен кескіш тозуы анықталады.



4.6 – сурет. Кескіш артқы бетінің тозуы және қайта қайрау санын анықтау сұлбасы

Тәжірибе нәтижелері бойынша кескіштің жаңа материалды өңдеуде, кесу тәртіптеріне және басқа қажетті параметрлерге $\delta = f(\tau)$ тәуелділік графиктері салынып, талдау қажет. Талдау нәтижесін h_γ (γ — үйлесімді) тозу мөлшерін анықтап, кесу тәртіптері тағайындалады.

Кескіш артқы бетті тозуы h_a тің жұмыс уақыты τ ға тәуелділігін 4.5 - суреттен қарап келесідей талдауға болады:

1 – жұмысқа кірісу, яғни қайрап шархталған кескіштің кесетін жүздеріндегі өткір қырлары шамалы жұмырланады;

2 - нормаль тозу мерзімі, кесу тәртіптері дұрыс тағайындалған жағдайларға тиісті;

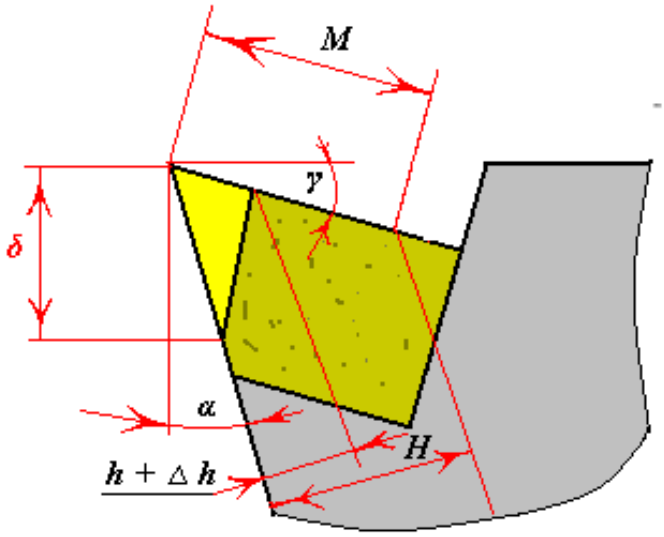
3 - апатты тозыу, кескіш кесу қабілетін жоғалтып қыирайды.

Құрал-сайманның нормаль жұмысын қамтамасыз ету үшін екінші кезең қабылданып, үшке өтіуімен жұмыс тоқтатылады.

Тозудың шамасын δ - кескіштің артқы беті бойынша сызықтық тозуына қарап аналитикалық жолмен анықтауғада болады.

Құрал-сайманды қалпына келтіру үшін $h + \Delta$ шамада қайрау қажет (4.7 - сурет), мұнда Δ - қосымша ажарланатын қабат. Бұл қабат

қайрау шақтамасының мәнімен, тозған беттегі жарамсыз жұқа қабат қалындығының қосындысы.



4.7 – сурет. Тозудың шамасын аналитикалық жолмен анықтауға арналған сұлба

Тозудың h шамасын δ арқылы анықтасақ, алатынымыз:

$$h = \delta \frac{tg\,\alpha \bullet \cos(\gamma + \alpha)}{\cos\gamma} = \delta \bullet C \ , \qquad (4.7)$$

мұнда

$$C = \frac{tg\ \alpha \cos\ (\gamma + \alpha)}{\cos\gamma} = const \ .$$

Сұлбадағы H өлшемі қайта қайрау саны i - ні есепке алатын қайрау шамасы:

$$i = \frac{H}{h + \Delta} = \frac{H}{C \bullet \delta + \Delta},$$

Кескіштің тұрақтылығының суммарлық мерзімі:

$$T_{сум} = \frac{H \bullet T}{C \bullet \delta + \Delta} \ .$$

Тозуды анықтау үшін функцияның максимумын табу бойынша есепті шешу керек:

$$\frac{\partial T_{сум}}{\partial \delta} = 0 \ ,$$

$$\frac{\partial T_{сум}}{\partial \delta} = H \frac{\frac{\partial T}{\partial \delta}(C \bullet \delta + \Delta) - CT}{(C \bullet \delta + \Delta)^2} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial \delta}(C \bullet \delta + \Delta) - C \bullet T = 0 \ ;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \delta} = \frac{C \bullet T}{C \bullet \delta + \Delta} = \frac{T}{\delta + \frac{\Delta}{C}}$$

мұндағы

$\frac{\partial \delta}{\partial T}$ - керісінше өрнектесек $\frac{\partial T}{\partial \delta}$ тозудың қарқынын J береді:

$$\frac{\partial \delta}{\partial T} = \frac{\delta + \frac{\Delta}{C}}{T} = J \ .$$

Тозудың $\delta_т$ тиімді мәні $T = T_{min}^{max}$, 4.5 - сурет тозу графигіндегі қисықтың келесі өрнекті қанағаттантыратын нүктелеріне жатады

$$\frac{\delta + \frac{\Delta}{C}}{T} = tg\psi \ .$$

$\delta = f(\tau)$ тозудың тәжірибелік жолмен алынған нәтижелерінен құрастырылған графиктігі (4.5 - сурет) қисығында да осы нүктені алу үшін ψ бұрышында жанама жүргіземіз. Бұл Δ / C ара - қашықтықта, δ осінде жатқан координат басынан нүктеден жүргізілуі керек. Кесетін бөлшек, сондай – ақ кескіштің материалдарына, кесу тәртіптеріне қарай тозу процесінің түрлі жағдайлары кездесу мүмкін. Өндіріс орындарында технолог мамандарына арналған анықтамалардан (4.4 - кесте) қажетті мәндер қабылданады. Егерде өндіріс орындарында жаңа материалдарды өңдеу немесе жаңа кескіштерді игеру жоспарланса, ол жағдайда процесті терең зерттеу талап етіледі.

4.4 - кесте

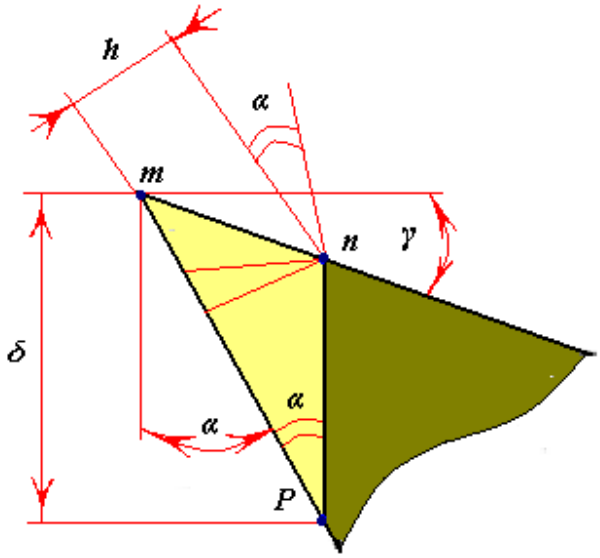
Кең қолданылатын құрал-саймандардың тиімді тозуының орташа мәндері

№	Құрал-сайман және оның жұмыс істеу шарттары	δ_m, *мм*
1	Жылдам кескіш болаттан жасалған кескіштер болатты өңдегенде	1,8...2
2	Жылдам кесетін болаттан жасалған кескіштер шойынды өңдегенде	3...4
3	Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған кескіштер болат пен шойынды өңдегенде	0,8...1
4	Жылдам кесетін болаттан жасалған бұрғылар	0,6...0,8
5	Жылдам кесетін болаттан жасалған осьтік цилиндрлік жонғыштар	0,5...0,6
6	Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған бүйірлік жонғыштар	0,8...1

Тазалап немесе ақтық өңдеу операцияларында кесу аспабының сызықты тозуын зерттейді, ал тозудың қалғандарыға физикалық тозуды зерттеген жөн. Мұнда тозыған кесу аспабының тозған бөлігінің массасы есептеледі. Кесу аспабының тозған бөлігінің массасы үйкеліс күштеріне шығындалған жұмысқа пропорционал

$$M = W \cdot \rho_u \qquad (4.8)$$

Негізгі қиятын жазықтықта кескіш сынасының қажалатын бөлігі (4.8 -сурет)



4.8 – сурет. Кескіш тозу геометриясы

$$f_\delta = \frac{1}{2} mp \cdot h,$$

$$m \bullet p = \frac{\delta}{\cos\alpha},$$

$$h = \delta \bullet tg\,\alpha \frac{\cos(\alpha+\gamma)}{\cos\gamma},$$

$$f_\delta = \frac{1}{2}\delta^2 \frac{tg\,\alpha \bullet \cos(\alpha+\gamma)}{\cos\alpha \bullet \cos\gamma}; \qquad (4.9)$$

Кескіштің негізгі кесетін жүзінде сызықты тозу бір қалыпты еместігі (Г.И. Грановский) бізге белгілі [11], демек

$\delta = \delta_0 \pm c \bullet b^n$, олай болса $d \bullet W = f_\delta \bullet d \bullet b$,

$$W = \int_0^b f_\delta \bullet d \bullet b$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{tg\,\alpha \bullet \cos(\alpha+\gamma)}{\cos\alpha \bullet \cos\gamma} \int_0^b (\delta_0 \pm c b^n)^2 d \bullet b \qquad (4.10)$$

Өрнекті интегралдап тығыздықты ρ_n орнына қойсақ

$$M = \frac{\rho_n \cdot b}{2} \bullet \frac{tg\,\alpha \bullet \cos(\alpha+\gamma)}{\cos\alpha \bullet \cos\gamma} \left[\frac{c^2 \bullet b^{2n}}{2n+1} \pm \frac{2c \bullet \delta_0 \bullet b^n}{n+1} + \delta_0^2 \right],$$

егер тозу кесу жүзінде бір қалыпты болса, онда $c = 0$, $n = 0$

$$M = \frac{\rho_n \bullet b \bullet v_0^2}{2} \bullet \frac{tg\,\alpha \bullet \cos(\alpha+\gamma)}{\cos\alpha \bullet \cos\gamma} \qquad (4.11)$$

Құрал – сайман тозуы жайлы дағдылар

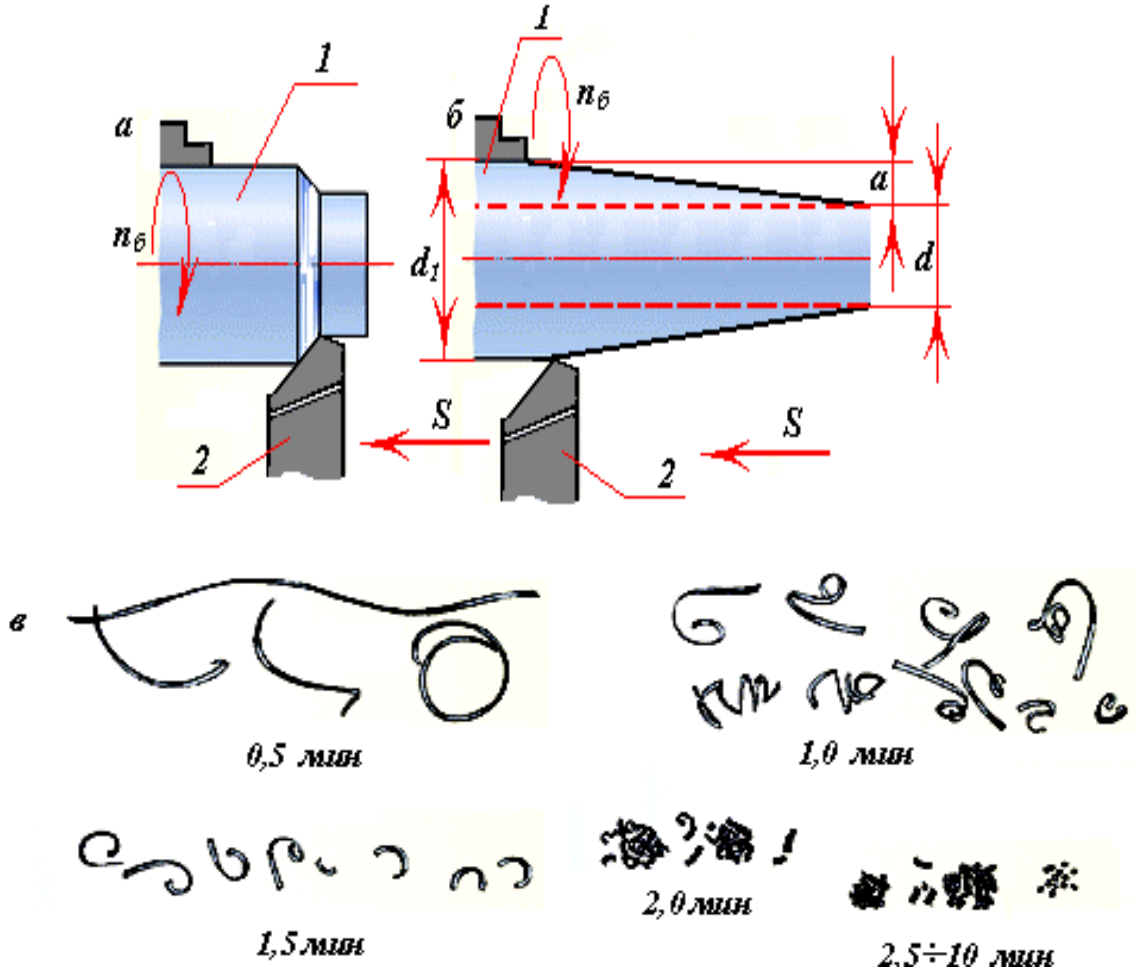
Жұмыс істеп тұрған құрал – сайман тозу шегіне жеткенін, яғни апатты жағдайда екенін келесілерге қарап білу мүмкін:

1. Өңделген беттің кедір-бұдырлығының күрт өсуінде;

2. Өңдеу процесінде өңделген беттердегі өлшемдерде ауытқу пайда болуы байқалады, мысалға 4.9, *б* - суретте бөлшек кесіп өңдеуден алынатын диаметрі ***d***, кескіш тозу себебіден d_1 өлшем, яғни ***2a*** қателікпен $d_1 = d + d_1$ өлшеммен өңделінеді.

3. Өңдеу процесінде дірілдің пайда болуы;

4. Өңдеу процесінде өңделіп жатқан бөлшектің мөлшерден тыс қызып кетіуі;



4.9 – сурет. Кескіш тозуын практика жүзінде байқау:
1 - кесу беті R де: болатты жоңғанда – жалтыр жолақ; шойынды жоңғанда дақ; 2 -технологиялық

5. Болаттарды өңдеу процесінде көзбен шолып кесіліп жатқан бетте, апатты тозыудың себебіден ***R*** – жалтыр жолақтар пайда болады (4.9, *а* - сурет), ал шойынды жоңғанда қара дақтар пайда болуы мүмкін [41]. Сонымен қатар болатты өңдегенде пайда болатын жоңқалар өз әдеттегі, 2.4 - суретте бейнеленген түрлерін өзгертіп, 4.9, *в* - суретте келтірілген пішімдерді қабылдайды:Кесу процесінде

кескіштің тозғанын түзеліп жатқан жоңқаныңда түрі айтып тұрады. Уақыт өткен сайын кескіш, бөлшектің беткі қабатын кесіп емес тырнап өңдейді, мұнда пайда болатын жоңқа майда ұсақ болып түзеледі. Сондай – ақ кесу процесінде тозған кескішпен өңдегенде артықша шулар пайда болады.

6. Беріктігі аз құрал-сайманның сынуы және т.б.

Өндірістерде тазалап өңдеу операцияларында кескіштің тұрақтылығын өңделінген бөлшектер санына қарап тағайындау мүмкін.

Құрал-сайман тиімді тозыуын немесе тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін (2.14 - сурет):

1. Тиімді алдыңғы бұрыштың γ_T шамасын таңдау қажет. Бұл мән кесетін қатты қорытпалы тілімшенің пішімінен туындайды.

а) теріс жиекті қисық сызықты алдыңғы бет. Бұл тілімшелер болатты өңдеуде қолданылады. Тілімше алдыңғы бетіндегі шұңқыршалар жоңқаны бұрмалау үшін істелген. Шұңқырша кесетін сынаның қатаңдығын төмендетеді, соның үшін бұл пішімдегі тілімшелер беріктік шегі $\sigma_B \leq 80$ кгс/мм^2 болған болаттарды, дірілсіз, соққысыз, бір тұтас денелерді, $S < 0{,}3$ мм/айл берілісіпен, сондай – ақ тек қана ақтық өңдеулерде пайдаланылады. Тілімше геометриясы: $f = (0{,}8 \div 1)$; $B = (10 \div 15)$; $\gamma = 15^0 \div 20$.

б) тілімше алдыңғы беті жазық теріс жиекті (1.7, *г* - сурет).

Тілімше беті тегіс болғандықтан, оның беріктігі жоғары, бірақ жоңқаны бұйралатыу үшін арнайы элементтермен жабдықталып келесі өңдеулерде пайдаланылады:

1. Беріктік шегі $\sigma_B > 80$ кгс/мм^2 болатты алдын ала жонғанда және берілістің үлкен емес шамаларымен ($S \leq 0{,}2 \div 0{,}3$ мм/айл).

2. Соққылы жүктемесіз шойынды алғашқы, жартылай ақтық және ақтық жонғанда.

в) тілімше алдыңғы беті жазық:

1. Беріктік шегі $\sigma_B \leq 80$ кгс/мм^2 болатты алдын ала жонғанда және берілістің үлкен шамаларымен ($S > 0{,}3$ мм/айл).

Тілімше алдыңғы бұрышын келесі ұстаныммен дұрыс таңдау мүмкін. Өңделіп жатқан материалдың беріктігі мен қаттылығы артқан сайын кескіш сынаны едәуір берік қылып жасау керек, яғни өткірлену бұрышын үлкейту қажет. Алдыңғы бұрыштың шамасының жалпы диапазоны $\gamma = 20^0 \div (-15°)$.

Жылдам кескіш болаттан жасалған құрал-саймандарда теріс алдыңғы бұрышы ешқашан болмайды, өйткені жылдам кескіш болат созылу мен иілуге жақсы.

Көп жақты қайралмайтын тілімшелерде алдыңғы беттің пішімі қысыммен өңдегенде қалыптасады. Негізінде қатаңдығын жақсарту үшін бұл тілімшелерде артқы бұрыш нөлге тең болып келеді.

Жұмыстың бірінші бірнеше минутында артқы беттерде тозудың жүзі, жиек ($h_a = 0,1$ мм) түрінде түзеледі. Бірте — бірте сол кішкене жиек ені өседі, $h_a = 0,2$ мм жетіп, содан соң белгілі бір уақыт мерзімінде тұрақтанады. Ары қарай өңдеу кезінде кескіштің кесетін беттерінде механикалы уатылу байқалмайды, яғни нормал тозу доғарылады. Қарқынды жұмыстан кейін, белгілі уақыттан соң кескіштің алдыңғы беті опырыла бастайды. Опырылуы кескіштің алдыңғы кесетін бетінің бәрін жаппай қамтиды. Егер кескіш артқы бұрышының мәндері кіші болған жағдайда опырылу кескіштің артқы беттерінде жүзеге асады.

Сайып — келгенде, қатты қорытпалы тілімшелі кескіштердің жұмыс кезінде тозуы, яғни жарамсыз болуы, олардың нормал тозуы, мүжілуі, себебіден емес, ол металлдардың қажуы нәтижесінде, кесетін беттердің қопарылу себебіден болып саналады.

4.3. Өңделінген бет сапасы

Өңделген беттің кедір-бұдырлығы

Материалдарды кесіп өңдеудің өзекті мәселесі бөлшектің қажетті бет сапасын қамтамасыз ету болып келеді. Бөлшек бетінің күйі, оның пайдалану мерзіміне, жұмысты орындау сапасына тікелей ықпал жасайды. Әсіресе бұл талап жанасып үйкелісте жұмыс орындайтын бөлшектерде жоғары болады. Беттің сапасы оның өлшемдерінің дәлдігінде және беттің кедір бұдырлығымен сипатталады.

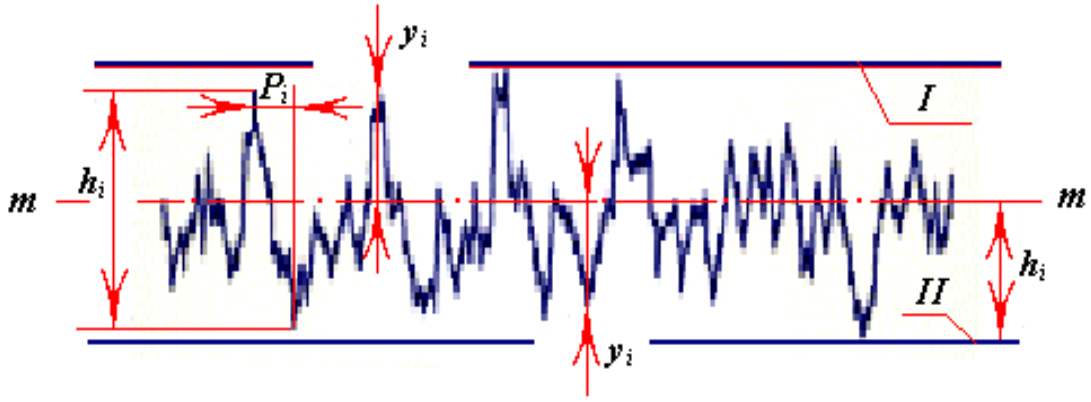
Машина жасау мамандары қазіргі күнде өңделген беттің сапасын, сонымен қатар кедір – бұдырлығын басқару әдістерін кеңінен қолданып келеді.

Кедір - бұдырлық алдымен есептелінеді, бірақ өңдеуден кейін нақты кедір бұдырлық түзеліп, профилометр, профилографтармен өлшеу мүмкін [31,32].

ГОСТ 25142-82, ГОСТ 15467 — 70, ГОСТ 2789-62 терге сәйкес өңделінген бет кедір-бұдырлығы орта арифметикалық ауыуы - R_a мен немесе кедір-бұдырлығы биіктігі - R_z анықталады (4.10 - сурет).

R_z және R_a мәндері орта сызық $m - m$ ға салыстырмалы, негіздік базалық ұзындығының шектерінде өлшенеді.

Орта сызық бет кедір-бұдырлығын бөлген кезде, негіздік базалық ұзындық ***L*** шектеріндегі, ара қашықтықтардың квадраттардың қосындысы ($y_1, y_2, y_3, \ldots, y_n$) профиль нүктелерінің ең аз мәнін беру керек.



4.10 – сурет. Өңделінген бет микрогеометриясының пішіні (өте үлкейтілген):

I – кедір бұдырлық шыңдары; II - кедір бұдырлықтың ойпаты.

Бет кедір-бұдырлық келесі параметрлермен сипатталады:

а) өңделінген дене бетінің пішімі бойынша — орта арифметикалық ауыумен - R_a;

б) өңделінген дене бетінің ең биік шыңдары бойынша — орта арифметикалық ауыумен - R_z

R_a - өлшенген пішім нүктелері ($y_1, y_2, y_3, \ldots, y_n$) ара қашықтығының орта сызыққа дейінгі орташа мәні

$$Ra = \frac{1}{n}\int_0^n |y|dx$$

Немесе жуықтап

$$Ra = \frac{1}{n}\sum_1^n |y_i| \qquad (4.12)$$

Бет кедір-бұдырлығының биіктігі R_z - негіздік базалық ұзындық L шектеріндегі өлшенген бес кедір-бұдырлардың ең биік бес шыңының

және бес шұңқырлары немесе ойпатының ең төмен нүктелерімен өлшенген орта сызық

$$R_z = \frac{(h1 + h3 + \ldots\ldots + h9) - (h2 + h4 \ldots\ldots + h10)}{5} \qquad (4.13)$$

Кедір - бұдырлықты есептегенде келесі шарттарды қабылдаймыз:

а) өңделіп жатқан материал абсолюттік деформацияланбайтын;

б) технологиялық жүйе абсолютті қатаң;

в) кескіш жүзі абсолютті тік геометриялық сызықтарымен сызып анықталған.

Кедір - бұдырлықты есептеуді сүргілеп өңдеу әдісінде қарастырамыз. Бірақ алынған өрнектерді, кесіп өңдеудің басқа түрлерінде, мысалға жонуда, бұрғылауда, үңгілеуде, бүйірлік жонғыштармен жонғылауда пайдаланыуы мүмкін.

Өңделінген бет кедір – бұдырлық, яғни тегіс еместіктердің есептік биіктігі Δ ***m n p*** үшбұрыштың биіктігіне тең (4.11 - сурет).

$$h_p = m \bullet p \bullet \sin \varphi_1$$

$$m \bullet p = \frac{m \bullet q}{\sin \angle m \bullet p \bullet q} = \frac{a}{\sin(\varphi + \varphi_1)} = \frac{S \bullet \sin \varphi}{\sin(\varphi + \varphi_1)}$$

олай болса:

$$h_p = \frac{S \bullet \sin \varphi \bullet \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \qquad (4.14)$$

Беріліс ***S*** пен бұрыштар ***φ, φ₁*** артқан сайын, есептік кедір-бұдырлық азаяды. Егер кескіш бұрышы $\varphi_1 = 0^0$ болса, тегіс еместіктер түзілмейді, сонда $h_p = 0$ немесе R_z - тың мәндері нөлге ұмтылады. Өндірісте ондай кескіштер пайдаланылып, төмен кедір-бұдырлық алуға мүмкіндік береді.

Мысалға $S = 2{,}5 \div 3$ ***мм/айн*** - ға дейін берілістерде ондай кескіштер $R_Z = 20 \div 40$ ***мкм*** - ге тең кедір-бұдырлыққа ие. Қарапайым кескіштерді қолданғанда мұндай кедір-бұдырлық $S = 0{,}2 \div 0{,}3$ ***мм/айн*** берілістерде қол жетімді болады. Алайда ондай кескіштермен кесуде үлкен P_y күші туындайды және дірілдің пайда болуы мүмкін, соның үшін $\varphi_1 = 0^0$ бұрышты кескіштерді тек қана ақтық өңдеулерде,

кесу тереңдігінің $t < 0{,}4$ *мм* өте аз мәндерінде пайдаланған жөн.

Өңделінген бетте түзілген нақты кедір-бұдырлықты келесідей сипаттауға болады (4.10 - сурет):

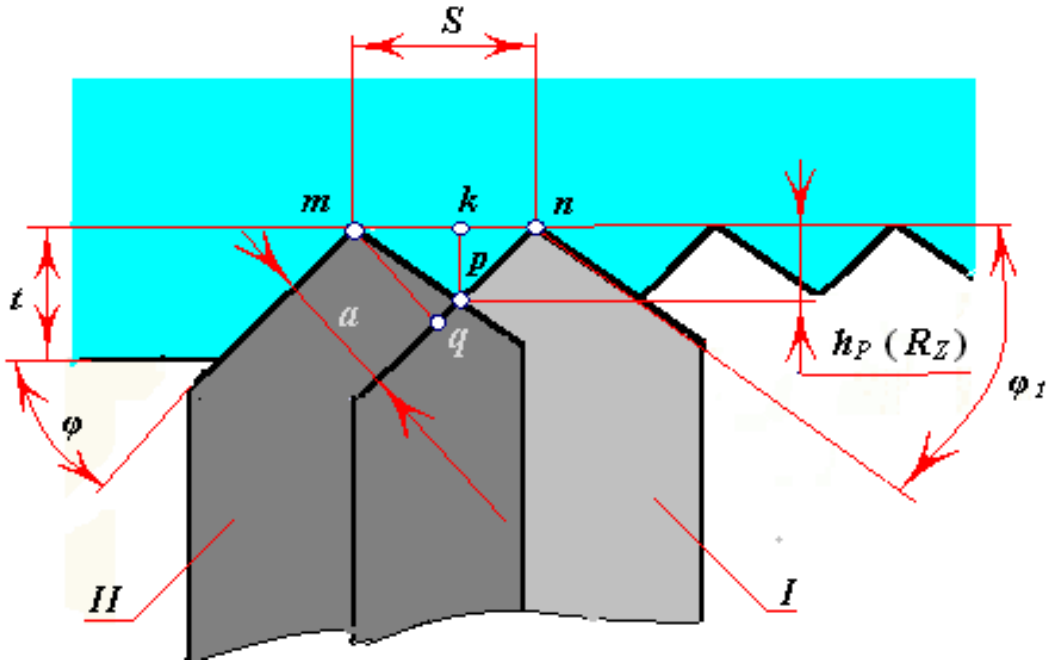
— кедір-бұдырлықтың қадамдары реттелмейді $p \neq S$;

— өңделіп жатқан материалдың механикалық қасиеттері – қаттылық немесе беріктік неғұрлым үлкен болған сайын, соғұрлым кедір-бұдырлық төмендейді;

— кедір-бұдырлықтың мөлшеріне, кесу жылдамдығымен пайда болатын бұлтық тікелей әсер етеді.

— кесу процесінде майлаушы – салқындатыушы – сұйықтықтар қолданылған жағдайда кедір-бұдырлықтың R_Z биіктігі азаяды;

— кесу тереңдігі t - нің ұлғайуымен кедір-бұдырлықтың мөлшері көбейеді.



4.11 – сурет. Жону процесінде өңделінілген бет қалыптасыуы

Өндіріс жағдайларда беттің тегіс еместіктері биіктігі аналитикалық жолмен есептелмейді. Мұнда тәжірибе нәтижелерін статикалық өңдеу негізінде алынған, шамасы жақындатылған эмпирикалық формулаларды қолданады, мысалға жонуда:

$$R_Z = \frac{C_R \bullet t^{x_R} \bullet S^{y_R} \bullet \varphi^{z_R} \bullet \varphi_1^{z_P}}{r^{q_R} \bullet V^{K_R}} \text{ , мкм} \qquad (4.15)$$

мұндағы:
C_R - R_Z –тің түріне және өңделіп жатқан материалдың механикалық қасиеттеріне, майлаушы – салқындатушы – сұйықтықтардың қолданылыуына әсер етуін есепке алатын коэффициент;
r – кескіштің өтпелі жиегінің радиусы.

Эмпирикалық 4.15 - формуласы бұлтық түзілу шектерінен тыс жататын жылдамдықтарға қолданылғаны жөн. Қалған тұрақтылық коэффициент және дәрежелік көрсеткіштер мәндерін машина жасау технологы анықтамаларынан таңдап алынады [34].

4.4. Кесу тәртібі элементтерінің тағайындау әдістемесі

Кесу тәртіптері, ***t*** - кесу тереңдігі, ***S*** - кесу берісі, ***V*** - кесу жылдамдығы және ***T*** құрал-сайманның тұрақтылығынан тұратын бөлшекті кесіп өңдеу үшін ең қажетті параметрлер болып табылған. Оңтайланған кесу тәртібі, өңделген бөлшектің талап етілген сапасын қамтамасыз ете отырып, өңдеу процесіне қойылатын барлық критерийлерге жауап беретін болу керек. Кесу процесінің оңтайландыру критерийі ретінде мыналар қолданылады:

— бөлшектің минимальды технологиялық өңдеудің өздік құны;

— өңдеу процесінің максимальды өнімділігі

— құрал-сайманның максимальды тұрақтылығын немесе берілген жұмыс ресурсы мерзімін қамтамасыз ету.

Кесу тәртібіне және технологиялық жүйені баптауға тәуелді, бір құрал-сайманмен кесу кезіндегі, өңдеу операциясының өздік құнының үлесі келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$C = t_м \bullet E + t_б \bullet E \frac{t_м}{T} + Э \frac{t_0}{T} \qquad (4.16)$$

мұнда:
— негізгі технологиялық уақыт - $t_м$;
— білдектің және білдекшенің ***1 мин*** жұмыс ақысы - ***E***;
— білдектегі тозған құрал - сайманды ауыстыруға және баптауға кететін уақыт, мұнда құрал - сайманды қалпына келтіруде есепке алынған - $t_б$;
— құрал-сайманның тұрақтылық мерзімінде, немесе қайта қайрауға дейінгі уақытта өңделген бөлшектің саны - $T / t_м$;
— құрал - сайманды пайдаланумен байланысты, оны қайта қайрауға,

қалпына келтіруге, баптауға кететін шығындар - ***Э***:

$$Э = t_б + E_Н + C_{қсқ} + \frac{C_{жқс}}{i+1} \qquad (4.17)$$

мұнда:

— баптаушының ***1 мин*** жұмыс ақысы - $E_Н$;

— тозған құрал-сайманның қайта қайрау құны - $C_{қсқ}$;

— жаңа құрал-сайманның құны - $C_{жқс}$;

— құрал-сайманның толық тозуға дейінгі тағайындалған қайта қайраулар саны - i.

Кесу тәртіптерін мүмкін болғанша келесідей тағайындау керек.

$$C \rightarrow C_{min}.$$

Кесіп өңдеу өнімділігі θ былай анықталады

$$\theta = \frac{1}{t_{ду}}$$

$t_{ду}$ - бөлшекті өңдеу даналық уақыты:

$$t_{ду} = t_м + t_б \frac{t_м}{T} + t_к \qquad (4.18)$$

мұнда $t_к$ – дайындаманы білдекке қондыруға, бекітуге,және дайын бөлшекті алуға кететін көмекші уақыт.

Кесу тәртібі мүмкін болғанше келесідей тағайындау керек.

$$\theta \rightarrow \theta_{max}$$

Қайта қайрауға дейінгі уақытта өңделген бөлшектің санына қарап құрал-сайманның тұрақтылық қоры келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$Q = \frac{T}{t_м} \qquad (4.19)$$

Кесу тәртібі мүмкін болғанша келесіні қамтамасыз ету қажет

$Q \rightarrow Q_{max}$ немесе $Q \rightarrow Q_{з}$

мұнда $Q_{д}$ – жоспардағы өңдеу қажет болған дайындама саны.

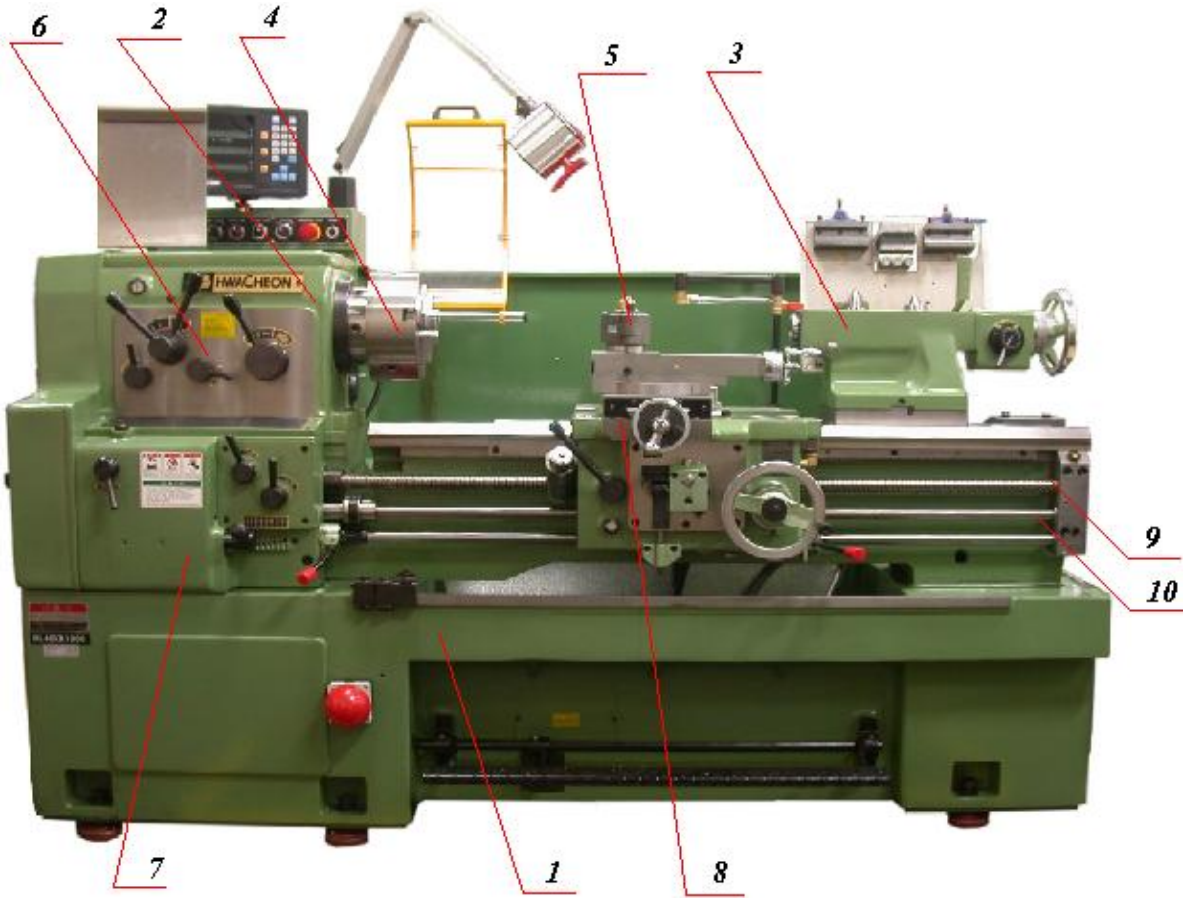
Тарау V

ӨҢДЕЛІНГЕН БЕТ ПІШІМІН ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН МЕХАНИКАЛЫҚ, КЕСІП ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІ

5.1. Токарлық жону процесінде кесу тәртіптерін зерттеу

Механикалық, кесіп өңдеу әдістері ГОСТ 8 – 82 (СТ СЭВ 3111 – 81, СТ СЭВ 3112 – 81, Ст СЭВ 3115 – 81) Металл кесетін білдектер - стандартымен бекітілген.

Токарлы жұмыстарды жүргізу үшін токарлы бұранда оятын білдектердің келесі түрлері кең қолданылады: ***1К62, 16К20, 1К63*** (5.1 - сурет). Мұнда таңбасындағы: 1 - ші сан білдектің тобын көрсетеді: 1 - токарлы, 2 - бұрғылау, 3 - ажарлау, 4 - тартажонғыш, 5 - арнайы (тіс фрезерлегіш, бұранда ажарлағыш) және т.б. екінші әріп білдектің модификация дәрежесін көрсетеді.

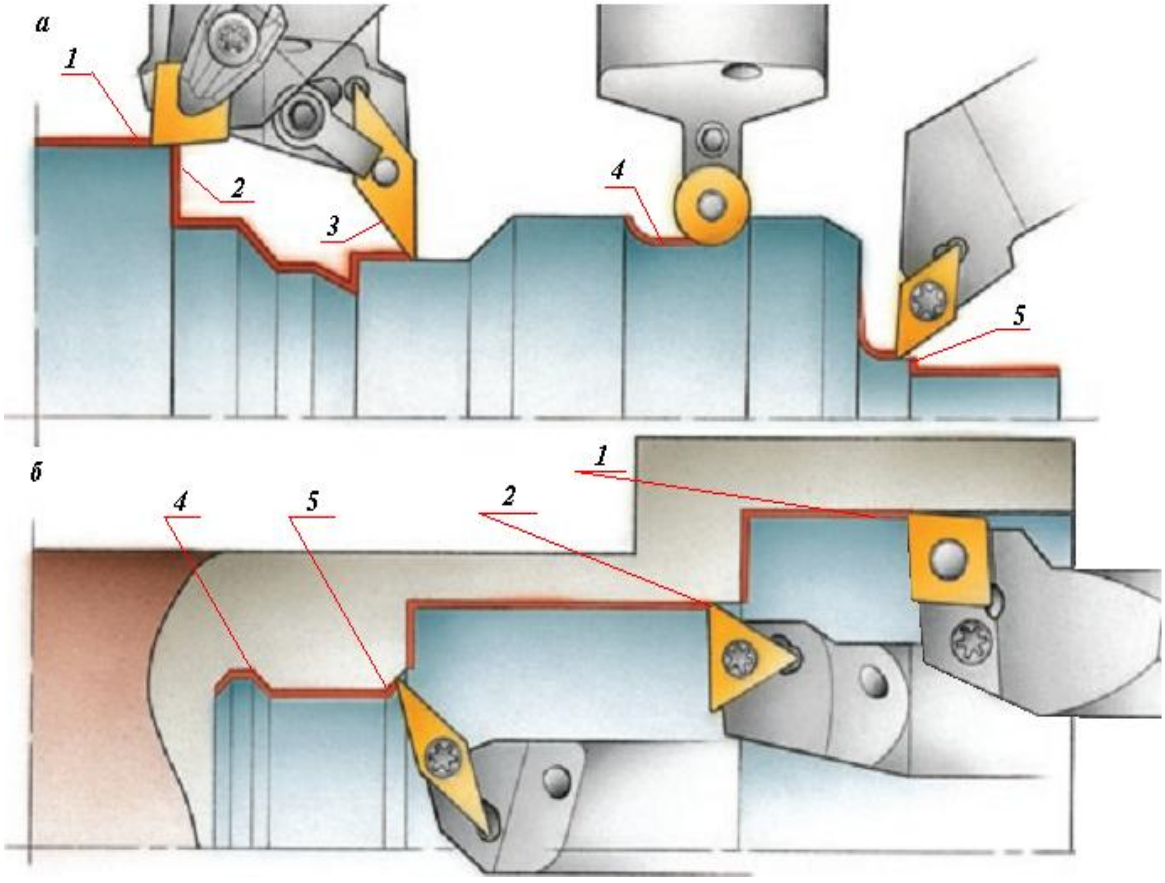


5.1 – сурет. Токарлы бұранда оятын әмбебап кескіш білдегі

Токарлы топтар үшін (***К*** - қарапайым дәлдікті токарлы винтті кескіш, ***М*** -жоғарыланған дәлдікті, ***Е*** - өтпелі габариттік топ, ***Н*** - айландырықтың горизонталь орналасуы, ***Р*** - шпиндельдің вертикаль орналасуы). Келесі сан білдектің конструктивтік маңыздылығын көрсетеді (***6*** - әмбебап). Соңғы сан-білдектің габариттік тобы.

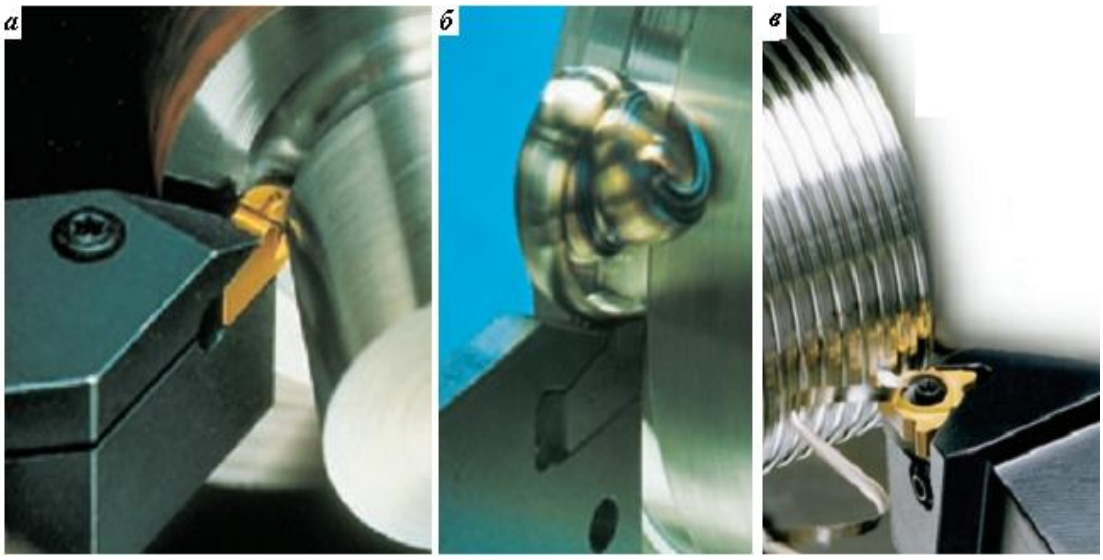
Токарлы бұранда оятын әмбебап кескіш білдегінде (5.1 - сурет): 1 – тұғыр; 2 – алдыңғы топай; 3 - артқы топай; 4 - үшжұдырықшалы қысқыш; 5 - кескіш тұтқасы; 6 - жылдамдықтар қорабы; 7 - берістер қорабы; 8 – құралкүймешік; 9 - жүрістік бұрама білік; 10 – жүрістік білігі.

Үшжұдырықшалы қысқы қондырылған жылдамдықтар қорабында орналасқан қуыс білікті – айналдырық деп аталады. Білдектің негізгі қозғалыстары: басты қозғалыс - айналдырықтың айналуы немесе $n_Б$ – бөлшектің минутқа айналым саны (2.1 - сурет); берілістің қозғалысы құралкүймешіктің жылжыу - $S_б$ - бойлық беріс; $S_к$ - көлденең беріс.



5.2 – сурет. Токарлық білдекте сыртқы (а) және ішкі (б) жұмыр денелі бөлшекті кесіп өңдеу:

1 - өтпелі беттерді жону; 2 – бұйырлы беттерді жону; 3 – пішімді беттерді жону; 4 – кертіккесу; 5 - сатылы пішімді беттерді жону.



5.3 – сурет. Токарлық білдекте сыртқы ойықша (а), кесіп алу (б) және бұранда ою (в) фотосуреттері

Сыртқы және ішкі жұмыр денелі бөлшекті кесіп өңдеу арқылы токарлық білдекте келесі жұмыстарды жүзеге асыруға болады (7.2 және 7.3 - суреттер):

— цилиндр және конус пішімді денелерді жону;

— тесіктерді кеңейтіп жону;

— бүйірлерді кесу;

— кертіккесу;

— осьтік құрал-сайманмен өңдеу (бұрғылау, ұңғылау, үңгілеу, ұң жонғылау) кесу, бұранданы ою және т.б.

Үшжұдырықшалы қысқы орнына төрт немесе арнайы қысқы, сондай – ақ көмекші жиекқұрсаулар пайдаланыуымен кез келген пішімдегі денелерге өңдеу беруге болады. Токарлық білдекте өңдеу бетіне байланысты келесі түрдегі құрал-саймандардан пайдаланылады:

Кесу режімін есептеу, тағайындау үшін өңделетін *дайындама* және дайын болатын *бөлшек* туралы келесі мәліметтер болу керек:

— дайындама материалы, физикалық және механикалық сипаттамасы;

— дайындама өлшемдері, дәлдігі және оны алу тәсілдері;

— бөлшектің сапа квалитеті, өлшемі, беттің кедір-бұдырлығы, өңдеудегі әдіптер сұлбасы, сондай – ақ оның қай жерде, қандай жағдайларда жұмыс істеуі жайлы қысқа мағлұматтар.

Өңдеуде қолданылатын *құрал - сайманға* қажетті мәліметтер:

— кесуші тілішенің материалы, мөлшері;

— құрал-сайманның өлшемі, геометриялық параметрлері.

Өңдеуді жүзеге асыратын білдек жайлы мәліметтер:

— басты жетектің қуаты;

— айландырықтың айналу жиілігі, берілістің шамасы;

— білдектің бөлшектерді орналастыру мүмкін болған жұмысшы аумағының мөлшері;

— өңдеуде пайдаланатын жиекқұрсаулар, айлабұйымдар.

Кесу тәртіптерін есептеу келесі реттікпен жүргізіледі.

1. Бір кесіп өтуге кесу тереңдігі таңдалады t *мм*. Орта қуатты токарлы білдектер үшін $t > 10 \div 15$ өрнекті қанағаттандыру қажет. Бұл мәндер кесіп өңдеу түрлеріне байланысты таңдалынады, мысалға алдын ала өңдеуге $t > 10 \div 15$ *мм*, болса ал тазалап немесе ақтық өңдеулерге $t > 1{,}0 \div 0{,}5$ *мм*.

2. Кесіп өңдеу берісінің шамасы тағайындалады S *мм/айл*. Алдын ала өңдеу кезінде беріс S, кесу тереңдігі t және дайындама диаметрі D *мм* мәндері негізінде тағайындалады: кесу тереңдігінің мәні үлкен, ал өңделініп жатқан бет диаметрі кіші болған сайын, S - тың мәнін соғұрлым кіші болу керек. Ақтық немесе аз тазалап өңдеу кезінде беріс S, өңделген етілген беттің талап кедір-бұдырлығына сәйкес таңдалады.

3. Кесу жылдамдығы V мен кескіш тұрақтылығы кезеңі T бірқалыпты байланысын экономикалық тіимділік негізінде қарастыру керек. Ол құрал - сайманға қойылатын талаптарға тікелей байланысты.

4. Өндіріс жағдайларында кесу жылдамдығы V мен кескіш тұрақтылығы кезеңі T бірқалыпты байланысын есепке алып, тәжірибе нәтижелерін статикалық өңдеу негізінде алынған, шамасы жақындатылған эмпирикалық формулаларда қолданылған.

$$V = \frac{C_V}{T^m \bullet t^{X_V} \bullet S^{Y_V}} K_M \bullet K_u \bullet K_0 . \qquad (5.1)$$

мұндағы $K_м$, $K_и$, $K_о$ – кесу процесіндегі жағдайларды ескеретін түзету машина жасау технологы анықтамасынан алынатын коэффициенттер [34].

Қалған параметрлер, яғни білдектің айландырығының айналу жиілігін n бесінші нөмерімен, кесу күшін P_Z алтыншы нөмерімен,

қажетті кесу қуатын $N_{кес}$ жетінші нөмерімен, анықтауларды өткен тақырыптарда қарастырғанбыз.

8. Есептелген білдек айналдырығы айналу жиілігінен ***n*** (білдек) > 5% × ***n*** (есептік) жоғары асып білдектің жылдамдықтар торкестесінен, тағайындалынады.

9. Кесу процесіндегі айналу моментін анықтап, шамасы білдектікімен салыстырылады, яғни білдекте тандалған айналдырықтың айналым санын $\mathbf{M_б}$ өркендетеді: $M < M_б$ болу қажет. Егер бұл шарт орындалмаса, онда білдек айналдырығы айналу жиілігі жұмыс уақытында төмендеу мүмкін. Немесе лездік уақытқа жұмыс тоқтау мүмкін, бұл жағдайда морт кескіштердің шыңдары шытнап кетеді.

Соң негізгі технологиялық немесе машина уақытын анықтаймыз $t_м$ ***мин***.

5.2. Бұрғы,үңгі және ұңғының кесетін бөлім элементтері

5.2.1 Бұрғымен тесу, үңгі және ұңғымен тесіктерді кеңейту, тазалау процесіндегі жоңқа пайда болуы

Бөлшектерді механикалық кесіп өңдеу түрлерінде - бұрғылау операциясы қолданылады. Бұрғылау операциясын жүзеге асыратын білдектердің негізгі түрлері [34,41]: ***2A125***, ***2A250*** (***A*** - әмбебап вертикаль айландырықпен, ***1*** – айландырық саны, ***25*** - бұрғының максимальды диаметрі).

Білдектің негізгі торабы (5.4 - сурет): тұғыр немесе тіреуіш 1 , айналдырықты топай – 2, айналдырық – 3, білдектің бөлшек орнататып бекітетін үстелі - 4.

Әмбебап вертикаль айландырықты бұрғылау білдегінің негізгі қозғалыстары

— басты қозғалыс - құрал-сайманмен, яғни бұрғымен бірге шпиндельдің айналуы;

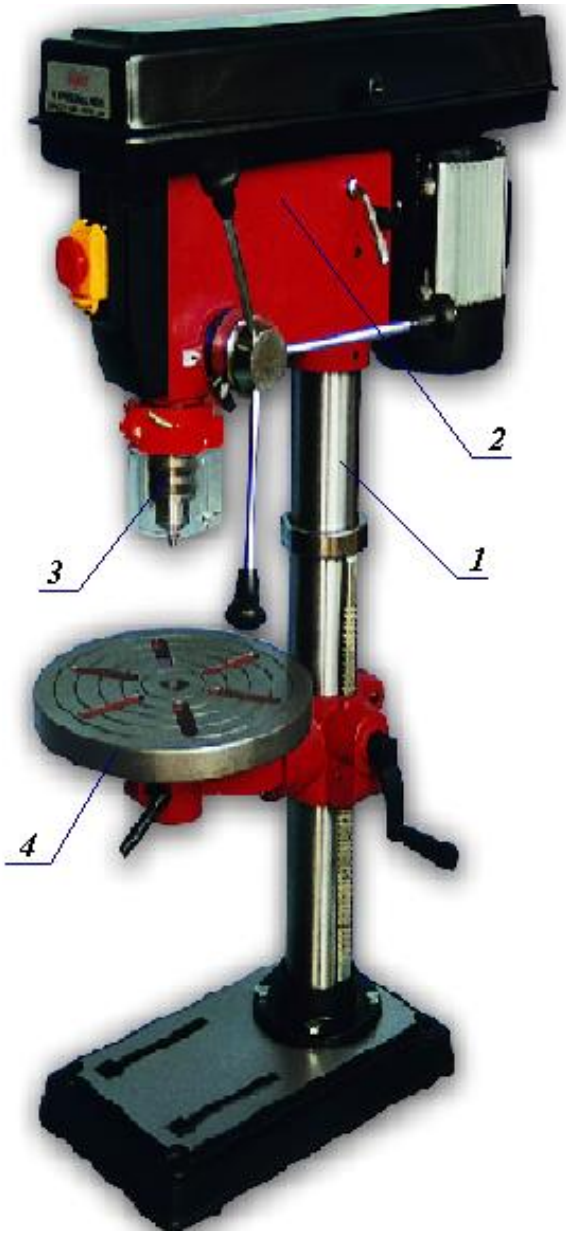
— кесу беріс - айналдырықтың вертикальды жылжуы;

— білдектің бөлшек орнатып бекітетін үстелінің тұғыр немесе тіреуіштің мәнінде реттеу айналу және вертикальды жылжуы.

Әмбебап вертикаль айландырықты бұрғылау білдегінде орындалатын жұмыстар: тесік тесу, тесіктерді кеңейтіп бұрғылау және тесіктердің ішкі беттерін тазалау.

Пайдаланатын құрал – сайман бұрғылар классификациясы:

1. Шиыршықты бұрғы — $L / D \leq 10$ тесіктерді бұрғылау үшін;



5.4 – сурет. Әмбебап вертикаль айландырықты 2А125 модельді бұрғылау білдегі

2. Қауырсынды бұрғы — жеңіл материалдар үшін (ағаш және пластмасса) немесе өте жай жылдамдықтармен өте қатты материалдарды өңдеу үшін;

3. Кесуші тілшесі қайта қайралмайтын — қатты қорытпалы бұрғы, сандық бағдарламалы білдектері үшін, тесік ***мөлшері*** $D \geq 32$ ***мм*** және $L / D \leq 5$.

4. Иірлік бұрғы — жоңқаның жырашығының көлбеу бұрышымен $\omega = 50 \div 60°$, тесік мөлшері $L / D = 10 \div 20$.

5. Терең тесіктерді бұрғылауға арналған бұрғы — біржүздік.

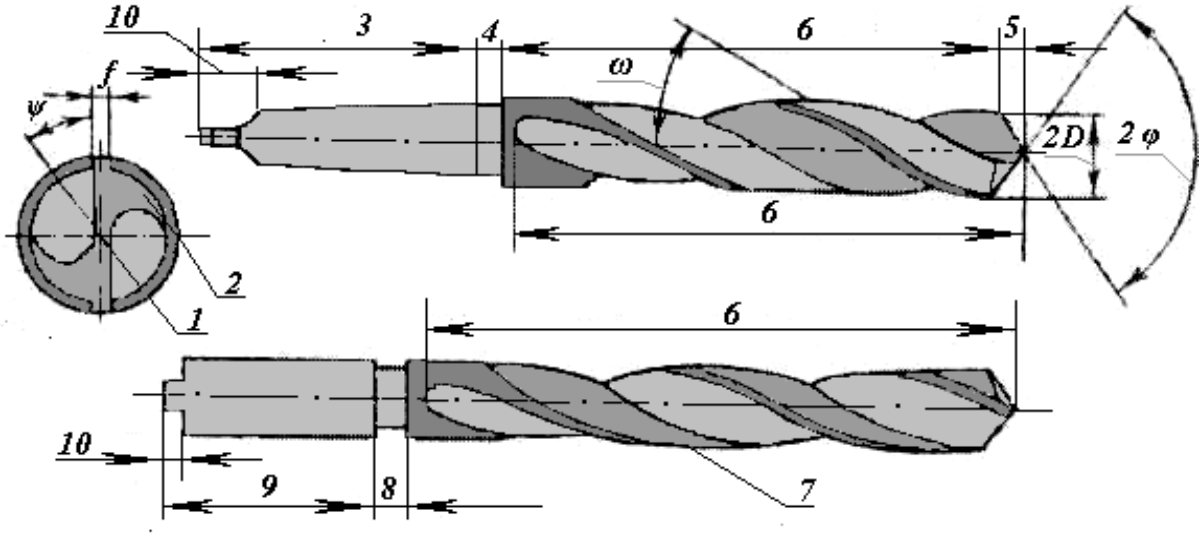
Шиыршықты бұрғының геометриялық параметрі

Шиыршықты бұрғылар жаппай материалда терең және тесіп өткен тесіктерді тесу, сондай - ақ бұрын болған тесіктердің артынан кеңейтуге арналады. Шиыршықты бұрғы негізгі бөлімдері 5.5 - суретте бейнеленген [31].

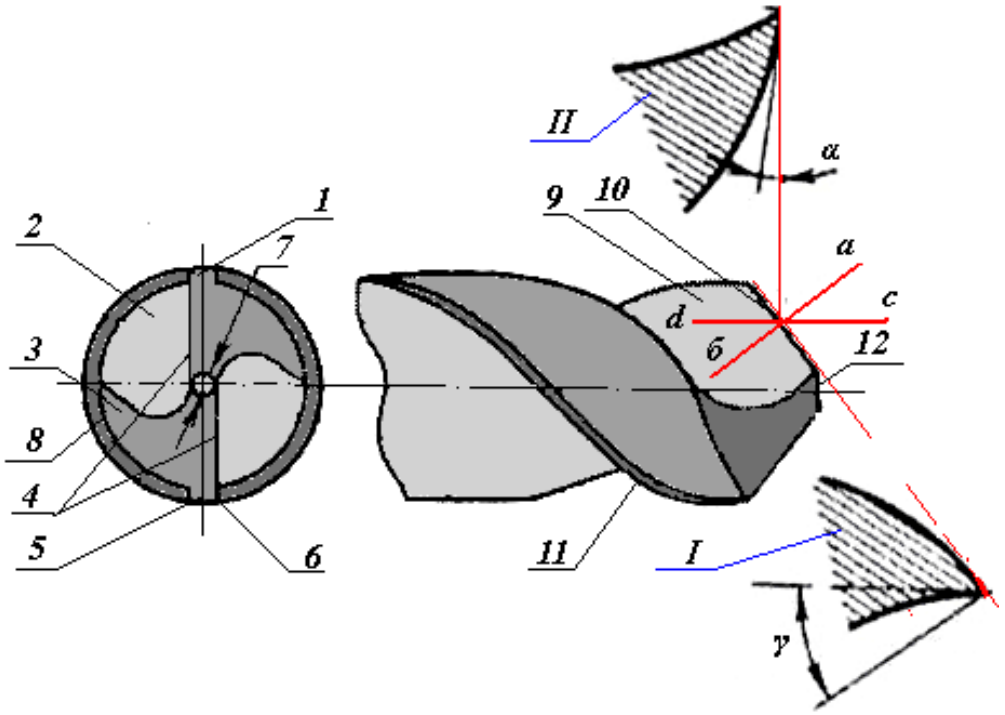
Диаметрі ***D ≤ 8 мм*** болған бұрғылардың құйрықшасы әдетте цилиндр түрінде болады, ал үлкен диаметрлі ***D > 8 мм*** бұрғылардың құйрықшасы конустық болып, сол конус көмегінде айналдырық конустық тесігіне немесе қосалқы конустық жиекқұрсауға орналастырады.

Шиыршықты бұрғы кесетін бөлім негізгі элементтері 5.6 - суретте бейнеленген, ал алғы және артқы бұрыш қималары I – ***қима аб***, II - ***қима cd*** көрсетілген. Бұрғы келесі негізгі бұрыштармен сипатталады: алдыңғы бұрыш — ***γ;*** артқы бұрыш — ***α;*** бұрандалық кішкене қанаудың ылди бұрышы — ***ω;*** көлденең жиек ылди бұрышы – ***ψ;*** бұрғы шың бұрышы — ***2φ.***

Алдыңғы шынтау бұрышы γ — кесетін жиек қаралатын нүктесіндегі алдыңғы бетіне жанамамен және бұрғы айналу осі жазықтығының дәл сол нүктесіне түсірілген нормаль арасындағы бұрыш.



5.5 – сурет. Шиыршықты бұрғының негізгі бөлімдері:
1 — көлденең жиек; 2 — тіс; 3 — құйрұқша;4 — мойынша; 5 — кесетін бөлім; 6 — жұмысшы бөлім; 7 — кішкене қанау; 8 — мойынша; 9 — құйрықша; 10 - тапталған табан.



5.6 – сурет. Бұрғы кесетін бөлімдерінің негізгі элементтері:
1 — артқы бет; 2 — кішкене қанау; 3 – тіс; 4 — кесетін жиек; 5 — кішкене лента; 6 — кішкене лента жиегі; 7 – өзек немесе бұрғы далдашасы; 8 — тіс арқалығы; 9 — алдыңғы бет; 10 — кесетін жиек; 11 — кішкене лента; 12 — көлденең жиек.

Бұл бұрыш кесетін жиекке перпендикуляр ***ab*** жазықтығында бейнеленген, кесетін жиек әрбір нүктесіне алдыңғы бұрыш өзгергіш мөлшермен келіп, мына теңдеумен есептеледі (ұстатқыш ені есепсіз):

$$tg\gamma = \frac{r_x}{R} \bullet \frac{tg\,\omega}{\sin\varphi} \qquad (5.2)$$

мұндағы:

r_x — қаралатын нүктеге орналасқан шеңбер радиусі;

R — бұрғы радиусі;

ω — бұрандалық кішкене қанаудың (жоңқа бунағының) ылди бұрышы;

φ — алдыңғы жақтағы негізгі бұрыш.

Бұрыш γ ең үлкен мағынаға бұрғы сырттарында ие болады, ал бұрғы ***cd*** осіне паралель жазықтықта, ол кішкене қанаудың

бұрандалық ылди бұрышы ω мен бірдей, сондай - ақ алдыңғы бұрыш γ ең аз мағынасына бұрғының ұшында да ие болады.

Артқы шынтау бұрышы α — кесетін жиек қаралатын нүктесіндегі артқы бетке жанамамен және бұрғы айналуы осі айнала шеңберіндегі дәл сол нүктесіне түсірілген жанама аралық бұрышы. Бұл бұрыш кесетін жиек қаралатын нүктесіне жататын цилиндрлік бетке жанама бойынша бағытталған ***cd*** жазықтығында қаралады. Мұндай цилиндрлік бет осі, бұрғылар осімен беттесіп келеді.

Бұрғының кесетін жиегі бойлай тіс қимасы барлық ұзындықтарында практикалық бірдей болу үшін, артқы ұштау бұрышы дәл алдыңғы бұрышындай өзгермелі болуы тиіс, яғни сырттарында азырақ, ал өзекте көбірек.

Бұрандалық кішкене қанауының (жоңқа бунағының) ылди бұрышы ω — бұрғы ось бағытымен, кішкене таспашаға жанама арасындағы бұрыш (5.5 - сурет).

Көлденең жиек ылди бұрышы Ψ — бұрғы осіне перпендикуляр жазықтыққа проекцияланған көлденең және кесетін жиектердің арасындағы өткір бұрыш (5.5 - сурет).

Бұрғы шың бұрышы 2φ — негізгі кесетін жиектер аралық бұрышы (5.5 - сурет).

Бұрғыда сызбада берілген артқы бұрыш $\mathbf{8 \div 14^0}$ тең, ал орталығы $\mathbf{4 \div 5^0}$ ұлғаяды. Бұрғының диаметрі кіші болған сайын, соғұрлым артқы бұрыш көп тағайындалады.

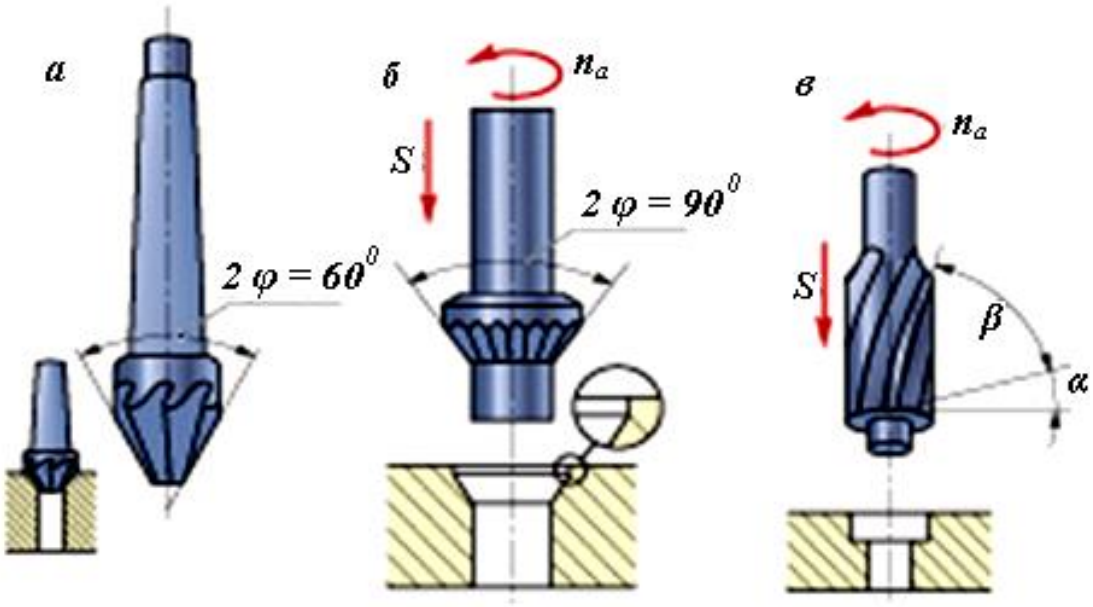
Шиыршықты бұрғының геометриялық параметрін алу үшін қайралады, бірақ кесу бұрыштары кесу жиегінің мәнінде бірдей болып келмейді. Егер қайрауға кесу жиегінің шет жағыда $\alpha = 8 \div 14°$ дайындалса, жиек өзекке жақындаған сайын $\alpha = (8 \div 14) + 4 \div 5°$ өзгереді.

Дайындамада бар тесіктерді тез кеңейту, шетмойын өңдеу үшін, алдын ала кесіп өңдеуде, үңгі құрал – сайманы пайданылады (5.7 - сурет).

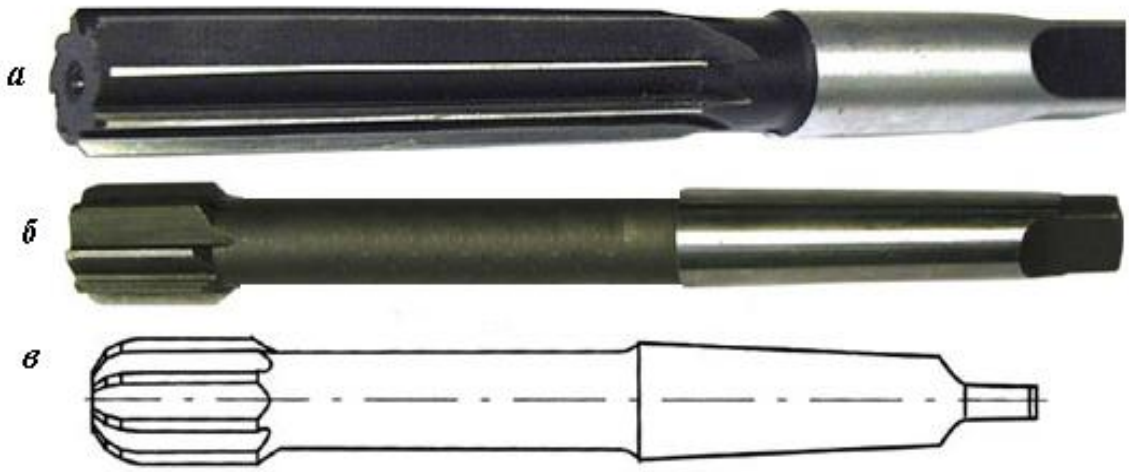
Артықшылығы беріс ***S,*** үнгі тістері көп болғандықтан, әр қайсысына келетін беріс $S_Z = S / i$ тең. Бір технологиялық жүрісінде ондаған миллиметр металл қабатын кесіп өтуге мүмкіншілігі бар құрал – сайман, өте тиімді және үнемділігі үшін кеңінен қолданылады.

Технологиялық тұрғыдан қаралғанда кіші диаметрдегі шетмойын тек қана үңгімен өңделеді. Сонымен қатар кіші тесіктердің ішкі беттеріне жоғары сапа дәлдік талаптары қойылса, беттің кедір – бұдырлығы төмен болуын қамтамасыз ету қажет болғанда

бұрғылаудан кейін, ақтық ұңғылау әдісі қолданылады (5.8 - сурет).



5.7 – сурет. Үңгілеу құрал – сайманы өңдеу процесінде:
а) тесіктерді тез кеңейту; б) тесікке салыстырмалы дәл орналасқан жиектерді өңдеу; шетмойын өңдеу.

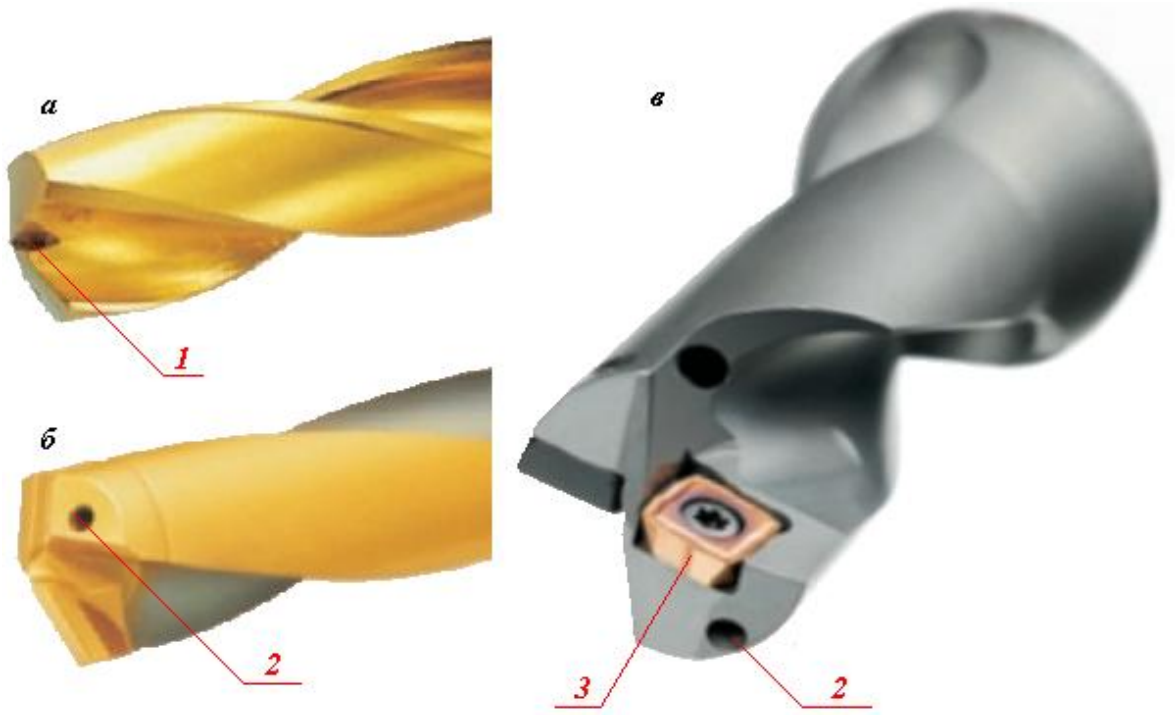


5.8 - сурет. Ұңғылау құрал - сайман фотосуреті (а,б) мен сұлбасы (в):
а) терең тесіктердегі жалпы бетін ұңғылау; б) терең тесіктерді қажет беттерін ұңғылау.

Бұл құрал – сайманда – да тістер саны үңгіден аз, ал бұрғыдан көп болып, кесетін жиектері көбінесе тік орналасады. Кесу тереңдігі ***1***

/ 10 мм бөлігінде болып келеді. Ұңғылар пішімі цилиндр және конус денелерін өңдеуге арналған. Технологиялық тұрғыдан тиімді болу үшін, әр бір диаметрдегі ***0,1 ÷ 1 мм*** тесік өлшемдеріне арнап ұңғы құрал сайманын жасай бермеу үшін – диаметрлері реттелетін ұңғылар кеңінен қолданылады.

Заманауи машина жасау саласында қарастырған бұрғылардың коструктициясына жаңа элементтер енгізілген. Бұл конструцияларды 5.9 – суретте қарастырайық.



5.9 – сурет. Coro Drill Delta C, Coromant Delta, Coro Drill 880 үлгісіндегі бұрғы фотосуреттері:
1- жойылған далдаша; 2 – СМС – ға арналған тесік – канал; 3 – қатты қорытпалы тілімше.

Бұрғының диаметрі қаншалық үлкейсе, оның конструкциясында далдаша өлшеміде өсіп барады. Демек үлкен диаметрлердегі бұрғылармен бірден тесікті тесуге болмайды. Себебі бұрғы 5.6 – суреттегі 7 – элементте бейнеленген далдашаның беті тесік орналасқан бетке паралель болып келеді. Бұл бұрғының кесетін қырларын тесілетін денеге еніп кіріуіне қарсыласады. Соның үшін практикада далдашаның енінен шамалы үлкен етіп кішілеу бұрғымен тесік тесіліп, содан соң үлкен диаметрдегі бұрғы қолданылады. «Coro Drill Delta C» бұрғыларында далдаша жойылған түрде ұсынылған

(5.9, *а* – сурет). Экономикалық тиімділік тұрғыдан алған кезде, бұрғы құрал – саймандары көбінесе жылдам кескіш болаттардан жасалады. Бұндай бұрғыларды пайдаланғанда, міндетті түрде кесу процесінде СМС қолданыу қажет. Кесу аймағына СМС жеткізіп беру үлкен қиындықтар туындатқан. «Coromant Delta» бұрғыларының денесіндегі тесік – канал арқылы кесу аймағына СМС қысым астында жеткізіледі (5.9, *б* – сурет). Бұл конструкциядағы бұрғылар өңдеу кезінде, кесу жылдамдығын асыруға, үйкеліс күшін, температурасын, сонымен қатар кесу күшін төмендетеді. СМС кесу аймағына тікелей келтірілу кесіп алынатын қабатты жоңқаға тез айланыуына, сондай – ақ жоңқаның кесу аймағынан эвакуациясына ықпал жасайды.

Машина жасау өндірісінің қарқынды дамыуы, кесу құрал – саймандарында, қайта қайралмайтын, сонымен бірге тез алмастырылатын тілімшелерді қолданыуға талап қойып жатыр. Тез алмастырылатын тілімшелі кесетін құрал саймандарды пайдаланыу өндіріс өнімділігін жоғарылата түседі. Соның үшін өндірістерде кеңінен «Coro Drill 880, Coromant U R416.2, T – Max U» сияқты бұрғылар қолданылуда (5.9, *а* – сурет). Бұл бұрғыларға стандарталған тілімшелер механикалық тәсілмен бекітіледі. Қатты қорытпалы тілімшелерді қолдаумен, бұрғы тұрақтылығын 20 есеге дейін өсіру мүмкін. Бұл бұрғылардың технологиялық мүмкіншіліктері келесідей: тесікке шақтама ***IT8*** квалитет бойынша тағайындау, тесіктің геометриялық ауытқысын $\delta = 0{,}25$ *мм*, ал бет кедір – бұдырлығы $R = 1$ *мкм*, жоғары жылдамдықтарда $R = 0{,}5$ *мкм* дейін төмендету мүмкін.

Бұрғылау процесінде токарлық процесіндегі құбылыстарға ие пайда болатын жоңқалардың түрлері дәл осындай. Жоңқа шөгу процесіде байқалады, тұтқыр материалдарда өңдегенде бұлтық пайда болыуы мүмкін. Бірақ бұл ұқсастықтардан басқа келесі айырмашылықтары бар [42]:

1. Бұрғы осьіне жақындасқан сайын алдыңғы бұрышының мәндері сол таңбаға өту себебіден кесіп алынатын жоңқа артықша деформацияланады. Салдарынан үйкеліс күші, кесу күші көбейіп, температура жоғарылайды.

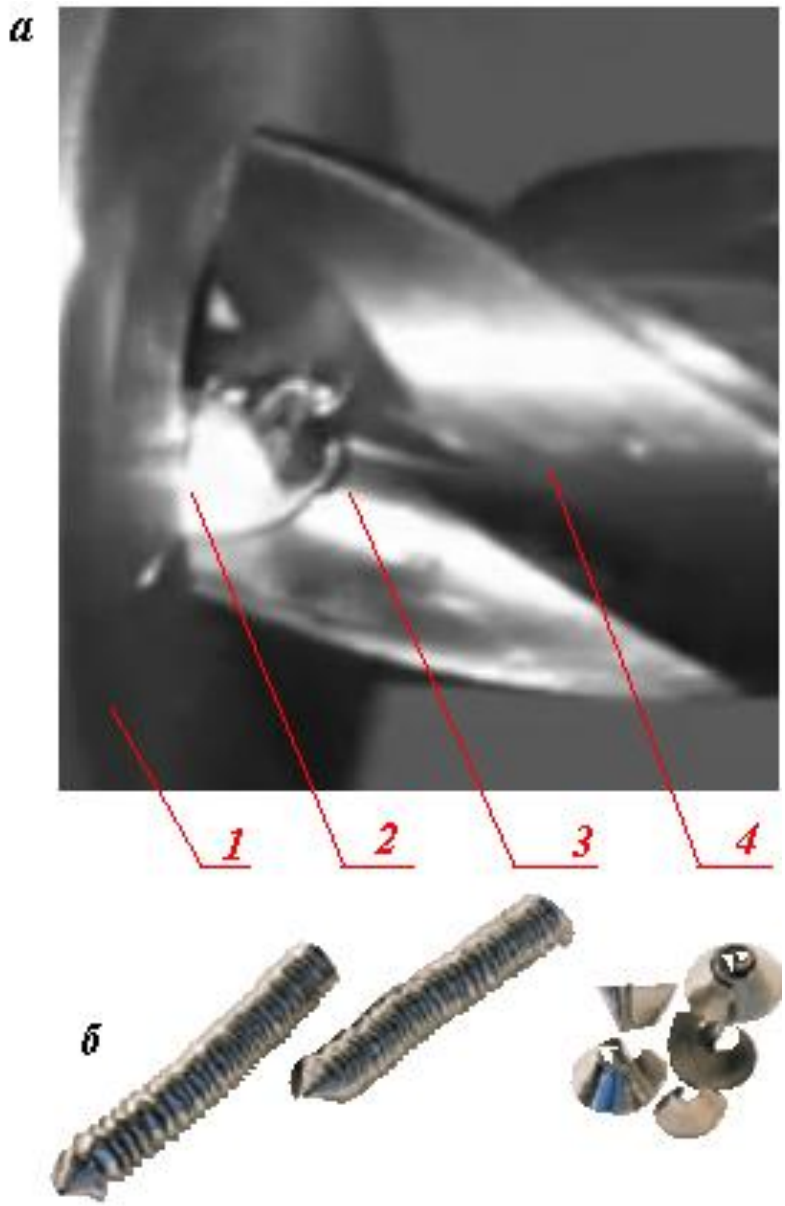
2. Құралдың таспашасында артқы бұрыштың жоқтығынан үйкеліс қарқындайды.

3. Бұрғы кесу жүздері үнемі өңделіп жатқан материалмен түйісіп жұмыс істейді.

4. Кесу жүздеріндегі түрлі нүктелеріндегі жылдамдықтардың айырмашылықтары, жоңқа деформациясын күрделендіреді.

5.9, *а* – суретте бейнеленген бұрғылау процесінде пайда болған

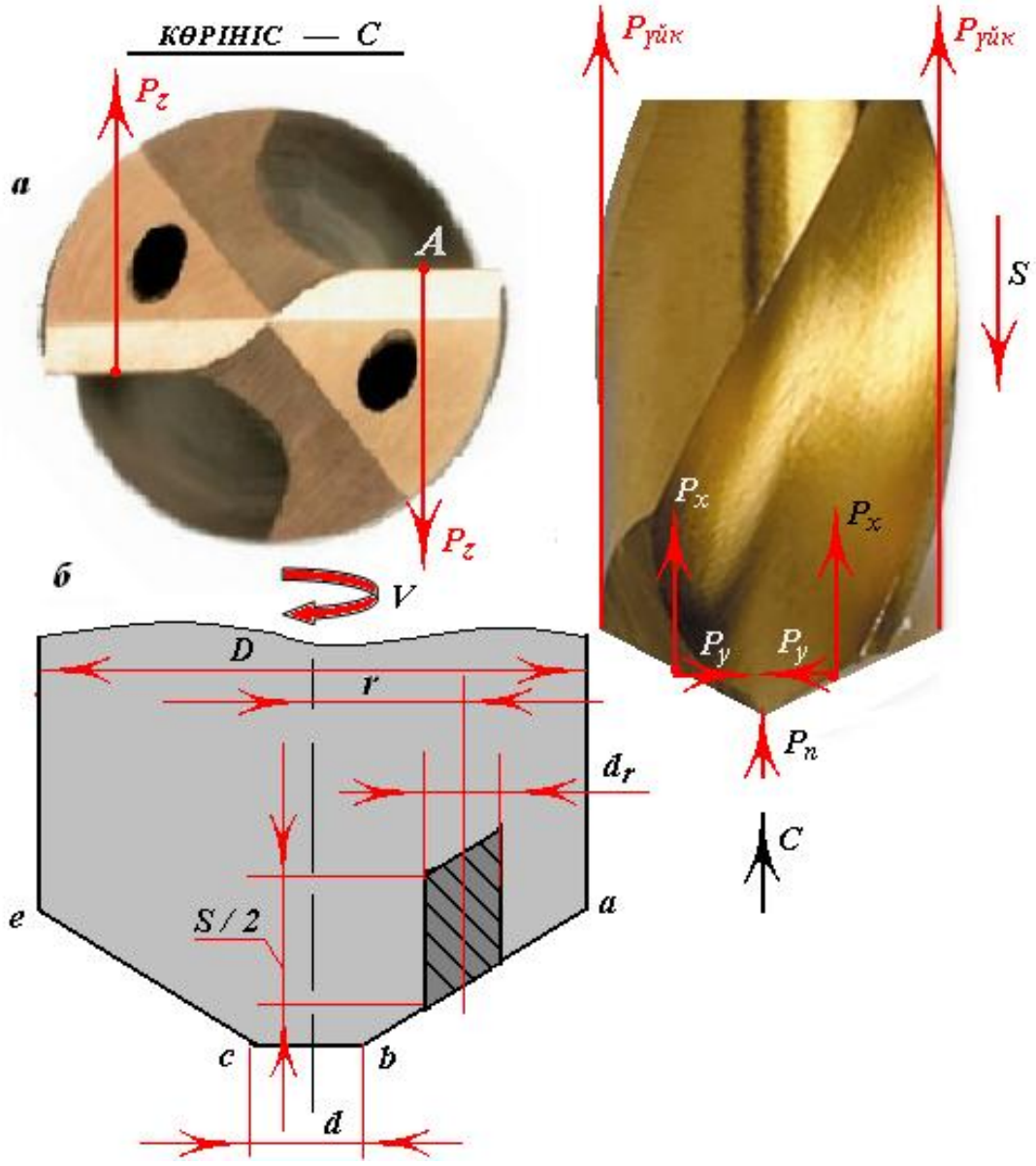
жоңқа 2 жоңқа бунағы 3 арқылы кесу аумағынан бұйраланып шығады. Шиыршықты бұрғыларда кесіліп жатқан тереңдік екі кесу жүзіне тең бөлінеді. Жоңқа бунағының пішімдеріде жоңқаны шиыршықтаныуына өз септігін тигізеді (5.9, *б* – сурет). Әдетте кесу берісін кемейтіп, жылдамдықты көбейтсек жоңқа мөлшері кішірейеді. Бұрғылау процесінде ең қауіпті жағдай бұл түзеліп жатқан жоңқа, жоңқа бунағынан сырқа шығып үлгірмей, бұрғымен бірге тесікте кептеліп қалуы мүмкін. бұл жағдайда бұрғы қирайды. Соның үшін жоңқаның ұзындығын және мөлшерін қатаң қадағалау шарт.



5.10 – сурет. Бұрғы тесік тесу процесінің (а) және бұрғылаудағы түзелетін жоңқалардың (б) фотосуреттері:
1- дайындама; 2 – пайда болып жатқан жоңқа; 3 – жоңқа бунағы; 4 - бұрғы.

5.2.2. Бұрғыға әсер ететін күштер. Бұрғылау кезінде осьтік күштерді және моментті есептеуге арналған теңдеулер

Бұрғылау процесінде бір уақыттың өзінде екі немесе оданда көп жүздер қатысуыны ескерсек, кесу күштерін зерттеу міндетті болып табылады. Осьтік құрал – саймандар тобындағы бұрғымен өңдеу процесін жүзеге асырғанда тек қана осьтік емес сондай – ақ бұрау моментіде пайда болуы мүмкін.



5.11 – сурет. Бұрғылау процесінде бұрғыға әсер ететін күштер (а) және бұрау моментін есептейтін сұлба (б)

Бұрғылау процесінде бұрғыға әсер ететін күштер оның кесетін жүздері бойынша тең әсер етпейтін болып таралған [42].

Кесу күштерін зерттеу үшін, оны тең әсер етуші күш, сонымен қатар кесу жүзінің бір ***A*** нүктесіне тиелген деп қабылдаумызға болады (5.11, *а* – сурет).

Кесу күшін өзара перпендикуляр үш осьге жіктеп шығып, әрбір кесу жүзіне әсер ететін кесу құрастырушы күштерін аламыз (5.11, *а* – сурет):

1. Кесу күшінің құрастырушысы P_z жұмыс орындалуы үшін, білдек айландырығы жеңіп шығатын - ***бұрау моментін*** $M_{бм}$, ***кГк·м*** туындатады.

2. Құрастырушысы күш P_y радиус бойынша бағытталып өз – өзімен жойылып кетеді.

3. Құрастырушысы күш P_x бұрғы далдашасындағы P_n күшімен бірге осьтік немесе кесу берісінің күшін ***P*** түзейді.

Сонымен бұрғылау процесінде бұрғыға бұрау моменті $M_{бм}$ және осьтік немесе кесу беріс күші ***P*** әсер етер екен [42].

Негізгі кесуші жүздердегі бұрау моменттерін теориялық жолмен есептеуді қарастырамыз. 5.11, *б* – суретте бейнеленген сұлбадан бұрау моменті $M_{бм}$, кесуші жүздердегі ***аб се***, және далдашадағы ***bc*** пайда болатын кесу күштерінен, сонымен қатар бұрғы таспашасындағы үйкеліс күштерінен $P_{үйк}$ тұрады.

Кесі жүзінде $dr\frac{S}{2}$ көбейтіндісіне тең қиық алаңшасын саламыз (5.11, б – сурет).

Бұл алаңшада $pdr\frac{S}{2}$ элементар күші әрекетте десек, мұндағы ***p*** – меншікті кесу күші болып келеді.

Меншікті кесу күшінің мөлшері кесу аймағының кемейуімен төмендеу бізге белгілі [42]

$$p = \frac{A}{S^{\alpha}} \qquad (5.3)$$

Бұл жағдайда, элементар бұрау моменті

$$dM = p \bullet dr \bullet \frac{S}{2} \bullet r =$$

$$= \frac{A}{S^{\alpha}} \bullet \frac{S}{2} \bullet r \bullet dr = BS^{1-\alpha} r \bullet dr$$

Өрнектен

$$M_{бм} = 2 \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} B \bullet S^{1-\alpha} r \bullet dr =$$

$$= B \bullet S^{y_M} \frac{r^2}{2} \Bigg|_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} = C_M \bullet S^{y_M} \bullet D^{z_M} \qquad (5.4)$$

Элементар меншікті осьтік күшті интегралдап

$$p = \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} p \bullet \frac{S}{2} dr,$$

келесі теңдеуді шығарамыз

$$p_{ос} = C_p \bullet S^{y_p} \bullet D^{z_p} \qquad (5.5)$$

Бұрғының кесетін жүзіне келетін, осьтік күш және бұрау моментін кейбір мәндері 5.1 –кестеде, мысал ретінде келтірілген.

Кестеден бұрау моментінің негізгі бөлігін басты кесетін жүз құрайды, ал осьтік күштің негізгі бөлігін далдаша немесе өзек құрайтыны белгілі. Соңғысы далдашаның өзіндік жұмыс шартымен байланысты: үлкен және теріс алдыңғы бұрыш γ_a мәндерінде далдаша металлды кеспейді, оны деформациялап, сығыуды бастайды.

Далдашаның алдыңғы бұрышы : - $\gamma_a \cong \varphi = 60^{\circ}$.

5.1 - кесте

Бұрғының жүзіне келетін, осьтік күш және бұрау моменті

Кесетін жүз	**P_0, %**	**М, кГк·м**
Негізгі	80	40
Қосалқы	12	3
Көлденең	8	57

Бұрғылау процесіндегі кесуші күштерді екі құраушы динамометрмен өлшеуге болады [10, 11]. Тәжірибелер нәтижесі бойынша теориялық теңдеулерді пайдалана отырып келесі эмпириялық теңдеулерін аламыз [34]:

$$M_{бм} = C_M \bullet S^{y_p} \bullet D^{z_p} \bullet K_M, \; кГк \cdot м \qquad (5.6)$$

$$p_{ос} = C_p \bullet S^{y_p} \bullet D^{z_p} \bullet K_p, \; кГк\cdot, \qquad (5.7)$$

мұнда

C_M және C_P — эталон етіп қабылданған бұрғылау шарттарын және өңделіп жатқан материал қасиеттерін ескеретін коэффициент;

K_M және K_P — жалпы түзету коэффициенттері болып анықтамалардан қабылданады.

Мысалға болатты Р9 таңбалы жылдамкескіш болаттан жасалған бұрғымен бұрғылағанда $M_{бм} = 0{,}0345 \cdot D^{2} \cdot S^{0,3}$, *кГк·м*, ал шойынды бұрғылағанда $P_{ос} = 57 \cdot D^{2} \cdot S^{0,8}$, *кГк* болар екен [42].

Бұрғының кесетін жүзіне келетін, осьтік күш және бұрау моментіден пайдаланып бұрғылау процесінде тиімді қуатты келесі теңдеумен есептеуге болады [42]:

$$M_{бм} = 716{,}2\frac{N}{n} \qquad (5.8)$$

Бұрғылау процесінде қуат бұрғының айналыуына – $N_{айн}$ және кесу берісіне - $N_{бер}$ шығындалатын қуаттардан түзеледі:

$$N_{кес} = N_{айн} + N_{бер} = \frac{M_{бм} \bullet n}{716{,}2 \bullet 1{,}36} + \frac{p \bullet S \bullet n}{60 \bullet 102 \bullet 1000}, \text{ кВт} \qquad (5.9)$$

Кесу берісіне - $N_{бер}$ шығындалатын қуаттың мәні шамалы екенін ескерсек $N_{бер} = (0{,}5 \div 1{,}5)\ \% \cdot N_{айн}$, 5,9 – теңдеуді келесідей өрнектеуге болады

$$N_{кес} = \frac{M_{бм} \bullet n}{716{,}2 \bullet 1{,}36}, \text{ кВт} \qquad (5.10)$$

Бұрғылау білдектерінің асқын жүктеліу коэффициенті – 1,3 және ПӘК – ін есепке алып [43]:

$$N_{кес} \le N_{б} \eta \bullet 1{,}3 \qquad (5.11)$$

5.2.3. Бұрғылау кезінде осьтік күштер және моментке әртүрлі факторлардың ықпалын жасауы

Бұрғылауда кесу процесі бұрғының бес элементімен жүзеге асырылады: екі негізгі кесетін жүз, далдаша, екі бағыттаушы таспашамен. Бұл элементтерге әр біріне жалпы кесу осьтік күші және бұрау моментінің үлестері бөлінген. Әдебиеттердегі арнайы жүргізілген тәжірибелерге негізделіп келесілерді баяндауға болады [42]:

1. Мөлшері бойынша бұрғылау процесіндегі бұрау моменті $M_{бм}$:

— негізгі кесетін жүзге – 80%;

— далдашаға – 8 ÷ 12 %;

— қалған 12 ÷ 8% үлесі құрал – сайман таспашасының дайындама денесіне және жоңқаның жоңқа бунағына үйкелуіне шығындалады.

2. Мөлшері бойынша кесу осьтік күші $P_{ос}$:

— — негізгі кесетін жүзге – 40%;

— далдашаға – 57 %;

— қалған 3% үлесі құрал – сайман таспашасының дайындама денесіне және жоңқаның жоңқа бунағына үйкелуінен шығындалады.

Кесу күштеріне бұрғының геометриялық пішімдері тікелей әсер етеді. Мысалға жоңқа бунағы көлбеулік бұрышы ω - ның мәндері артуымен, алдынғы бұрыш γ – ның мәндері көбейіп, жоңқа пайда болу процесі жеңілдетіп, бұрау моменті $M_{бм}$ мен осьтік күш $P_{ос}$

бәсеңдейді. Жоңқа бунағы көлбеулік бұрышы $\omega = 30^o$ мәндерінде бұрау моменті $M_{бм}$ мен осьтік күш $P_{ос}$ ең төмен мәндерге ие болады [44].

Бұрғы шың бұрышы 2φ – ның өзгеріуі, кесіп алынатын қабаттың енімен жуандығы мөлшерлеріне әсер ететінін ескерсек (2.2 - сурет), міндетті түрде бұрау моменті $M_{бм}$ мен осьтік күш $P_{ос}$ – терінің өзгеріуіне ықпал жасайды. Шың бұрышының мәндері көбейіуімен бұрау моменті төмендеп, ал осьтік күш өсіп отырады [45].

Қатты материалдарды бұрғылағанда бұрғы шың бұрышы 2φ, мүмкін болғанша көп, ал пластикалық жұмсақ материалдарда аз мөлшерде болыуы ұсынылады. Себебі шың бұрышының мәндерінен бұрғы кесетін жүзінің ұзындығы өзгеріп түйісу аумақтарына әсер етеді.

Бұрғы далдашасының ұзындығы бұрау моменті $M_{бм}$ – ға емес, ол осьтік күш $P_{ос}$ – не басымдау әсер етеді. Осьтік күш мәндерін төмендету үшін бұрғы шыңында 5.9, *а* – суретінің 1 - элементіндегідей далдаша арнайы ойықтар оюмен жойылады.

Өндірістерде өңденілетін материалдың қасиеттері эмпириялық өрнектермен анықталады [46].

Бұрау моменті:

$$\left.\begin{aligned} M_{бм} &= C_1 HB^{q_м} \\ M_{бм} &= C_1 \sigma_B^{q_м} \end{aligned}\right\} \qquad (5.12)$$

Осьтік күш:

$$\left.\begin{aligned} p_{ос} &= C_2 HB^{q_р} \\ p_{ос} &= C_2 \sigma_в^{q_р} \end{aligned}\right\} \qquad (5.13)$$

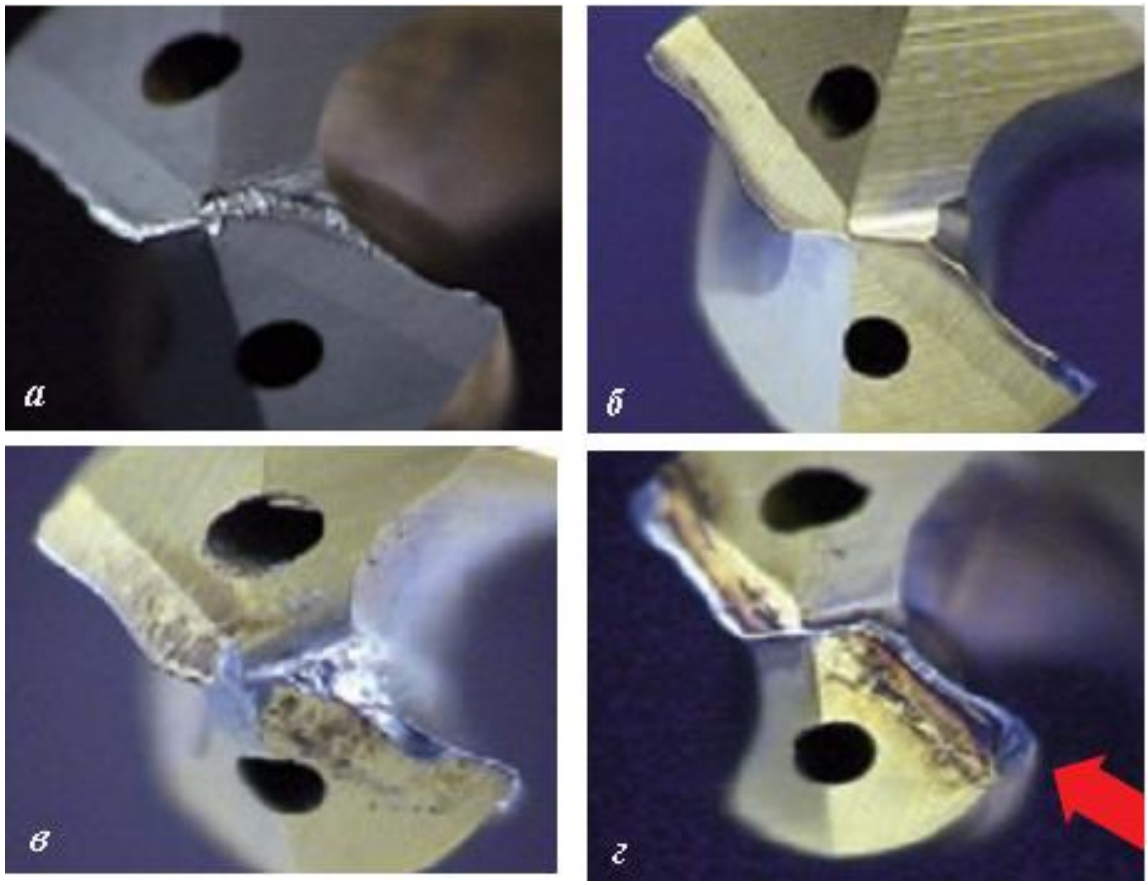
Тұрақты коэффициент мәндері, дәреже көрсеткіштері технолог мамандарына арналған анықтамалардан таңдап қабылданады [47].

5.2.4. Бұрғылардың тозыуы

Кесу процесінде бұрғылар басқа кесетін жүздік құрал -

саймандарындай тозады. Жону процесінде қарастырғандай тозу элементтеріден түзеледі. Бұрғылауда әдіттегідей алдыңғы беттен тозу $h_{алд,}$ артқы беттен тозу $h_{арт}$ - дан басқа, кесетін жүзбен таспаша жалғанатын аумақтағы тозу - h_{mac} да байқалады. Бұрғының төзімділік шегі, яғни тозыуының аума мәндері, оның тұрақтылығы – T - ні береді.

Бұрғыларда тозу ненің салдарынан келіп шығыуын, сондай – ақ тозудың алдыны алу амалдарын әдебиеттердегі мағлуматтар негізінде, «Coro Drill Delta C» бұрғы мысалында сипаттауға болады [48].



5.12 – сурет. Бұрғылау процесінде Coro Drill Delta C бұрғыларының тозыу

5.12, *а* – суреттегі бұрғының кесетін жүздерінде бұлтық түзелгенінің салдары:

— кесу жылдамдығы және кесу температурасы өте төмен;
— кесу жиегінің өте үлкен теріс мәндері;
— бұрғының беткі қабатында арнайы бүркеу жоқтығында;
— СМС – тың құрамында ,майдың үлесі өте аз.

Бұлтық пайда болуын жою:

— кесу жылдамдығы мәндерін өсіру және сырттан кесу аумағына СМС жеткізіп беру;

— кесу жүздерін қайрау;

— бұрғының беткі қабатында арнайы, үйкеліске және тозуға төзімді материалдан сыртқы қабат бүркеу;

— СМС – тың құрамында майдың үлесін көбейту.

5.12, *б* – суреттегі бұрғының кесетін жүздерінің уатылу салдары:

— бұрғы қатаң бекітілмеген;

— радиалды соққы күштері туындауынан;

— кесу процесі үзік – үзік;

— СМС - тің қажетті мөлшерде еместігінен, термосызаттар пайда болуы басталады;

— бұрғы қысқышы қатаң емес.

Кесетін жүздері уатылуын пайда болуын жою:

— бұрғыны қатаң бекіту;

— радиалды соққы күштерін мөлшерін тексеру және жою;

— кесу берісі мәндерін азайту;

— бұрғы қысқысын тексеру.

5.12, *в* – суреттегі бұрғының кесетін жүздерінің сыну салдары:

— кесу процесі динамикалық бір қалыпты емес;

— тозудың шекті мәндеріннен шығып кету;

— құрал – сайман материалына салыстырмалы түрде өңделініп жатқан материалы өте қатты.

Бұрғының кесетін жүздерінің сыныуының алдыны алу:

— БЖАБ жүйесінің қатаңдығын тексеру;

— жұмысты тоқтатып бұрғыны алмастыру

— қатты қорытпалы бұрғыларды қолдау.

5.12, *г* – суреттегі бұрғының таспашасының тозу салдары:

— радиалды соққы күштері мөлшерінен артық;

— СМС – тың және құрамында майдың үлесі аздығында;

— кесу жылдамдықтарының мәндері өте жоғары;

— өңделініп жатқан материалда қажақ элементтерінің барлығы.

Бұрғы таспашасының тозуының алдыны алу:

— білдек айландырығын соққыға тексеру;

— СМС – тің құрамында май мөлшерін көбейту немесе май пайдалану;

— бұрғы материалының қатты және беріктерін таңдау.

Конструкциялық болаттарды өңдегенде жылдам кескіш болаттардан жасалған бұрғының тозыу алдыңғы, артқы беттерінде, ал

морт материалдарда бұрғы таспашасында байқалады. Кесетін жүзбен таспаша жалғанатын аумақтағы тозу, қауіпті есептеледі, өйткені оның үлкен мәндерінді бұрғыны қайта қалпына келтіру қиынға соғады.

Бұрғыны қайта қайрауға тозу шектері келесідей қабылданған:

1. Жылдам кескіш болаттардан жасалған бұрғымен шойындарды өңдегенде артқы беттің тозуы $h_{арт} = 1,1$ *мм*, кесетін жүзбен таспаша жалғанатын аумақтағы тозыу - $h_{мас} = 0,5 \div 1,2$ *мм*.

2. Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған бұрғылармен болат және шойындарды өңдегенде артқы беттің тозуы $h_{арт} = 0,4 \div 1,1$ *мм*.

Үлкен диаметрдегі бұрғыларда бұл мәндер көбірек болу мүмкін.

Бұрғының тұрақтылығы бұрғылау жылдамдығына өз септігін тигізеді.

Бұрғылау жылдамдығының мәндері өсумен, кесу температурасы жоғарылап, бұрғының тозыуы қарқындай түседі. Бұрғы тұрақтылығымен кесу жылдамдығы байланысы келесідей өрнектелген [47]:

$$V = \frac{C_v}{T^m}, \; м/мин \qquad (5.14)$$

мұнда

C_v - тұрақты коэффициент;

m – салыстырмалы тұрақтылық көрсеткіші.

Тұрақты коэффициентпен салыстырмалы тұрақтылық көрсеткішінің мәндері кесу шарттары, өңделініп жатқан бөлшек және құрал – сайман материалының қасиеттеріне байланысты машинажасау технологы анықтамасынан таңдалынады [34,47]. Жылдам кескіш болаттардан жасалған бұрғының салыстырмалы тұрақтылық көрсеткіш мәндері шамамен m = 1,12 ÷ 0,2, ал қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған бұрғы үшін m = 0,25 ÷ 0,4 болып қабылдану мүмкін. өндіріс орындарында бұрғы тұрақтылығы келесідей тағайындалуы мүмкін:

— жылдам кескіш болаттардан жасалған бұрғымен болаттарды өңдегенде, тұрақтылығы $T = (1,0 \div 1,5) \cdot D$;

— қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған бұрғылармен болат және шойындарды өңдегенде $T = (1,5 \div 2,0) \cdot D$. Мұндағы D – бұрғы диаметрі (5.11, *б* – сурет).

Бұрғылау процесінде рұқсат етілген жылдамдық мәндері келесі

өрнектегі элементтерге байланысты тағайындалынады [46].

$$V_T = f\ (\ D, S, l, K_м, K_{бұр}, K_{МСС}\ )\ ,\ м/мин \qquad (5.15)$$

мұнда

D — бұрғы диаметрі;

S — кесу берісі;

l — кесу тереңдігі;

$K_м$ — өңделініп жатқан материал қасиеті;

$K_{бұр}$ — бұрғы материалының қасиеті;

$K_{СМС}$ — МСС - ті қолдану шарттары.

5.2.5. Бұрғылау, үңгілеу және ұңғылау процесіндегі кесу элементтері және кесу тәртіптері

1. ***Кесу тереңдігі t, мм*** — өңделген беттің бұрғы осіне дейінгі арақашықтығы (өңделген беттің сызығынан пайда болған) - бұрғылағанда $t = D / 2$, ал алдын ала болған тесікті кеңейгенде $t = (D - d) / 2$. Кесілетін қабаттың қалыңдығы мен ені:

$$a = S_Z \sin \varphi\ ;\ b = t / \sin \varphi.$$

Үлкен диаметрдегі бұрғыларда салмағымен көлемі есебінен жылу таралыуда жақсарады, жылдамдықтың мәндерін қайта қарастырсақ, кесу жуандығы жылдамдыққа әсері шамалы екені белгілі болады:

$$V_T = C_D \bullet D^{z_v}\ ,\ м/мин \qquad (5.16)$$

2. Беріс ***S, мм/айл*** өлшенеді, бұрғыда екі негізгі кесуші жиек болғандықтан, әр қайсысына келетін беріс $S_Z = S / 2$ тең. Беріс шамасына бұрғының диаметрі, дайындама материалының беріктігі, тесіктің дәлдігі, тесіктің түрі әсер етеді.

Кесу берісінің мәндері көбейу, кесу жылдамдығын төмендету итермелейді, себебі кесу температурасы жоғарылап, бұрғының тозыуы қарқындай түседі.

$$V_T = \frac{C_s}{S^{y_v}} \text{ , м / мин} \qquad (5.17)$$

Өңделетін материалдың беріктігі және өңдеу дәлдігі жоғарылағанда, өңдеу диаметрі кішірейсе, кесу берісін төмендету қажет, себебі бұрғы аз беріктікті құрал-сайман болып есептеледі. Тесікті бұрғылап, бұрғы жұмыс аумағынан шығар кезде, жиектері сынбау үшін берісті азайту қажет.

3. Бұрғы тұрақтылығы мерзімі (5.14 - теңдеу) ***T, мин*** деп қабылдаймыз.

4. Жалпыланған формула арқылы кесу жылдамдығын есептейміз, ***м/мин***.

$$V = \frac{C'_V \bullet D^{z_v}}{T^m \bullet S^{Y_v}} \bullet K \ , \qquad (5.18)$$

мұнда

C'_v — эталон етіп қабылданған бұрғылау шарттарын және өңделіп жатқан материал қасиеттерін ескеретін коэффициент;

$K = K_M \bullet K_{l_v} \bullet K_{піш_v}$ — өңделіп жатқан материал қасиеттерін, бұрғылау тереңдігін және қайрау пішімін ескеретін жалпы түзету коэффициенттері болып анықтамалардан қабылданады.

Мысалға Р9 – таңбалы жылдам кескіш болаттан жасалған бұрғымен, қаттылығы ***HB = 215*** болатты, кесу берісі ***S > 0, 2 мм / айн*** – мен бұрғылығанда кесу жылдамдығы

$$V = \frac{12,4 \bullet D^{0,4}}{T^m \bullet S^{0,5}}, \qquad (5.19)$$

Сол дайындаманы қатты қорытпалы тілімшелі бұрғымен, кесу берісі ***S > 0, 12 мм / айн*** – мен бұрғылағанда

$$V = \frac{10 \bullet D^{0,6}}{T^m \bullet S^{0,5}}, \qquad (5.20)$$

5. Шпиндельдің айналу жиілігі бізге белгілі 2.1 теңдеуден

анықталады.

6. Бұрғының жүзіне келетін, осьтік күш және айналу моментімен тиімді қуат 5.2.1. тақырыпта есептелу берілген.

7. Білдек таңдалады, жылдамдық торкестесіне сәйкес кесу тәртібі тағайындалады.

8. Білдек айналу моментін кесу моментімен салыстырылады: $M_к < M_б$.

9. Осьтік күшті анықтап P_0, *кГк*, білдектің механизмі берілістеріндегі рұқсат етілген күшімен салыстырылады: $P_0 < P_б$.

10. Негізгі технологиялық уақыты $t_м$, *мин*

$$t_м = \frac{l_{тк} + l_д + l_c}{n \bullet S}, \qquad (5.21)$$

мұндағы бұрғының тесікке тесіп кіру ұзындығы $l_{тк} = (D / 2) \cdot ctg\,\varphi$;

$2\varphi = 120°$ болғанда $l_{тк} = 0{,}3\,D$; бұрғының тесіктен сыртқа тесіп шығу ұзындығы $l_c = 2 \div 3$ *мм*.

Үңгілеу және ұңғылау процесіндегі кесу элементтері және кесу тәртіптері бұрғылау процесі тәрізінде анықталады. Кесу жылдамдығында шамалы айырмашылық кездеседі:

$$V = \frac{C'_V \bullet D^{z_v}}{T^m \bullet t^{x_v} \bullet S^{Y_v}}, \qquad (5.22)$$

C'_v, D, T, t, S және дәреже мәндері анықтамалардан қабылданады.

Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған диаметрі $D = 20 \div 80$ *мм* - лі үңгілерде кесу жылдамдығы кесу тәртіптері: кесу тереңдігіне – t, кесу берісіне және өңделінетін материал қасиетіне тәуелді келесі мәндерге ие болады:

— шикі күйдегі болаттарды МСС пайдаланып өңдегенде $V = 40 \div 150$ *м / мин*;

— шойындарды МСС пайдаланбай өңдегенде $V = 50 \div 175$ *м / мин*.

Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған диаметрі $D = 10 \div 80$ *мм* - лі ұңғылағыштарда кесу жылдамдығы кесу тәртіптері: кесу тереңдігіне – t, кесу берісіне және өңделінетін материал қасиетіне тәуелді келесі мәндерге ие болады:

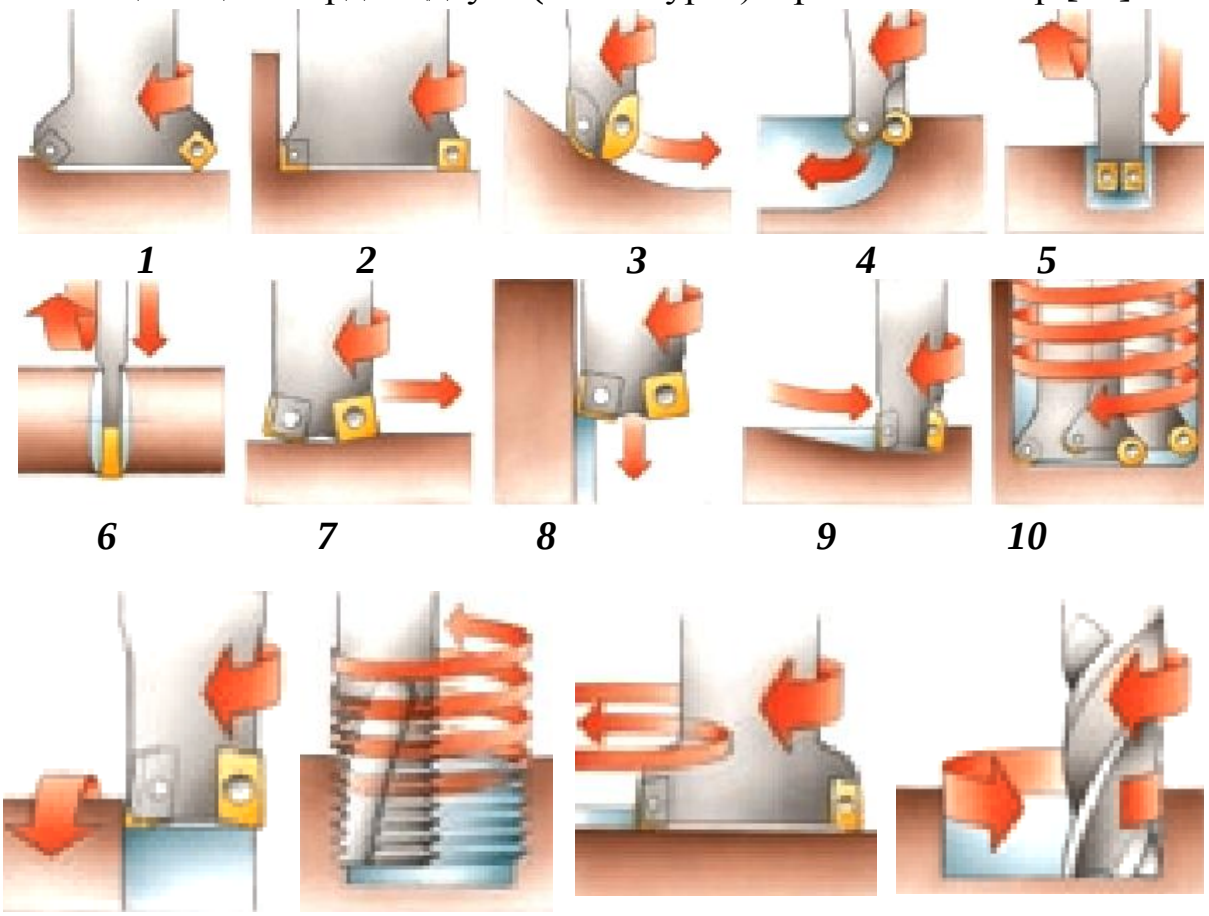
— шикі күйдегі болаттарды МСС пайдаланып өңдегенде $V = 10 \div 70$ *м / мин*;

— шойындарды МСС пайдаланбай өңдегенде ***V = 10 ÷ 18 м / мин***.

5.3. Жонғышпен өңдеуде кесу процесі

5.3.1. Жонғыш кесетін бөлімдерде элементтерді өңдеу процесінің ерекшеліктері

Жонғылап кесу өте үнемді және тиімді әдіс болып, машинажасауда кеңінен қолданылады. Кесуді жүзеге асыру үшін негізгі қозғалыс құрал – сайманның өз осі мәнінде айналу және айналдырықпен бірге жылжыу керек. Жонғыш көп жүздік құрал – сайман. Кесу процесінде бір уақытта бірнеше кесетін жүзі қатысып, бірдей материал қабатын кесіп, өзі кескен кесу аймағынан жоңқаны тасымалдайды. Жонғышпен көбінесе жазық беттерді өңдейді, бірақ сандық – бағдарламалық – көп мақсатты білдектер қолданыумен кез келген қисық беттерді өңдеуге (5.13 - сурет) мүмкіншілігі бар [48].

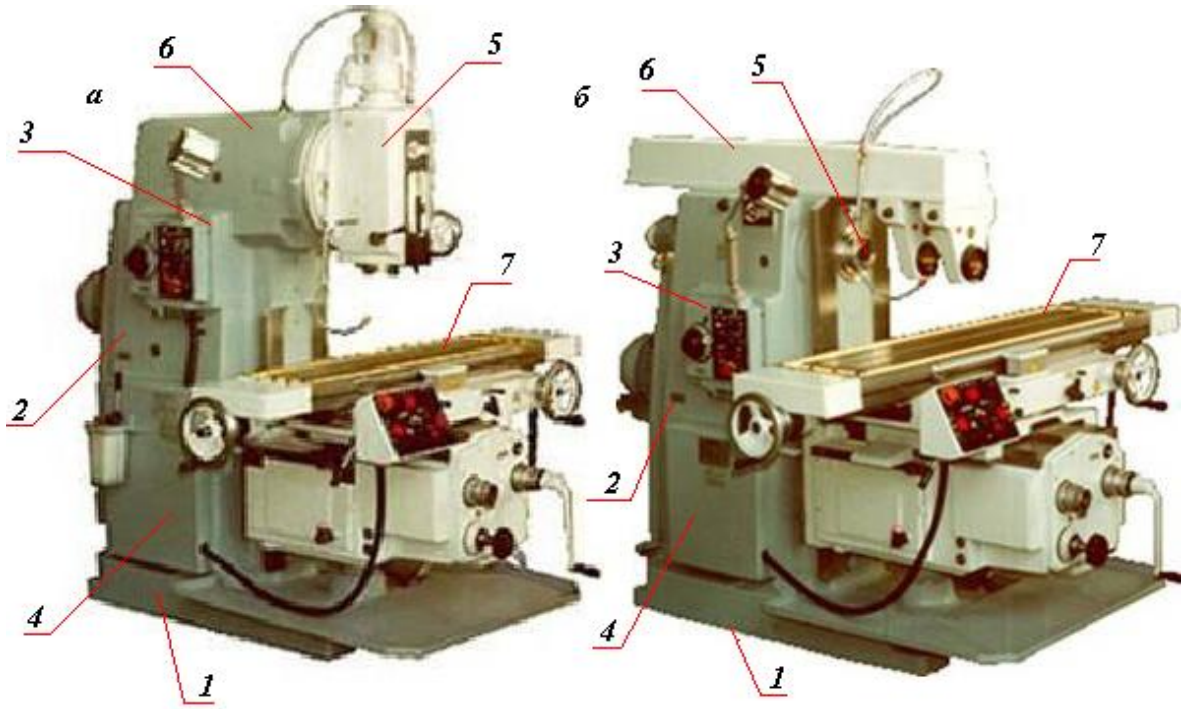


5.13 – сурет. Жонғышмен кесіп өңдеу сұлбалары

Бүгінгі күнде машинажасауда өңделінетін бет пішімі және

жонғыштың қозғалысына байланысты жонғылап өңдеуді келесідей топтастыруға болады [48]:

1 — бұйырлық жонғылау;
2 — кемер жонғылау;
3 — пішіндік жонғылау;
4 — қалталы ойықтарды жонғылау;
5 — қілтік ойықтарды жонғылау;
6 — жұмыр денелерді жонғылау;
7 — бұранда жонғылау;
8 — жонғышмен кесіп алу;
9 — жоғары берістік жонғылау;
10 — тығынжылды жонғылау;
11 — кірекесу жонғылау;
12 — бұранда пішімді интерполяция жонғылауы;
13 — айналма интерполяция жонғылауы;
14 — трохоидаль пішімді жонғылау.



5.14 - сурет. Жонғылау әммебап (а) вертикальды және (б) горизонтальды білдектері:

1 - тұғыр; 2 – тіреу; 3 – жылдамдықтар қорабы; 4 - берістер қорабы; 5 – (а) бейнесінде фрезерлік бастиек; 5 – (б) бейнесінде айналдырық; 6 – (а) бейнесінде консоль; 6 – (б) бейнесінде тілтұмсық; 7 - білдек үстелі.

Жонғылау операциясына арнайы арналған келесі білдектердің негізгі түрлері (5.14 - сурет) ***6Н82***, ***6Н83***, ***6Р12*** (***Н*** - горизонтальды және ***Р*** – вертикальды айналдырықпен, ***2, 3*** – білдектің габариті). Жонғылау білдектің негізгі торабы: тұғыр, фрезерлік бастиек, білдек үстелі, тілтұмсық [41].

Жонғылау білдегінің негізгі қозғалыстары: басты қозғалыс-айналдырықтың құрал-сайманмен бірге айналуы $n_{айн}$, беріс - вертикальды $S_{верт}$, үстелдің бойлық $S_{бой}$ және көлденең $S_{көн}$ айналуы, білдектің кейбірінде білдек үстелі 180º - ға бұрылу мүмкіншілігіне ие.

Өндірілетін жұмыс 5.13 - сурет бейнеленген сұлбалар негізінде жүргізіледі.

Жонғыштың кесетін жүздеріне, өңдейтін бетіне, жұмысына қарай келесідей негізгі түрлерге топтастырылған:

— цилиндрлік пішімді;

— бүйірлік пішімді;

— саусақты пішімді;

— диск пішімді қалған пішімділері солардан алынған мысалға: ойықты жонғыш, дөңгелекше бұрандалы жонғыш, бұрамдық жонғыш, кілтек жонғыш т.б. түріндегі жонғыштар.

5.3.2. Цилиндрлік жонғышпен өңдеуде кесу тәртіп элементтері

Цилиндрлік жонғыштар жазық беттерді өңдеу үшін қолданылады (5.15 - сурет). Бұл көптісті жоңғы құрал-сайманы, оның кесетін тістер саны

$$Z = \xi \bullet \sqrt{D} \qquad (5.23)$$

мұндағы, ξ -коэффициент, жонғыштың түріне және жұмыс шартына байланысты: $\xi = 1$ құрастырылған, яғни тілімшелері мен денесі басқа - басқа материалдан жасалған жонғыш үшін және $\xi = 1{,}5 \div 2$ бір тұтас денелі, яғни бүтін жонғыш бір материалдан жасалғандар үшін.

Жонғыштың тістері бұрама болып (5.15 - сурет), негізгі кесетін жүзі - бұраманы сызық.

Жонғыш ***бұрама жоңқа бунағы*** көлбеу бұрышы — ω, кесуші жүздің ***көлбеу бұрышына*** — λ сәйкес, стандарт жонғыштар үшін $\omega = 25 \div 30^0$ деп қабылданып, ал арнайы жонғыштар үшін кесу шарттарына сәйкес есептелінеді.

Жонғыш тісінің ***бүйір қадамы*** — $T_{бүй}$, бүйір жақ бойынша екі

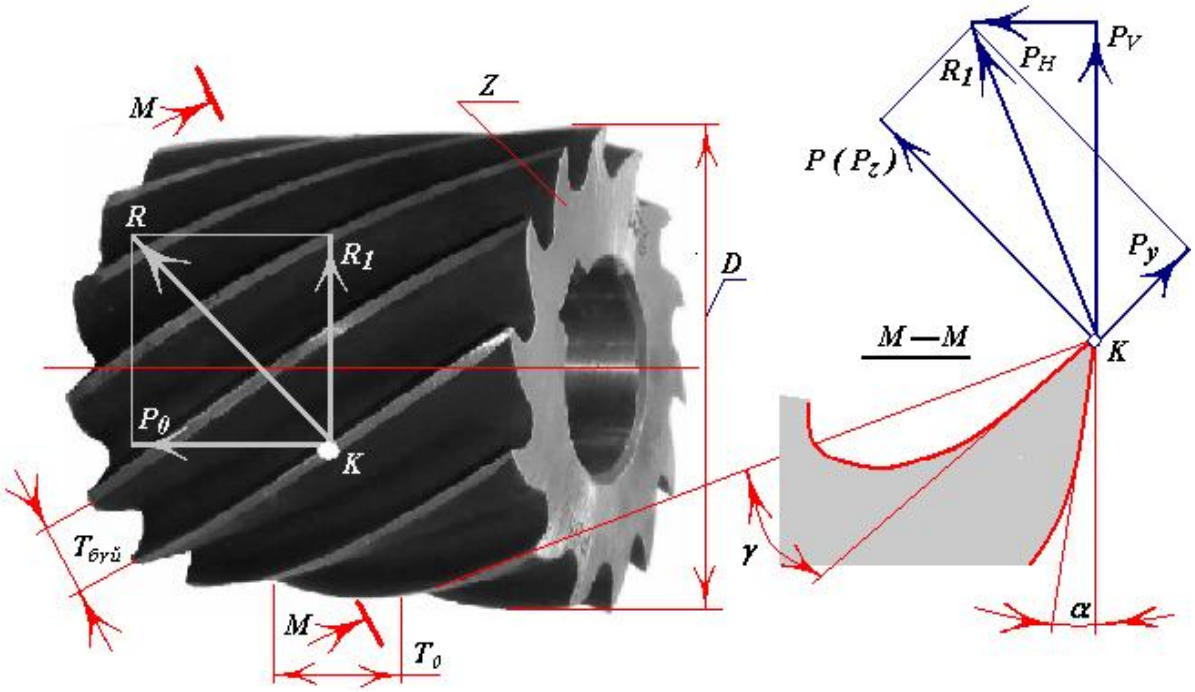
тістің арақашықтығы:

$$T_{бүй} = \frac{\pi \bullet D}{Z} \qquad (5.24)$$

Жонғыш тісінің ***осьтік қадамы*** — T_0 тістердің, екі тістің жонғыш осі бойынша ара қашықтығы:

$$T_0 = T_{бүй} \bullet ctg\,\omega = \frac{\pi \bullet D}{Z} ctg\,\omega \qquad (5.25)$$

Кесетін сынаның ***алдыңғы бұрышы*** — γ жонғыштың жүзі орналасқан жазықтық арасындағы бұрыш, алдыңғы бетке жанама, цилиндрлік бетке жанама, материалдың қаттылығы немесе өңделетін бет беріктігіне, сондай – ақ механикалық сипаттамаларына байланысты таңдалып, олардың мәндерінің өсуімен алдыңғы бұрыш $\gamma = 5 \div 25^0$ аралықта өзгеріп кішірейеді.



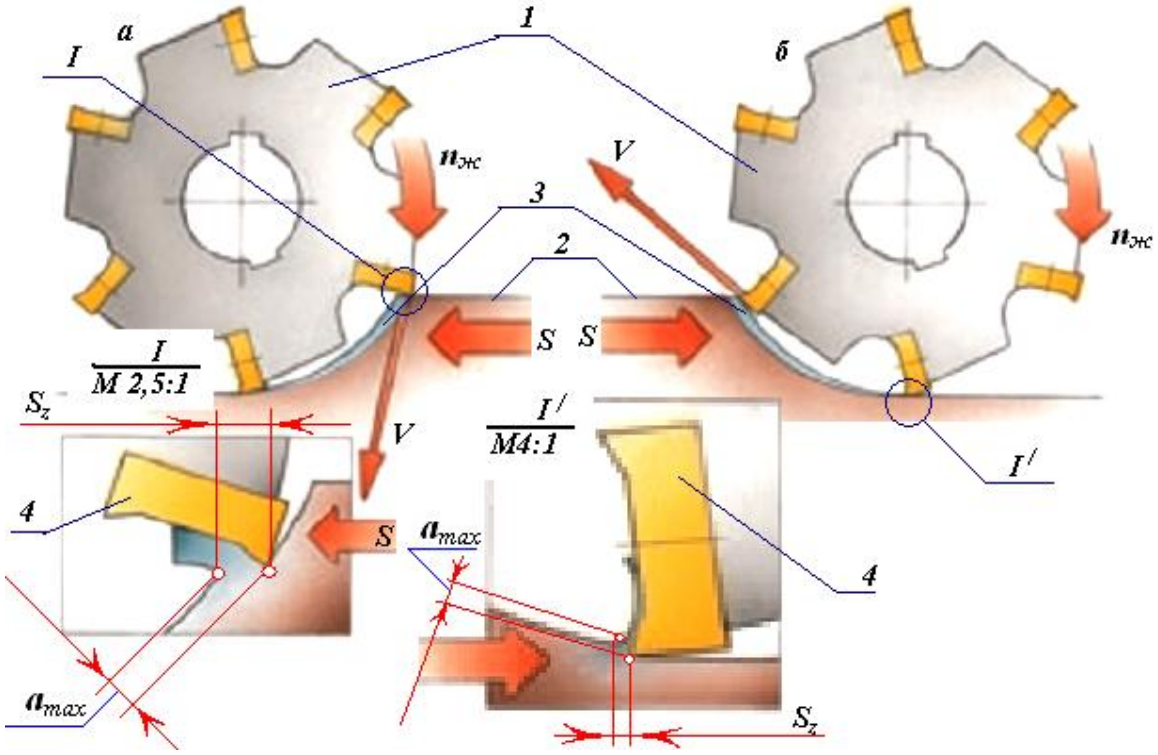
5.15 - сурет. Жылдамкескіш болат Р6М5 – ден жасалған цилиндрлік жонғыштың геометриялық параметрлерімен жонғы кесетін тістеріне әсер ететін күштер сұлбасы (5.3.5 – тақырып)

Кесетін сынаның ***артқы бұрышы*** — α жазықтықтар арасындағы бұрыш, тістің артқы бетіне және цилиндрлік тістер орналасқан бетке

жанама, яғни жонғыш осьіне перпендикуляр, жазықтықта өлшеуге ыңғайлы. Оның шамасы кесу берісіне байланысты өзгереді. Беріс саны көбейсе артқы бұрыш мәндері кішірейеді. Ірі тісті жонғыштар үшін $\xi = 1{,}1$ болғанда $\alpha = 15°$, ал ұсақ тісті жонғыш үшін $\xi = 1{,}75$ болғанда $\alpha = 20°$.

5.3.3. Жолай (беріс қуалай) және қарсы (берісқе қарсы) жонғылау

Жонғыштың геометриясы, пішіміне тәуелсіз, құрал – сайманның қозғалысына салыстырмалы түрде, өңделіп жатқан дайындаманың берісі бойынша екі тәсілмен жоңғылау мүмкін (5.16 - сурет). Бұл тәсілдерді жоңғының кесетін тістерінің кесу аймағына кіруі және шығумен айырады.



5.16 - сурет. Жолай (а) және қарсы (б) жонғылау сұлбасы:
1 – жоңғы; 2 - өңделініп жатқан дайында; 3 – кесіп алынатын қабат; 4 – қатты қорытпалы тілімшемен жабдықталған жоңғының кесетін тісі.

Жолай немесе берісті қуалай жонғылауда (5.16, *а* - сурет) кесу жылдамдығы ***V*** – мен кесу берісі ***S*** бағыттас [48]. Мұнда жоңғы кесетін тілімшелері 4 – пен, кесу процесін кесіп алынатын қабаттың

- a_{max} , яғни ең көп мәндерінен бастап, кесу аймағынан шығар кезде нольге жақындайды.

Кесу күштері дайындаманы білдек үстеліне қыспақтайды, ал өз кезінде үстел білдек тұғырына қыспақталады.

Жолай жонғылаудың қарсы жонғылау тәсілінен артықшылықтары [46]:

1. Жоңғының тұрақтылық мерзімі шамамен үш есеге көп, әсіресе тіске беріс S_Z - тің аз мөлшерлерінде.

2. Өңделінген бет кедір – бұдырлығының төмендеуінде, шамамен 1, 2 квалитетке.

3. Кесу қуаты аз шығындалады.

Баяндалған артықшылықтарға қарамастан жолай жоңғылау өндірістерде кем қолданылады. Басты себебі, білдек тораптарының бағыттаушы түйіскен бөлшектерінде саңылау болмау керек. Жолай жоңғылауда бағыттаушы түйіскен бөлшектерінде саңылау мөлшері тәуелді жоңғы жұлқынып жұмыс істейді. Саңылаудың рұқсат етілген мөлшерліеріден артығында, жоңғы қирайды.

Жоңғылау процесі көбінесе алдын ала өңдеулерде қолданыуын ескерсек, тағы өзекті себебтердің бірі, құйма кебіртек қабыршықты бөлшектерді мүлдем өңдеу қиынға соғады. Мұндай бөлшектерді тек қана қарсы жоңғылаумен өңдеу мүмкін.

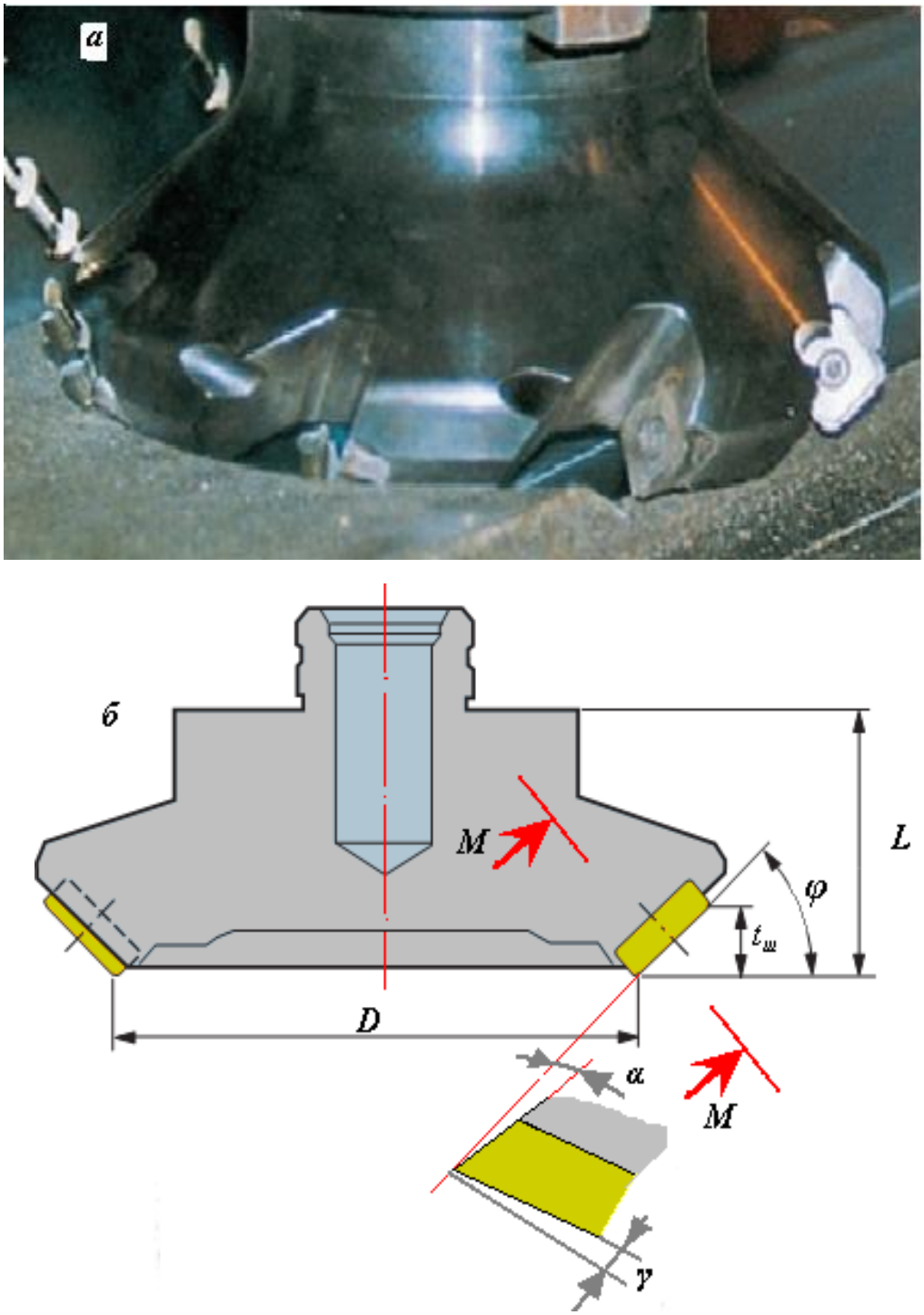
Қарсы немесе беріске қарсы жонғылау әдісінде, кесу жылдамдығы $\boldsymbol{V}$ – мен кесу берісі $\boldsymbol{S}$ бағыттас еместігі салдарынан, кесу процесінде БЖАБ жүйесінде дірілді туындатады (5.16, *а* - сурет). Себебі кесу күштері әсерінен жоңғы тістері дайындамадан кесіліп алынатын қабатты жұлып алыуға тырысады. Мұнда жоңғы кесетін тілімшелері 4 – пен, кесу процесін кесіп алынатын нольге жақын мәндерінен бастап, кесу аймағынан шығар кезде a_{max} ие болады.

Қарсы жонғылауда жоңғы кесетін тісі өзінен алдыңғы тіс қақтаған бет бойынша үйкеліп өтеді, өйткені кесу бастамасында а = 0. Былайша айтқанда қайралған тістің артқы бетінің жұмырлану $\rho \approx 6 \div 30$ мкм – ге дейін жеткенше артқы бет үйкелісі қарқынды болады [46]. Үйкелістің салдарынан кесу температурасы тез көтеріліп, жоңғы тозыу қарқындайды. Бұл әдістің қауіпті жағдайларынан бірі, кесетін тіс жүздерінде бұлтық пайда болыуға икемді, ал бұлтық мөлшері үлкейіп жоңқа шығыуына кедергі жасау мүмкін. Егер жоңғы тістері арасына жоңқа кептеліп қалса, кесу процесінде тістер қирайды.

Қарастырылған кемшіліктерге қарамастан, өндіріс орындарында қарсы жоңғылауды – әммебап жоңғылау тәсілі ретінде кеңінен қолданылады.

5.3.4. Бүйір жонғышпен өңдеу

Бүйір жонғышының қатты қорытпалы пластинкамен жабдықталған [48], жеке тістер орналасқан қораптан тұрады (5.17 - сурет).



5.17 - сурет. Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған алдын ала өңдеуге арналған, бұйырлық жонғыштың жазық бетті жонғылап өңдеу көзімен (а) геометриялық параметрі (б)

Бүйір жонғышының диаметрі фрезерленетін бөлшектің ені бойынша таңдалады: $D = (1{,}4 \div 1{,}5)\ B$. Жонғыш кесуші тілімшелерінің статикалық, геометриялық параметрлері өткен тақырыптағы құрал – саймандар жабдықталған тілішелерімен бірдей. Бұл жонғыш геометриялық параметрлері келесідей кездеседі: $\varphi = 45 \div 90°$, $\varphi' = \varphi / 2$, $\varphi_1 = 5°$ - бұл бұрыштар болатты өңдеген кезде $\gamma = -(5 \div 15°)$, шойынды өңдеген кезде $\gamma = 0 \div 10°$, артқы бұрыш $\alpha = 12 \div 15°$. Негізгі жүздің еңкештік бұрышы – (+ λ) өң мәнді, болат өңдеген кезде $\lambda = +(10 \div 15°)$, шойын өңдеген кезде $\lambda = +(5 \div 10°)$.

Бұйырлық жонғылау білдектердің стол берілісі шамасы және жоңғы бастиектерімен бір – бірінен тәуелсіз, әр түрлі қисықсызықты үстіңгі беттерді өңдеуге болады. Білдектегі сатысыз берілістер кез келген пішімдегі тесіктерді жонғылауға мүмкіншілік береді.

Заманауи машинажасауда жонғылау білдектері сандық және дискретті жүйемен жабдықталған, ол өлшемдердің, білдектің қателігімен қоса $\delta = 0{,}01$ *мм* аутқыларымен бөлшектерді өңдеуге болады. Сонымен қатар білдектер 6 ÷ 24 құрал – сайманды құрылғымен жабдықталған [34].

Жонғылау кезінде үш түрлі беріс қолданады: ***тіске беріліс*** — S_Z, ***айналымға беріліс*** — S_o және ***минутты беріліс*** — $S_м$.

Тіске беріліс— жонғының бір бұрыштық қадамға айланғанда сайманмен дайындаманың жылжыу, ***мм/тіс***,

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{S_м}{n \bullet z}, \qquad (5.26)$$

мұндағы, z — жонғы тісінің саны; n — жонғы айналу жиілігі.

Айналымға беріліс – жонғының бір айналымына дайындама мен жонғының жылжыу, ***мм/айн***,

$$S_0 = \frac{S_м}{n}$$

Минутты беріліс – бір минут ішінде жонғымен дайындаманың орын ауыстырыуы, ***мм/мин***.

Кесу жылдамдығы, м/мин, шетжақ жонғылау кезінде

$$V = \pi \cdot D \cdot n, \ м/мин, \qquad (5.27)$$

мұндағы n –жонғының айналу жиілігі, $с^{-1}$; D - жонғы диаметрі, *м*.

5.3.5. Жонғыға әсер ететін күштер

Жоңғылау процесіндегі кесу күші R_1 – ді екі құраушы күштерге жіктеп зерттеуге болады (5.15 - сурет):

— кесетін тіс жүзінің траекториясына жанама, шеңберлік күш - P немесе - P_z күші (5.15 - сурет);

— радиаль әсер ететін күш P_y.

Кесу күші R_1 – ді сондай – ақ басқаша етіп жіктеуге болады [23]:

— горизонталь бағытында әсер ететін күш - P_H;

— вертикаль бағытында әсер ететін күш - P_V.

Сонымен қатар жоңғының бұрама кесетін тісі осьіне перпендикуляр бағыттағы R_1 күшінен басқа, осьтік P_0 күшіде әсер етіп, жалпы R күшін түзейді (5.15 - сурет).

Бұл күштердің кесу процесінде белсендісі — шеңберлік күш - P немесе - P_z күші. Бұл күш жоңқаны кесудегі негізгі жұмысты орындайды және осы күштен пайдаланып кесуге қажетті қуатты есептейді.

Радиаль әсер ететін күш P_y білдек айландырығы мойынтіректеріне қысым жасап, осьтен тепкіш күш болып есептеледі.

Горизонтал бағытында әсер ететін - P_H күші — кесу берісінің күші деп те аталады. Бұл күштің мәндерінен пайдаланып, беріс механизмі бөлшектерін және дайындаманы орналастырып бекітетін айлабұйымдарды жобалаудағы есеп – қисаптары жүргізіледі. Бұл күш бағыттаушы түйіскен бөлшектерде саңлау мөлшерден көп болған жағдайда діріл туындатады.

Вертикаль бағытында әсер ететін күш - P_V өңделініп жатқан дайындаманы білдек үстелінен жұлып алуға, сонымен қатар үстелдің өзін бағыттаушылардан жұлып алуға жұмыс істейді.

Жоңғылау процесіндегі кесу күші құраушысы болған, шеңберлік күш — P – ні теориялық жолмен есептейміз [42]. Бұл үшін келесі еңгізулер қабылдаймыз:

$$P' = p \bullet f \ , \ кГк \qquad (5.28)$$

мұнда

p – меншікті кесу күші немесе $S = 1\ мм^2$ алаңшасына әсер ететін күш, $кГк/мм^2$;

f – кесу мезетіндегі кесіп алынатын қабаттың көлденең қимасы, $мм^2$.

Меншікті кесу күші кесіп алынатын қабаттың көлденең қима ені a – ға тәуелді болып, көлденең қима жуандаумен, меншікті кесу күші

азаяды.

$$P = \frac{A}{a_x^n}, \qquad (5.29)$$

мұнда

***A* —** кесу процесі шарттарын және жоңғы геометриясын, пішімін, сонымен қатар материалының қасиеттерін ескеретін коэффициент;

a — кесіп алынып жатқан қабат ені, ***мм*;**

n < 1 — кесіп алынып жатқан қабат енінің меншікті кесу күшіне әсерін сипаттайтын дәреже көрсеткіші.

Меншікті кесу күші ***p*** – ні және кесу мезетіндегі кесіп алынатын қабаттың көлденең қимасы ***f*** – ті белгілі болған жағдайда, шеңберлік күш — ***P′*** – ні анықтауға болады:

$$P' = \frac{A}{a_x^n} a_x \bullet B,$$

немесе

$$P' = A \bullet a_x^{1-n} \bullet B \qquad (5.30)$$

Жоңғылау процесінде кесіп алынатын қабаттың ені бір қалыпты еместігін ескерсек, ***a*** - ның орта мәнін аламыз

$$a_{орт} = S \bullet \sqrt{\frac{t}{D}}$$

Жоңғы кесетін тісінің біреуіне шеңберлік күш

$$P' = A \bullet B \bullet S_z^{1-n} \left(\frac{t}{D}\right)^{\frac{1-n}{2}}$$

Егер жоңғының кесу процесінде қатысып жатқан тістерінің санын ***m*** десек, онда

$$P' = P \bullet m$$

Жоңғы геометриялық элементтерін ескере отырып

$$m = \frac{\delta}{\eta}, \text{ мұнда } \eta = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{2\pi}{Z},$$

мұндағы

$\delta = 1 - \frac{2t}{D}$ — кесетін тіс жүзінің дайындамамен толық түйісу бұрышы;
η – тістің шеңберлік қадамы.
Егер $\cos\delta$ – ні қатар жайып шықсақ

$$\cos\delta = 1 - \frac{\delta^2}{2} + \frac{\delta^4}{1 \bullet 2 \bullet 3 \bullet 4} + \ldots \qquad (5.31)$$

Қатардың бастапқы мүшелерімен қанағаттансақ

$$1 - \frac{\delta^2}{2} \cong 1 - \frac{2t}{D} \qquad (5.32)$$

5.32 - өрнектен

$$\frac{\delta^2}{2} \cong \frac{2t}{D} \quad \text{немесе} \quad \delta \cong 2\sqrt{\frac{t}{D}} \qquad (5.33)$$

Олай болса

$$m \cong \frac{\delta}{m} = \frac{2\sqrt{\frac{t}{D}}}{\frac{2\pi}{Z}} = \frac{Z}{\pi}\sqrt{\frac{t}{D}} \qquad (5.34)$$

$$P = P'_m = A \bullet B \bullet S_z^{1-n} \bullet \left(\frac{t}{D}\right)^{\frac{1-n}{2}} \bullet \frac{Z}{\pi} \bullet \left(\frac{t}{D}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (5.35)$$

немесе

$$P = \frac{A}{\pi} \bullet S_z^{1-n} B \bullet Z \bullet t^{\frac{2-n}{2}} D^{\frac{n-2}{2}} \qquad (5.36)$$

5.36 – теңдеуін ықшамдау үшін келесідегі белгілеулерді қабылдаймыз

$$\frac{A}{\pi} = C_p; \quad 1-n = y_p; \quad \frac{2-n}{2} = x_p; \quad \frac{2-n}{2} = q_p,$$

өрнектерді 5.36 – теңдеуіні қойсақ

$$P = C_p \bullet t^x \bullet S_z^{y_p} \bullet B \bullet Z \bullet D^{q_p} \qquad (5.37)$$

5.37 теңдеуді теоретикалық жолмен жону және жоңғылау процестерінің үйлестіктерін ескере отырып шығарғанымызды айта кетген жөн. Бұл теңдеудің құрылымымен түрін сақтай отыра басқа пішімдегі жоңғылар, мысалға бұйырлық, саусақтық және сол сияқтыларға қолдау мүмкін.

Жоңғылаудағы шеңберлік күш — P- нің және кесу жылдамдығын мәндерін $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ теңдеумен есептеп, кесуге шығындалатын қуатты анықтауға болады [47]:

$$N_{кес} = \frac{P_v}{60 \bullet 102} = C_N \bullet t^{x_p} \bullet S_z^{y_p} \bullet B \bullet Z \bullet n \bullet D^{q_N} \qquad (5.38)$$

мұнда

$q_N = q_{p+1}$.

Жоңғылау процесінде кесу берісіне қуаттың 15 % шығындалады. Соның үшін есептік талап етілетін кесу қуаты:

$$N_{есеп} = \frac{1{,}15 \bullet N_{кес}}{\eta \bullet K_n}$$

мұнда

η — жоңғылау білдегінің ПӘК - і;

K_n = 1,3 ÷ 1,5 — жону процесінде лездік уақытта асқын жүктеудің пайда болуын есепге алатын коэффициент.

Бұл құрылымдағы теңдеудің коэффициенттері анықтамалардан қабылданады [34,43,47].

5.3.6. Жонғыштың тозуы және тұрақтылығы

Жоңғылау процесі басқа кесіп өңдеулерден ерекшелігі, оның кесетін тістерінің көп екендігінде. Мысалға 5.15 – суреттегі цилиндрлік жонғыда 14, 5.16 – суреттегі диск тәрізіндегі жонғыда 6, ал 5.17 – суреттегі бұйырлық жоңғыда 8 данадан кесетін тістері бар. Жоңғылау кесіп өңдеу кинематикасына сәйкес, кесу процесінде бір уақытта бірнеше тіс қатысады. Жонғының айналыуы арқасында жоңғы тістері кезегімен кесу процесінде қатысады. Кесу аумағынан шыққан тіс босқа айналып, салқындауға үлгіреді. Бұндай жұмыс істеу тәсілі міндетті түрде жоңғының тозыуын кемейтіп, тұрақтылығын асыру керек [11,49].

Жонғының кесетін тісінің сынасы токарлық кескіштердің сынасына ұқсас болғаны үшін тозу сипаты 4.2 – «Кескіштердің тозыу» тақырыбында қарастырғандай, ал тозу категориялары 4.4 – суретте бейнеленгендей болады.

Кесу аймағына жоңғы тістері кесіп кіру кезінде жоңғы тісінің алдынғы беті соққы күштеріне, ал шығар кезде артқы беті үлкен *қысым айырымына* душар болады. Бұл құбылыс жоңғылау процесінің өзекті кемшілігі болып табылған. Өйткені құрал – саймандарды жабдықтайтын өте қатты қорытпалардың дерлік бәрі морт болып келеді. Сол себебтен өндіріс орындарында кесу тәртіптерін дұрыс тағайындамау салдарындан, жоңғы кесетін тілімшелерінің қирауы жиі кездеседі.

Жоңғылап өңдеу кесу шарттарына байланысты тозу кесетін тіс жүзінің алдыңғы немесе артқы беттерінен немесе бірден екі беттерінде байқалады. Жоңғыда артқы беттің тозуы басым келеді, кесу тереңдігі қаншалық аз болса тозу қарқындай түседі. Жоңғы дайындамаға енетін мезетінде артқы бет өте үлкен үйкеліс күшіне душар болады.

Алдын ала өңдеуге арналған жоңғылардың тозу критерийсі анықтамалардан алынып — ***технологиялық тозуы*** деп аталады. Жоңғының технологиялық критерийсі, оның пайдалану мерзімін белгілейді.

Ақтық өңдеуде жоңғының тозу критерийсі, өңделінген беттің сапасына байланысты қабылданады.

Өндіріс орындарында тозу критерийлері, жылдам кескіш болаттардан жасалған жоңғы тісіндегі, кесетін жүзінің артқы бет тозу мөлшері $h_{арт}$ – ның мәндері бойынша қабылданады [49]:

1. Алдын ала өңдеуге арналған цилиндрлі жоңғыда $h_{арт}$ = 0,4 ÷ 0,8; бұйырлық жоңғыда $h_{арт}$ = 1,5 ÷ 2; сұлбалы дөңгелекше желкеөңделінген жоңғы $h_{арт}$ = 0,3 ÷ 0,4.

2. Тазалап немесе ақтық өңдеуге арналған цилиндрлі жоңғыда $h_{арт}$ = 0,15 ÷ 0,3; бүйырлық жоңғыда $h_{арт}$ = 0,3 ÷ 0,5; сұлбалы дөңгелекше желкеөңделінген жоңғы $h_{арт}$ = 0,2.

Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған жоңғыларда өңдеудін барлығы үшін болатты жоңғылауда $h_{арт}$ = 1 ÷ 1,2; ал шойынды жоңғылауда $h_{арт}$ = 1,5 ÷ 2. Қатты қорытпалы тілімшелер беттерінің қажалыуынан, денесіндегі сызаттардан, уатылудан – да тозу мүмкін.

Жоңғы тозу критерияларынан тұрақтылығы келіп шығады. Әдебиеттерде жоңғы тұрақтылығы жайлы мағлұматтар жеткілікті [8,9,10,50,51,52,53]. Сол мағлұматтарды жалпылап жоңғы тұрақтылығы жайлы келесідей талқылаулар жүргізіп, қажетті теңдеулер ұсынуға болады.

Жоңғылау процесінде жоңғы тістері кезекпен жұмысшы және бос жүріс циклімен жоңғылауын ескерсек, жоңғы тұрақтылығы $T_{тұр}$ ерекше есептеледі. Мұнда бір топ ғалымдар, жоңғы артқы беттің тозу критериясынан алынған, жоңғылаудың жұмысшы жүріс циклінің қосындысы $T_{факт}$ – ***нақты тұрақтылықты***, ал қалғандары 5.31 – теңдеуінде қарастырған кесетін тіс жүзінің дайындамамен толық түйісу бұрышы арқылы $T_{жұм}$ - ***жұмысшы тұрақтылықты*** анықтауды ұсынады. Егер бұл нәтижелерді жалпыласақ жоңғы кесетін тісінің тұрақтылығын келесідей өрнектеу мүмкін [11]:

$$\frac{T_{жұм}}{T_{факт}} = \frac{\delta}{360^\circ} \text{ , немесе } \quad T_{жұм} = \frac{T_{факт} \bullet \delta}{360^\circ} \qquad (5.39)$$

5.39 – теңдеудегі жонғы кесетін тісінің тұрақтылығы екі немесе одан көп мәнге азайу керек, себебі түйісу бұрышы, кесу процесінде δ = 0 ÷ 180º болыуы мүмкін.

5.27, 5.37 – теңдеулерді шығару тәсілдерінен пайдаланып, анықтамалардағы өрнектерден пайдаланып жоңғылаудың

жалпыланған кесу жылдамдығы арқылы, тұрақтылықты есептеуге болады.

$$V = \frac{C_v \bullet D^q}{T_{факт}^m \bullet t^x \bullet S_z^y \bullet B^n \bullet Z^u} \qquad (5.40)$$

5.40 – теңдеуден тұрақтылықты анықтасақ,

$$T = \left[\frac{C_v \bullet D^q}{V \bullet t^x \bullet S_z^y \bullet B^n \bullet Z^u} \right]^{\frac{1}{m}}, \qquad (5.41)$$

мұндағы сандық мәндер және дәреже көрсеткіштерін № 34, 49, 50 , 51, 52, 53 - әдебиеттерінен кесіп өңдеу шарттарына байланысты таңдап алыуға болады.

5.3.7. Жонғышпен өңдеу процесіде кесу тәртіп элементтерін тағайындау

Жонғылау кезіндегі кесу тәртіптерін тағайындау:

1. Кесу тереңдігі ***t мм***, бір өтуде кесілетін әдіп.

2. Беріс шамасы: алғашқы өңдеу кезінде берісті тіске S_Z ***мм/тіс*** байланысты таңдайды, кесу тереңдігінен, жонғыш диаметрінен және т.б. тәуелді; ақтық өңдеу кезінде өңделген бетің кедір-бұдырлығы талабымен, беріс айналымын S_0 ***мм/айл*** тағайындайды.

3. Жонғыштың тұрақтылық периодын қабылдаймыз ***T мин***.

4. Жалпыланған формула бойынша кесу жылдамдығын ***V м/мин*** анықтаймыз.

$$V = \frac{C_P \bullet D^{Z_V}}{T^m \bullet t^{X_V} \bullet S_Z^{Y_V} \bullet B^{P_V} \bullet Z^{q_V}} K_M \bullet K_C \bullet K_0 \qquad (5.42)$$

5. Айналдырықтың айналу жиілігін 5.27 – теңдеумен анықтаймыз ***n айл/мин***.

6. Минуттық берілісті анықтаймыз S_M ***мм/мин***.

$$S_M = S_0\, n = S_Z\, Z\, n \qquad (5.43)$$

7. Басты жетектің тиімділік қуатын N_E 5.38 – теңдеуден анықтаймыз ***кВт***.

8. Білдекті таңдап және білдек техникалық сипаттамасына сәйкесінше кесу тәртібін түзейміз [34].

9. Жалпыланған бұрау кесу күшін 5.37 – теңдеуден немесе келесі теңдеуден [53] анықтаймыз P_Z

$$P_Z = C_{PZ} \cdot S_Z^{Yp} \cdot B^{Pp} \cdot D^{qp} \cdot t^{Xp} \cdot Z_ф^{tp} \cdot K_\Sigma \qquad (5.44)$$

орта бұрау моменті M ***кГк*** ·м

$$M = 974\, N_E / n, \quad кгс \cdot м$$

Білдектің нақты бұрау моменті салыстырылады: $M < M_{білдек}$

10. Өңдеудің негізгі технологиялық уақытын - t_0, ***мин*** анықтаймыз.

$$t_0 = i\frac{l_0 + l_{кҰ} + l_ө + l_қ}{S_z \bullet z \bullet n} = i\frac{L_{жж}}{S_M}, \qquad (5.45)$$

мұндағы

$L_{жж}$ –жұмыс жүрісінің ұзындығы;

l_0 - өңделініп жатқан жонғының үстіңгі беттерінің ұзындығы;

$l_{кҰ}$-кесу ұзындығы;

z - жонғы тістер саны;

$l_ө$ – жонғылаудағі әрекет ұзындығы;

$l_қ$ - жүрістің қосымша шамасы;

i - жонғылауда бір технологиялық әрекет саны;

S_M - минутты беріліс.

Жонғылау өнімділігін минутты беріліспен бағалайды

$$S_M = 318\frac{S_z \bullet V_z}{D_ф} \qquad (5.46)$$

мұндағы

S_z - тіске беріліс;

V - кесу жылдамдығы;

z - жонғының тісінің саны;

$D_ф$- жонғы диаметрі.

Жонғылау білдектерде түзу сызықты беріліс, минутты беріліс болып табылады.

$$S_M = S_0 \bullet n.$$

Оны білдектің төлқұжатындағы мәлімет бойынша таңдалады.

Автоматтандырылған шеңберлі берілісі бар білдектерде негізгі уақыт болып, яғни білдек үстеліне орнатылған дайындама тобын өңдеу уақыты

$$T_0 = \frac{1}{n_{айн}} \frac{\alpha}{360^0} \qquad (5.47)$$

мұнда

$n_{айн}$ - шпиндель айналымының жиілігі;

α - кесу уақытында білдек үстелінің орын ауыстыру бұрышы.

5.4. Бұранда және тіс ою әдістері

Машина жасауда өңделінетін бөлшектердің көбінде бұранда элементтері кездеседі. Бұрандаларды ою, олардың жұмыс істеу принципіне байланысты жүргізіледі. Әсіресе кесіп өңдеуге бағыттаушы бұрандаларды оюда жоғары талаптар қойылады.

Бөлшек беттеріндегі бұрандаларды келесі әдістермен алуға болады:

1. Жүздік құрал – саймандармен бетті кесіп бұранда ою.

2. Бұранда сілемдерін арнайы қайрақ тастармен және құралдық таспашалармен ажарлап ою.

3. Бөлшек беттеріндегі бұранданы бүрлеу, яғни пластикалық деформациялау жолдарымен алу.

Өндірісте бұранда оятын кескіштер, тарақ жүзді кескіштер, бұрандаойғыштар, бұрандакескіштер, бұрамдық жонғыштар, дөңгелекше бұрандалы жонғыштар және бұранда кескіш бастиектер кеңінен қолданылады.

Шағынқадымды бұрандалар, бұранданы бүрлеумен немесе ажарлаумен, ал ірікадымды немесе бағыттаушы бұрандалар алдымен кескішпен жонылып, соң ажарланып алыныу мүмкін.

Қазіргі таңда техниканың дамыуымен байланысты, комбинацияланған бұрғы - бұрандаойғыштар немесе түрлі пішімдегі тарақ жүзді кескіштерде қолданылады.

5.4.1. Бұранда кесетін кескіштер және тарақ жүзді кескіштер

Бұранда оюдың жонуға қарағанда айырмашылықтары:

— кесілетін жоңқаның мөлшері өте жұқа қабатта, кейбір кездерде миллиметрдің жүзден бір бөлігіндей;

— кесу процесінде бір уақыттың өзінде бірнеше кесетін жүздердің қатысуы.

Бөлшек бетінде сапалы бұранда ою үшін келесі амалдарды [50]:

— бұранда оятын құрал – сайманды өте жоғары дәлдікте даярлау, сондай – ақ қайрау;

— бұранда оятын құрал – сайманның білдегі жиек құрсауына өте дәл орналастырып бекіту;

— кесу берісін дұрыс есептеп таңдау, берістер ауыстобындағы тісті дөңгелектерді және тістегеріштерді дұрыс алмастыру;

— бұранда ойылатын беттің талап деңгейіндегі кедір – бұдырлығын және тігістігін, пішімдік ауытқуларын;

— бұранда элементерін мұқият бақылауды қамтамасыз ету қажет.

Бұранда оятын құрал – саймандардың пішімдері күрделі, кесетін жүздері өткір болғандықтан, әсіресе бұрандаойғыштар, бұрандакескіштер, бұрамдық жонғыштартарда ерекше талаптар қойылады [46]. Бұл құрал – саймандар шынықтырылғанда күрделі деформацияланып пішімдері шалыстайды. Сонымен бірге шынықтырудағы жоғары температурадан бұранда оятын құрал – саймандардың өткір қырлары көміртексіздендіру мүмкін. Бұл құбылыстар құрал – саймандарды циандау және хромдауға мәжбүрлеп, соңынан кесетін жүздерді ажарлау және шыңдауды талап етеді [44].

Бұранда оятын құрал – саймандарды қайрау процесінде мұқият жүргізіліу тиіс. Кесетін жүздің алдыңғы және артқы беттері өте дәл болыу қажет, өйткені кесу процесінде жоңқа пайда болыу, жылу таралыуына тікелей септігін тигізіп, тұрақтылықты қаматамасыз етеді.

Сапалы бұранда алу үшін кесу процесіне дұрыс етіп МСС – ді таңдаумыз қажет. Мұнда МСС – нің химиялық құрамына байланысты үйкеліс күштерін төмендетіп, кесуде бұрау моменттерін азайтып,

процесті жеңіл көшіуін қамтамасыз етуге болады. Өндірістерде кеңінен келесі МСС – тар пайдаланылады:

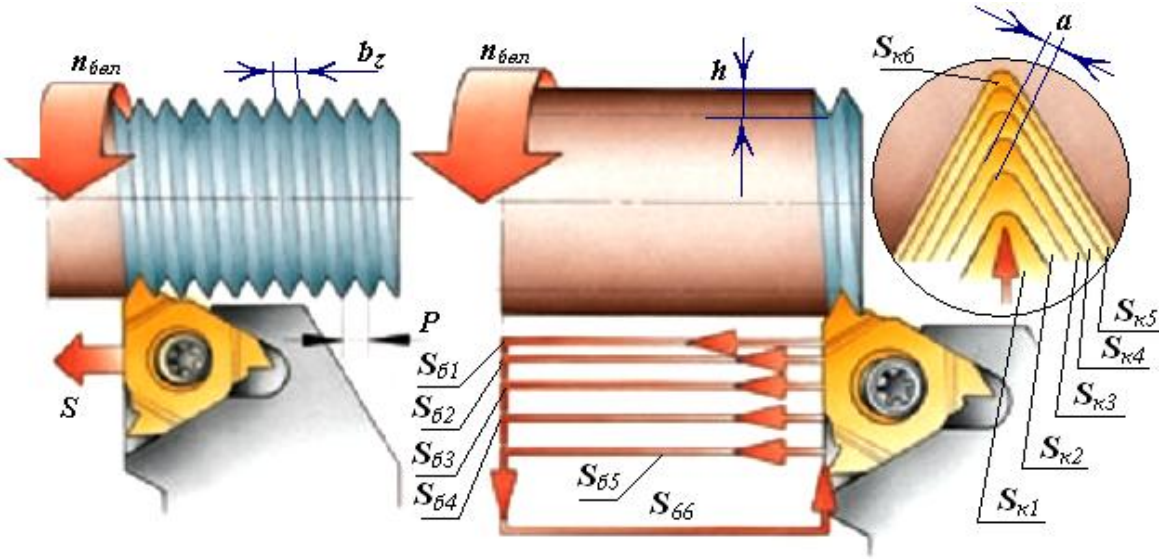
— құрамында көп күкіртті сульфофрезол;

— құрамында көп майлы эмульсия;

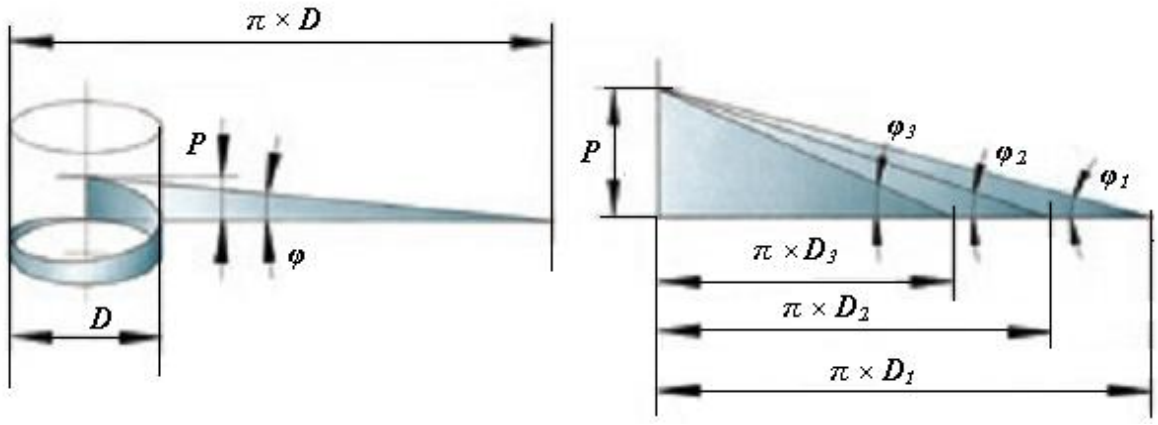
— индустриалдық майлар.

Қазіргі таңда қатты қорытпалы тілімшелер бұранда ою құрал – саймандарында өнімділікті өсіру үшін кең қолданылып келінеді.

Кескіштермен бұранда оюды 5.1 – суретте бейнеленген токарлы бұранда оятын білдектерде, 9 - жүрістік бұрама білікті қажетті бұранда қадамына баптап жүзеге асырылады. Мұнда бұранданың пішіміне қарап, 1.10 – суреттегі кескіш маңдай статикалық бұрышы ε_c = 55º - құбырлық, ε_c = 60º - метрикалық бұранадалар үшін таңдалыныу қажет. Осыған сәйкес трапециялық, төрт бұрышты, жұмыр және сол сияқты кескіш маңдайшалары таңдалынады. Бұранда оятын қатты қорытпалы тілімшемен жабдықталған токарлы кескіштің бұранда ою процесі 5.3, *в* – суретте бейнеленген, токарлі білдекте бұранда оюды 5.18 – суретте қарастырайық.



5.18 - сурет. Токарлі бұранда ою кескішінің кесіп өңдеу сұлбасы



Бөлшек бетіндегі бұранданы кескіш бір әрекетте жонып шыға алмайды. Бұранданың толық пішімін алу үшін, кескіш бірнеше технологиялық әрекет жасайды. Әдетте бұрандаларды оюда алты әрекет жасалынады. 5.18 - суреттегі бұранда ою сұлбасында [48] кескіштің $S_{к1} \div S_{к6}$ - көлденең және $S_{б1} \div S_{б6}$ - бойлық берістерінің жүрістері берілген. Бұл сұлбаға сәйкес кескіш бөлшектің бүйіріден бастап бұранда оюды бастайды. Бірінші әрекетте $S_{к1}$ және $S_{б1}$ қозғалыс жасап белгілі ***a*** қабатқа тереңдейді. Соң артқа бастапқы жағдайға шапшаң жүріспен, кесіп өткен ойықпен бос қайтады. Сол тәртіппен кезектегі әрекетті ***a*** – нің мәнін азайтып бұранда ою процесі жалғасады. Жону процесінде кескіштің екі жағыда өңделініп жатқан бетпен түйісуде болады, соның үшін, соңғы әрекеттерде кесілетін қабат ***a*** – нің мәні азайтылады. Бұл кескіштің шыңдарындағы қысымды азайтып, қираудан сақтайды. Жону процесі бұранда қадамын алғанша, яғни b_z - ге жеткенше жалғасады.

Бұранданың негізгі параметрлері оның қадамы ***P*** және диаметрі ***d*** болып келеді (5.18, 5.19 - суреттер). Бұл жағдайды көз алдына келтіру үшін бөлшектен тік бұрышты ұшбұрыштың жаймасын қарастыру керек[48]. Ұшбұрыштың ұзын катеті шеңбер ұзындығына, ал келте катеті бұранда қадамы ***P*** - ға тең. Келте катетге қарама қарсы бұрыш φ бұранда сызығының өрлеу бұрышы, ал үшбұрыш гипотенузасы, бұранда бір қадамындағы бөлшекке оралған, бұранда орамы болып табылады.

Өндіріс орындарын бұранда ойыда, кескіш дайындамаға тек қана екі жүзімен кесіп кіруден басқа және радиаль, бір жүзімен кесу тәсілдеріде қолданылады. Сондай – ақ ішкі беттергеді бұранда оюда қарастырған мағлұматтар негізінде жүргізіледі.

Кескішпен бұранда ою арнайы тапсырыстағы, жоғарғы дәлдіктегі бұрандалар оюда пайдалану мақсатқа сәйкес болып табылады.

Тарақ жүзді кескіштер

Қазіргі заман талабы немесе ұраны — энергияны үнемдеу болып табылған кезеңде, кескішпен бұранда ою тәсіліне талап бәсеңдеп келеді. Өнімділікті жоғарылату үшін кескіштің кесетін бөлігіне бір неше кесетін элементер орналастырылады. Бұндай түрдегі бұранда оятын құрал – сайманды — *тарақ жүзді кескіштер* деп атайды. Сапасы айтқандай болмағанмен, талаптағы бұрандаларды оюда кеңінен қолданылады. Олардың артықшылығы бір әрекетпен толық бұранда пішімін ою мүмкін. Тарақ тәрізінде тістері 5.18 – суреттегі ***a***

- кесетін қабаты бойынша ретімен орналасады. Мұнда бастапқы тістер пәстеу, кейінгілері + ***a*** – ға биіктеп барады. Кесетін тістердің соңғы қатарларында мөлшерлегіш тістеріде қарастырылыу мүмкін. Әрине бұл өлшегіш тістер бұранда сапасын жақсарта түседі.

Тарақ жүзді кескіштерді қолдауда технологиялық кедергілерден негізгісі – кесетін аумаққа кесіп кіру және соңғы тісі толығымен шығып кету үшін артықша орын болыуы керек. Көп бөлшектердің конструкциясында мұндай жағдайлар қарастырылмайды.

Sandvik Coromant ұсынған тарақ жүзді кескіш 5.20 – суретте бейнеленген.



5.20 - сурет. Sandvik Coromant ұсынған тарақ жүзді кескіш фотосуреті:

1 – қатты қорытпалы тілімше тарақ тәрізінде тістерімен; 2 – сандық бағдарламалық білдектерде пайдаланатын арнайы жиекқұрсау.

Бұранда оюда кесу тәртіптері

Бұранда ою кесу принциптеріне назар салсақ, токарлық жону процесіндегі кесу тәртіп элементтерінен пайдалану мүмкін.

Бұранда оюда жылдамдық сызықтық болып келеді:

$$V = \frac{\pi \bullet d \bullet n}{1000}, \text{ м /мин} \qquad (5.47)$$

мұнда
d — бұранда сыртқы диаметрі, ***мм***;
n — кесетін құрал – сайман немесе дайындаманың айланым саны, айн / мин.

Кесу процесіндегі $S_б$ - бойлық беріс және $S_к$ - көлденең берістер бұранда қадамы Р - ді береді (5.18 – сурет). Кесу тереңдігін b_z - ***a*** – кескіштің әрбір әрекеттегі әдіп, ал ***h*** – бұранда орамының биіктігін деп белгілесек, кесу қалыңдығы

$$a_z = S_z \bullet \cos\varphi, \text{ мм} \qquad (5.48)$$

мұнда S_z – бір кесетін тіске беріс

$$S_z = \frac{h}{Z_1 \bullet Z_2} \text{ м /mic} \qquad (5.49)$$

мұндағы
h - бұранда орамының биіктігі;
Z_1 – кесетін беттегі тістер саны;
Z_2 - бұранда оятын құрал – сайманда тарақ жүзді кескіштер саны.
Кесілетін қабаттың көлденең қыймасы $F = b_z \bullet a_z$ тұрақты болып келмейді.

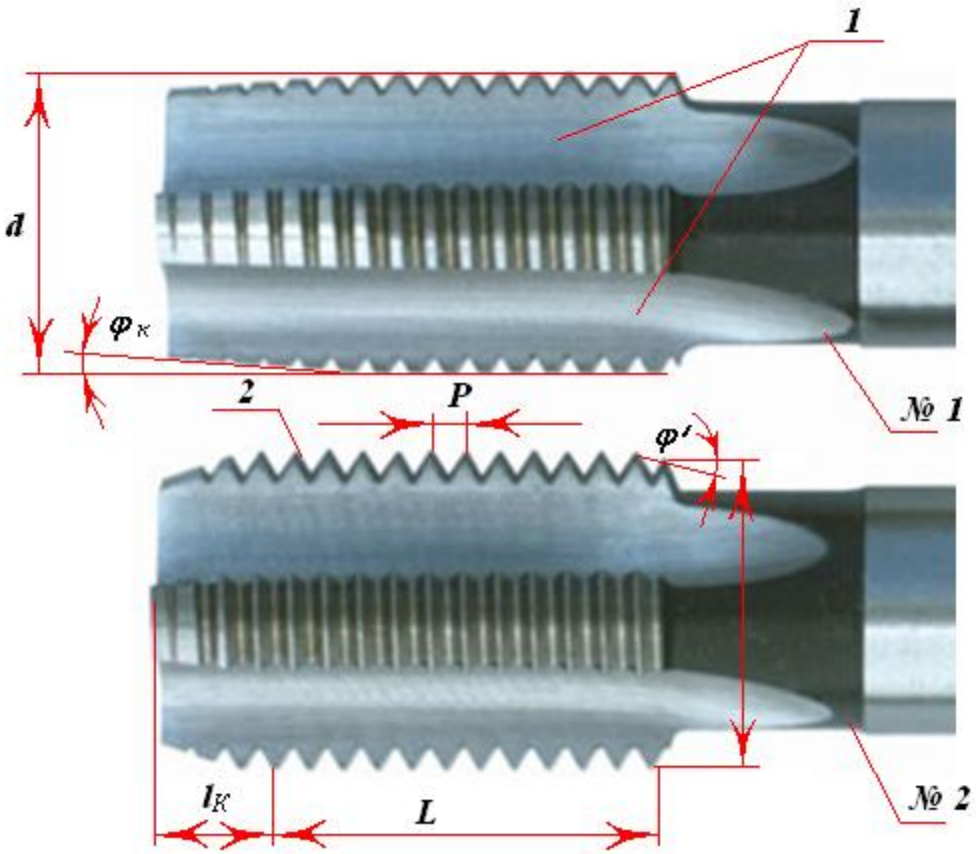
5.4.2. Бұрандаойғыштар және бұрандакескіштер

Өнімділікті жоғарылату үшін өндірістерде бұрандаойғыштар – бөлшектің ішкі бейнесіне және бұрандакескіштер бөлшектің сыртқы денелеріне бұранада ою үшін кеңінен пайдалынады [54].

Бұрандаойғыштың негізгі түрлері (5.21 - сурет):

— қолмен немесе теміршеберлік жұмыстарға арналған: бұранда қадамы №1, №2, (№3) жинағы болып келеді. Алдымен №1 қадамы бұрандаойғышты пайдаланады, соң ретімен. Мұнда бұрандаойғыштардың диаметрлері әр түрлі. Бұрандаойғыш диаметрлері 5.18 – суреттегі бұранда биіктігі ***h*** – ті үшке, яғни ***h = 2 · a*** - кесетін қабаттаға, сәйкестендіріліп бөлінген. Егер бұрандаойғыш

жинағы ретімен қолданылмаса, сапалы немесе толық пішімді бұранда оюға болмайды.



5.21 - сурет. Қолмен немесе теміршеберлік жұмыстарға арналған бұрандаойғыштар:

1 – жоңқа бунағы және кесу процесінде МСС – ді жеткізіп беретін ойықтар; 2 – Z кесетін тістері;

№1 – алдын ала тіс оятын және № 2 талап пішін беретін бұрандаойғыштар

— машиналық бұрандаойғыштар металл кесетін білдектерде жұмыс істеуге арналған. Мұнда бұрандаойғыш тістері, тарақ жүзді кескіштердің кесетін тістері сияқты орналасқан.

Бастапқы тістері бұранда пішімін қалыптастырып барып, соңғы тістері толығымен бұранданы ойып, мөлшерлейді. Сонда бір әрекетпен толық бұранда пішімін алуға болады.

— сомынды бұрандаойғыштар, арнайы сомынды өңдеу автоматталған және жартылай автоматталған білдектерінде жұмыс істеуге арналған. Көбінесе тек қана сомындардағы бұранда оюға қолданылады.

Бұрандаойғыштың конструкциясында бағыттаушы және кесетін элементтері болу керек. Кесетін бөлігімен бұранда ойса, ал бағыттаушы бөлігі бұрандаойғышты бұранда оятын тесіктің дәл ортасынан жүрісін және ойылған бұранданы мөлшерлеуін қамтамасыз етеді.

Кесу процесінде бұрандаойғышты бұранда ойылатын тесікке бағыттап, оның бастапқы тістері дайындамаға кесіп кіруін қамтамасыз етілсе, ары қарай өз жүрісі, яғни бұранда қадамы бойынша қозғалып кесу процесін жалғастырады. Бұл жағдайда білдек берісі қажет емес.

Кесуші бөліктің маңызды элементі — кесуші бөліктің ұзындығы l_K және $\varphi_к$ — кесуші бөліктің көлбеу бұрышы деп аталады (5.21 - сурет).

Бағыттаушы бөлік бұрандаойғыштың барлық үш диаметрінде конустық болып жасалады, бірақ конустың кері мәндері таңдалынады, яғни $d < d'$. Кері конустың бұрышы, $\varphi_0 = 0{,}5^0 \div 1{,}5^0$ аралықта қабылданады [8]. Бұл бұрыш бұрандаойғыш пен бұрама пішімі арасындағы үйкелісті төмендету үшін жасалады.

Бұрандаойғыштың кесуші бөлігінде келесі, бұрама пішімін қалыптастыратын, кесетін жүздер орналасады: негізгі кесуші жүз, қосалқы жүз.

Кесуші бөліктің ұзындығын l_K бұрандаойғыштың түріне байланысты таңдалынады. Саңлаулы тесіктерде машиналық бұрандаойғыштармен бұранда ою үшін, $l_к = (5 \div 6) / P$ және саңлаусыз тесіктер үшін $l_к = (1{,}5 \div 2) / P$. Сомынды бұрандаойғыштар үшін $l_к = (10 \div 12) / P$. Кесуші бөліктің ұзындығын біле отырып, кесуші бөліктің көлбеу бұрышын келесі теңдеумен анықтаймыз [8]:

$$tg\varphi_к = \frac{d - d_б}{2 \bullet l_к}, \qquad (5.48)$$

мұнда $d_б = d_1 - (0{,}1 \div 0{,}3)$, *мм* – бұрандаойғыштың бүйіржақ диаметрі.

Бұрандаойғышта тістер саны көп, оның диаметріне байланысты таңдайды: $d = 2 \div 36$ *мм* үшін $Z = 3;4$, ал $d = 39 \div 52$ *мм* үшін $Z = 4 \div 6$ қабылданады.

Бұрандаойғыштың алдыңғы бұрышы γ кесуші және бағыттаушы бөлік үшін бірдей, ол бұрандаойғыштың осіне перпендикуляр жазықтықта өлшенеді. Оның шамасы өңделетін материалдың түріне,

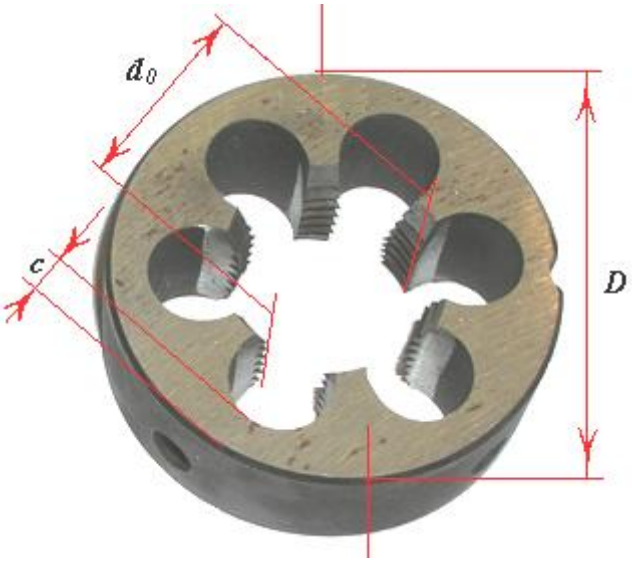
қаттылығы және беріктігіне байланысты $\gamma = 5 \div 25^0$ аралықта қабылданады. Ал артқы бұрышы

$$tg\alpha = \frac{K \bullet Z}{\pi \bullet D} \quad \text{немесе} \quad K = \frac{\pi \bullet D}{Z} \bullet tg\,\alpha \ .$$

Бұрандаойғыштың жұмысшы сызбасында артқы бұрыш мәндері берілмейді. Артқы бұрыштың шамасы, $\alpha = 8 \div 12^0$ аралықта алынып, қайрау шамасы K есептелініп, $0,5$ *мм* - ге дейін үлкен жаққа жуықтайды. Есептелген K – нің мәні жұмысшы сызбаға енгізіледі, сол мән бойынша жиекөңдеу бағдартқышы таңдалады [8]..

Бағыттаушы бөлік қайралмайды, сондықтан оның артқы бұрыш мәндері нөлге тең.

Бұрандакескіштер жұмыс істеу принципі бұрандаойғыштармен бірдей [54]. Олар сыртқы денелерде бұранда оюға арналған болып, арнайы бұрандакескіш ұстатқышынан пайдаланылады. Сыртқы пішіні бойынша жұмыр, құбырлық, квадрат және с.с. болып келеді (5.22 - сурет).



5.22 - сурет. Сыртқы денелерде бұранда оюға арналған бұрандакескіш

Бұл сыртқы диаметр – D, жоңқа бунағы диаметрі немесе бұранда диаметрі d_0 сондай – ақ оларды жалғастырып тұрған c – далдаша ені жалпы бұрандакескіш қатаңдығын қамтамасыз ету үшін келесі эмпириялық теңдеулерден анықталады [11]:

$$e = (0,6 \div 0,9)\sqrt{D}\ , \qquad (5.49)$$

мұнда

D — бұрандакескіш сыртқы диаметрі, ***мм***;

Бұранда диаметрі $d_0 = 1 \div 52$ *мм* - ге дейін бұрандакескіштердің сыртқы диаметрі $D = 16 \div 90$ *мм* болуы мүмкін.

Бұрандаойғыштар және бұрандакескіштердің негізгі кемшіліктері әрбір құрал – сайман нақты бір бұранда өлшеміне арналып жасалынады. Бұл құрал – саймандарды басқа мөлшердегі бұранда оюда қолданып болмайды, тіпті бұранда өлшемдері бірдей, тек қана шақтамалары әртүрлі болсада, басқалары үшін жарамсыз есептеледі.

Өндірістерде бұрандакескіштерді бір типдегі, бірақ түрлі диаметрлердегі бөлшектерде бұранда оюға мүмкіншілігі бар әммебап түрі — бұранда оятын бастиектер қолданылады. Бастиектердегі кесетін бөлігі қажетті диаметрге бапталу мүмкін.

Бұранданы бүрлеу әдістеріде көбінен машина жасау саласында қолданылады. Бұл әдісте дайындаманы тісті төрткілдеш немесе бүрлейтін аунақшалармен қысыммен айналдыра жаншып, бұранданы мөлшерлеп шығару болып табылады. Ұсақ бұрандаларды бұл әдіспен өңдеген тиімді болып есептеледі.

5.4.3. Модульдік жоңғы. Бұрамдық тісті модульдік жоңғылар. Қажағыштар. Шеверлер.

Машина жасауда тісті дөңгелектерті өңдеудің негізігі әдістері - ою, яғни кесіп өңдеу болып табылған. Дәлдік талап етілмейтін тісті дөңгелектерді құю, қысыммен өңдеу, ал ұсақ тістерді бүрлеумен алуға болады.

Тісті дөңгелектерді кесіп өңдеу әдістері үшге бөлінеді [54,55]:

1. *Көшірмелеу* тәсілінде, саусақты және дөңгелекше модульді жонғыштар қолданылады (5.23 – сурет).

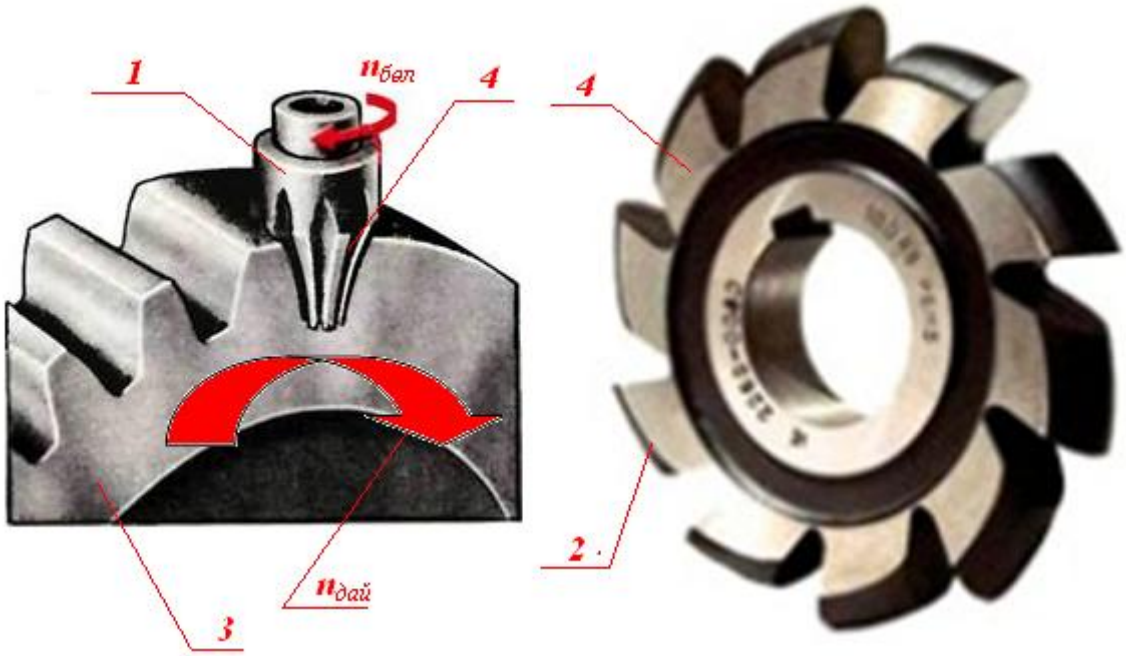
Өшірмелеу тәсілінде құрал – сайман тапсырмадағы ойылатын тістің мөлшеріне, яғни тістің негізгі өлшем параметрі – модуліне қарап жасалынады. Сол үшін бұл құрал – сайман аталуына модульдік деген сөз қосып айтылады.

Кесу процесінің негізгі параметрлері жылдамдық, кесу берістері және кесу тереңдіктері жоңғылау процесінде сияқты анықталады. Бұл тәсілдің негізгі кемшіліктері:

— процесс өнімділігінің төмендігінде;

— өңдеу дәлдігі нашарлығында;

— сонымен қатар әр бір жасалынатын тіс модульіне арнайы құрал – сайман қажеттілігінде.



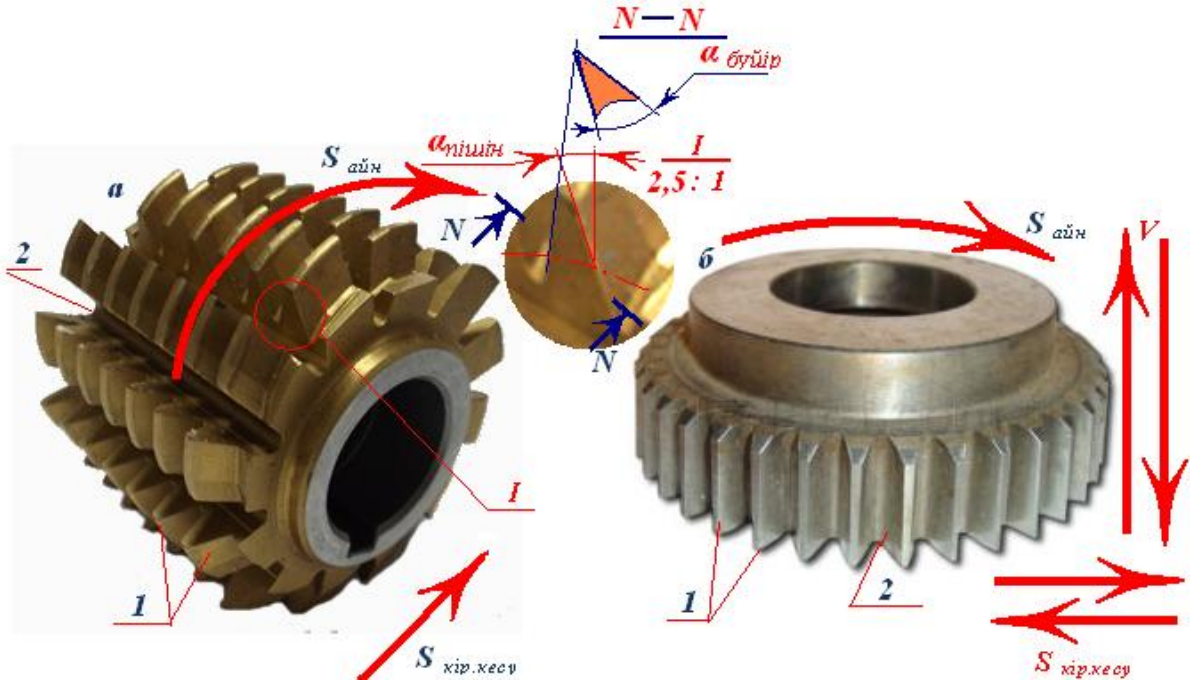
5.23 - сурет. Саусақты және дөңгелекше модульді жонғыш:
1 – саусақты модульді жонғыш; 2 - дөңгелекше модульді жонғыш; 3- өңделініп жатқан дайындама; 4 – жоңғылардың кесетін тістері.

2. ***Домалату тәсілінде***, бұрамдық тісті модульдік жоңғылар, тісқашауыштар, сүргілейтін және домалататын кескіштер қолданылады (5.23 - сурет).

Бұрамдық тісті модульдік жоңғылар, кәдімгі бұрамдық түрпішіні сияқты болып, жоңқа бунағы 2 белгілі аралықта ойылған (5.23, *а* - сурет). Сол ойылған бұнақ бұрамдықтың орамдарын, тең бөлектерге бөліп, кесетін тіс 1 – ді түзген. Бұрамдық тісті модульдік жоңғылар $S_{кір.кесу}$ - тістің дайындамаға кірекесуі берісі және $S_{айн}$ - жоңғының өз осі мәнінде айналу берісі айналу қозғалыстары артынан қажетті мөлшердегі тісті ояды.

Жоңғы тісі екі жан жақты кесетін жүзден тұрады. Тістердің геометриялық параметрлері жоғарыда қарастырған жоңғылармен ұқсас. Айырмашылықтары кесетін тістері бұранда траекториясы бойынша $\omega_б$ - көлбеулік бұрышымен, тізіліп орналасқан, сондай - ақ 5.23 – суретте сызбаның жеке элементі I – де бейнеленген тістің бөлгіш диаметрінен өлшенетін $\alpha_{пішін}$ – пішіндік немесе ілесіс және ***N — N*** қиймасындағы $\alpha_{бүйір}$ – тіс бүйірінің көлбеулік бұрышында. Кесетін тіс алдыңғы бұрышы $\gamma = 5 \div 10^{o}$ мәндерін алу ұсынылады.

Бұл мәндер өсіумен кесу процесін жеңіл көшеді дегенімен, ойылып жатқан тістің пішіні бұрмаланыуы мүмкін [55].



5.23 - сурет. Бұрамдық тісті модульдік жоңғы (а) және тісқашауыш (б):

1 – жоңғы кесетін тістері; 2 - жоңқа бунағы; $S_{кір.кесу}$ - тістің дайындамаға кірекесу берісі ; $S_{айн}$ - жоңғының өз осі мәнінде айналу берісі; S – кесу берісі.

Тіс бүйірінің көлбеулік бұрышы әдетте $\alpha_{бүйір} = 3 \div 4^o$, болуы мүмкін, ал қажет жағдайларда келесідей анықтау мүмкін [55]:

$$tg\,\alpha_{бүйір} = tg\,\alpha \bullet \sin\alpha_{пішін}, \qquad (5.51)$$

мұнда

$\alpha_{бүйір}$ – тіс бүйірінің көлбеулік бұрышы;

$\alpha_{пішін}$ – пішіндік немесе ілесіс бұрышы.

Тұрақтылығын жақсартуы үшін, кесетін тістері алдыңғы кесетін бетінен қайта қайралатын, құрастырылған жоңғыларда, $\alpha_{бүйір} = 8 \div 15^o$ алу ұсынылады.

Қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған жоңғыларда $\alpha_{бүйір} = 10 \div 12^o$, $\gamma = 0^o$ болғаны жөн. Қатты қорытпалы тілімшелерде

біріктікті жақсартуы үшін, кесетін жүздің шыңдарын $f = 10 \div 12^o$ *мм* аралығында қиықжиек етіп қайрау ұсынылады.

Тісқашауыштар – кесетін тістермен жабдықталған тісті дөңгелек (5.23, *а* - сурет). Тіс ою қашауыш білдектерінде $S_{кір.кесу}$ - тістің дайындамаға кірекесу берісі, $S_{айн}$ - жоңғының өз осі мәнінде айналу берісі және S – кесу берісі қозғалыстарымен жүзеге асырылады. Кесетін тіс геометриясы бұрамдық тісті модульдік жоңғымен ұқсас дегенмен, практика жүзінде артқы бұрыш есептелінеді [55]:

$$tg\,\alpha = \frac{tg\,\alpha_{пішін}}{\sin\alpha_{бүйыр}}, \qquad (5.52)$$

Тісқашауыш алдыңғы бұрыштары көбінесе анықтамалардан таңдалынады, бірақ қажет кезде келесідей есептеу ұсынылады [8]:

$$tg\,\gamma_x = tg\,\gamma \bullet \sin\alpha_{пішін}, \qquad (5.53)$$

Кесу процесі жеңіл көшу үшін алдыңғы бұрыш мәндері міндетті түрде оң таңбалы, кемінде $\gamma = 0^o$ ақтық, ал $\gamma = 15^o$ алдын ала өңдеуде қабылдануы тиіс. Алдыңғы бұрыштың басқа мәндерінде ойылып жатқан тістің пішіні бұрмалануы мүмкін.

Тісқашауыш кесіп өңдеу кинематикасы басқа әдістерден айырмашылықтары, оның кесу тәртіптерін зерттеп шығуға итермелейді.

Бір уақытта кесіп алынатын қабат мөлшері ерекше есептелінеді. Мұнда, кесу мезетіндегі түйісуде болған ауданында айнымалы болып, әр тісте үлесінің қосындысы келесідей анықталады [8]:

$$\sum F_{max} = \frac{0{,}6\,m^2 \bullet S_{айн}}{Z^{0{,}1}}, \text{ мм} \qquad (5.54)$$

мұнда

m — ойылып жатқан тісті дөңгелек модулі, *мм*;

$S_{айн}$ — жоңғының бір қос жүрісіне өз осі мәнінде айналу берісі, *мм / тісқажағыш қос жүрісі*;

Z — ойылып жатқан тісті дөңгелек тістер саны.

5.54 теңдеу негізінде кесетін күшті анықтауға болады.

$$P_{max} = \sum F_{max} \bullet \rho, \; кГк \tag{5.54}$$

мұнда

ρ — кесу меншікті қысымы, $кГк/мм^2$.

Жоңқаның ілгерілемелі – қайтпа жылдамдығы - V синусоид бойынша анықталады (5.23, *б* - сурет)

$$V = \frac{2L \bullet n}{1000}, \; м/мин \tag{5.54}$$

мұнда

L — бір бағытқа жүрістің ұзындығы, *мм*.

Өндіріс орындарында келесідей эмпириалық теңдеулермен анықталады. Мысалға ***Р18*** таңбалы жылдамкескіш болаттан жасалған тісқажағыш сталь 45 таңбалы болатты өңдегенде жылдамдық келесі жолмен анықталады [53]:

а) тісті алдын ала ойып өңдегенде

$$V = \frac{4,9}{T^{0,2} \bullet S_{айн}^{0,5} \bullet m^{0,3}}, \; м/мин \tag{5.55}$$

б) тісті тазалап ойып өңдегенде

$$V = \frac{90}{T^{0,3} \bullet S_{айн}^{0,5}}, \; м/мин \tag{5.56}$$

Бір бұрама кірмелі бұрамдық тісті модульдік жоңғы сталь 45 таңбалы болатты өңдегенде тиімді қуат анықтау [53]:

$$N_T = \frac{0,124 \bullet S_{кірекесу}^{0,5} \bullet m^{1,7}}{D_e}, \; кВт \tag{5.57}$$

мұнда

$S_{кір.кесу}$ — жоңғының бір айналуындағы тістің дайындамаға кірекесу берісі, *мм*;

m — ойылып жатқан тісті дөңгелек модулі, *мм;*

D_e — жоңғының сыртқы диаметрі, ***мм***.

Жоңғыдағы бұрау моменті туындайтын шеңберлік күшті 5.54 және 5.57 – теңдеулерден пайдаланып есептеуге болады [8]:

$$P = \frac{60 \bullet 10^3 \bullet N_э}{V} \qquad (5.58)$$

Тісқажағышпен сталь 45 таңбалы болатты өңдегенде тиімді қуат анықтау [53]:

$$N_T = \frac{P_{max} \bullet V_{орт}}{60 \bullet 10^3}, \text{ кВт} \qquad (5.59)$$

мұнда

P_{max} — тісқажағышпен өңдегенде кесу күші, кГк;

$V_{орт}$ — тісқажағыштың ілгерілемелі – қайтпа жылдамдығының орта мәні, ***м / мин***.

Барлық кесу параметрлерін ескере отырып кесу қуатын келесі эмпириалық теңдеу бойынша анықтау мүмкін [8]:

а) бұрамдық тісті модульдік жоңғылауда

$$N = C_N \bullet 10^{-3} \bullet S_{айн}^{y_N} \bullet m^{x_N} \bullet D_e^{P_N} \bullet Z^{q_N} \bullet K_N, \text{ кВт} \qquad (5.60)$$

б) тісқашауыштармен өңдегенде

$$N = C_N \bullet 10^{-4} \bullet S_{айн}^{y_N} \bullet m^{x_N} \bullet Z^{q_N} \bullet V \bullet K_N, \text{ кВт} \qquad (5.61)$$

мұнда

C_N өңделініп жатқан материал қасиетін ескеретін коэффициент;

$S_{айн}$ — жоңғының бір қос жүрісіне өз осі мәнінде айналу берісі, ***мм / тісқажағыш қос жүрісі***;

m — ойылып жатқан тісті дөңгелек модулі, ***мм;***

D_e — жоңғының сыртқы диаметрі, ***мм***.

V — кесу жылдамдығы, ***м / мин***.

m — ойылып жатқан тісті дөңгелек модулі, ***мм;***

D_e — жоңғының сыртқы диаметрі, ***мм***.

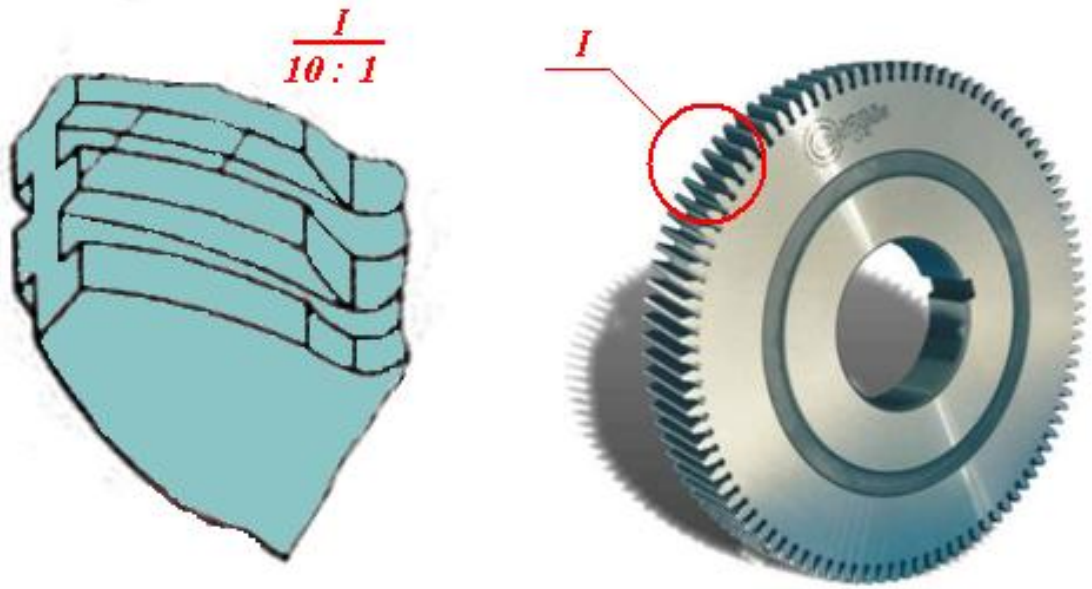
Z — ойылып жатқан тістің дөңгелек тістер саны

K_N — өңдеу шарттарын ескеретін түзету коэффициенті.

3. Тісқыру тәсілі **–** соңғы, тазалап өңдеуге жатады. Жоғарыда қарастырған тіс ою тәсілдері, тіс бет сапасын талап деңгейде қамтамасыз етпейді. Соның үшін өндіріс орындарында тіс беттеріне кедір – бұдырлығын кемітіп сапасын арттыру үшін ажарлау немесе тісқыру қолданылады.

Тісқырғыш өңделініп жатқан тісті дөңгелек бетіндегі кедір – бұдырлықтарды қырып майда жоңқаға айналдырады. Бұл өңдеу процесінде, дөңгелек және бұрамдық тісқырғыштар немесе тісқырғыш – төрткілдешдер пайдаланылады . Бұл құрал – саймандар дайындама бетінде дөңгелеп жұмыс орындайды[53]. Бұнда тісқырғыш – төрткілдешдерді жасау пайдалану, дөңгелек тісқырғыштармен салыстырғанда тиімді еместігін айта кеткен жөн.

Дөңгелек тісқырғыштармен дайындамаға салыстырмалы бойлық, диагональ, жанама, тангенциал және бұрыштық етіп орналастырылған өңдеу сұлбалары кеңінен пайдаланылады. 5.24 – суретте түзу және қиғаш тісті цилиндрлі тістегеріштерді тазалап өңдейтін тісқырғыш бейнеленген.



5.24 - сурет. Түзу және қиғаш тісті цилиндрлі тістегеріштерді тазалап өңдейтін тісқырғыш

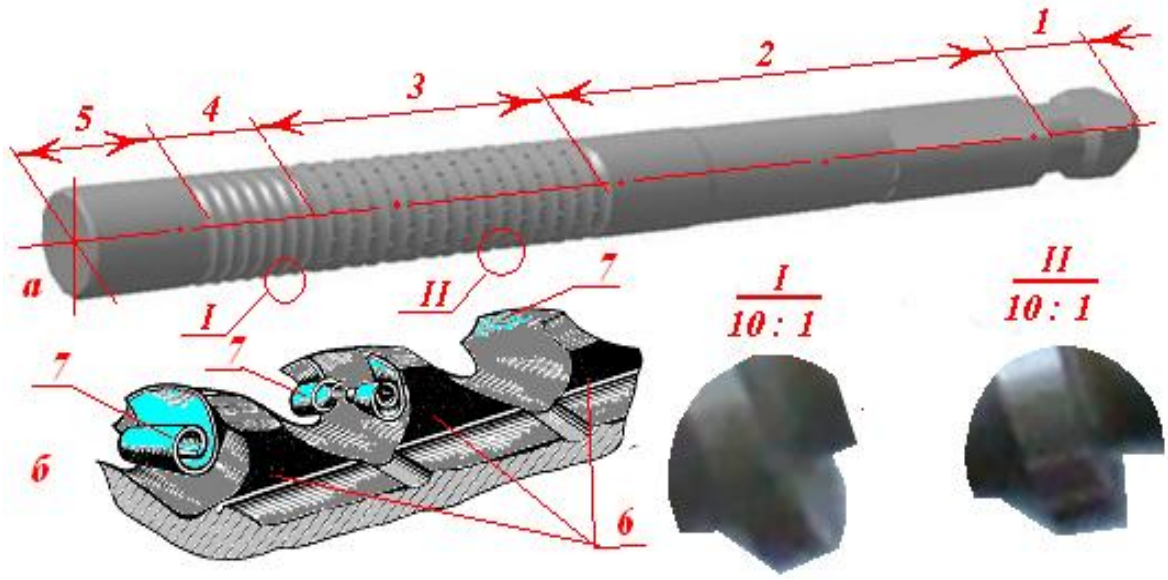
Сызбаның жеке элементі I – де кесетін тістердің беткі қабатында ұсақ тістер көрініп тұр. Бұл ұсақ тістер өңделіп жатқан тісті дөңгелектің беткі қабатындағы кедір – бұдырлықты, тісқырғыштың шамалы қысымы астында, қырып өтеді.

Тісқырғыш дайындамамен ілесу үшін оларды шамалы бұрыш астында орналастырған жөн. Дайындаманың еніден тісқырғыш ені 3 ÷ 4 мм – ге кеңдеу болғаны жөн.

5.5. Тартажону өңдеу әдісі

5.5.1. Тартжонғыштың геометриялық элементерімен кесу тәртіптері

Тартажону өте тиімді және технологиялық тұрғыдан өте дәл өңдеу әдісі болып табылған [56]. Мысалға көліктердегі айқартопса қондырылатын бір ось бойында орналасқан екі тесікті қазіргі күнге дейін тек осы әдіспен өңдейді. Мұнда тартажону бір өтуде екі тесікті алдын ала, тазалап және ақтық өңдеп, сондай – ақ мөлшерлеп өтеді. (5.25 - сурет).



5.25 - сурет. Тартажонғыш конструкциялық элементтері

Тартажону - бұл тұйықталған және тұйықталмаған кез келген күрделі ішкі және сыртқы беттерді өңдеу әдісі.

Тартажоңғыш білдектерінің негізгі түрі: ***7510М*** (***5*** - білдектің габариті, ***10*** - поршеннің тарту күші, ***М*** - құрылымдық түрөзгертушілігі).

Білдектің негізгі тораптары: тұғыр, гидростанциялы гидроцилиндр, күймеше, кронштейн, тартажонғышты бекітуге арналған қысқы.

Негізгі қозғалыстар: басты қозғалыс - осьтік түзусызық.

Өндірілетін жұмыс: ішкі және сыртқы беттерді өңдеу (тесік, оймакілтек, кілтекті ойық).

Тартажонғыштың түрлері:

— сыртқы,

— ішкі,

— шеңбер тәрізінде келеді.

Тартажону жоғары өнімділікпен, өңдеу жоғары дәлдігімен, сондай - ақ бұл тәсілді басқа өңдеу тәсілдерімен ауыстырыуға болмаумен ерекшеленеді. Өте күрделі сырт пішімді тесіктер тартажонғыш жиынтығында өңделеді.

Тартажонғыштың құрал – сайманы кесуші және калибрлеуші бөліктерінен тұрады. Жұмыр тесіктерді өңдеуге (5.25, *а* - сурет) арналған тартажонғыштар конструктив элементтері мыналардан тұрады: мойынақ 1 - тартажонғышты қысқыға бекіту үшін тағайындалған; мойнынақ - білдек элементінің габариттік өлшем компенсаторы болып келеді. Бағыттаушы конус 2 - дайындаманың және тартажонғыш осын үйлестіру үшін; алдыңғы бағыттауыш - дайындама тесігінде тартажонғышты центрлеу үшін қажетті. Жұмысшы бөлігі 3 - әдіпті кесіп алу және өңделген бетті қалыптастырады. Калибрлеуші бөлік 4 - өңделген бетті біржола қалыптастыру және тартажонғыштың тозуын теңелтуші және өңделген бетке өте дәлдік талаптары қойылғанда өлшемді түзейді. Артқы бағыттауыш 5 - өңдеуден кейін бөлшекті ұстап тұру үшін, яғни тесіктен тартажонғыш қыйсайып шықпауын қамтамасыз етеді.

Негізгі құрылымдық өлшемдері өңдеудегі әдіпке сәйкестендіріледі. Дайындаманың бастапқы өлшемімен бірге D_{max}, дайын тесіктің максимальді шектік өлшемі $D_{дай\ min}$ бойынша және өңдеудегі δ өңделетін материалдың қодырылуындағы және бетіндегі қателіктері, сондай – ақ өлшем шақтамасын ескере отырып есептелінеді [56].

$$t = (D_{max} - D_{дай\ min}) / 2 \pm \delta$$

Тартажонғыш мойынағы ұзындығы $l_м$ және диаметрі $d_м$ өлшемдері қысқыштың өлшемдерінен алынады, $d_{м.} = D_{дай\ min} - 1 \div 2$ *мм*. бойынша анықталады. Мойнақ диаметрінің қысылатын бөлігі $d_{м1} = d_{м..} - 3 \div 4$ *мм*. Алдыңғы бағыттаушы конус $l_{бк.} = 0{,}8 \div 1 \cdot l_д$ – дайындама ұзындығы, $d_{бк.} = D_{дай\ min} \cdot f\,9$, шақтама бірге, артқы бағыттаушы $l_{аб} = l_{бк.}$, $d_{аб.} = D_{min}$, $f9$ шақтамамен бірге.

Тартажонғыштың кесуші 3 бөлігінде кесуші тістер $Z_к$ орналасқан

5.25, *а* – суреттегі сызбаның жеке элементі I - де бейнеленген. Бірінші тіс $d = D_{дай\ min}$ өлшемді болады. Тартажонғыштың әр тісі материалдың белгілі бір қабатын кесу үшін, әр соңғы тіс диаметрі алдыңғысынан S_Z артып келеді.

Тісті өрлеу барлық кесуші тістерде бірдей болуы мүмкін, белгілі заң бойынша бір топ тістің келесіге өтуі кезінде өзгеруі мүмкін.

Мөлшерлеуші 4 бөлікте, бірдей өлшемді мөлшерлеуші тістер орналасқаны (тісті өрлеу нөлге тең) 5.25, *а* – суреттегі сызбаның жеке элементі II - де бейнеленген. Мөлшерлеуші тістер екі функцияны орындайды. Бұл тістер нақты өлшем және пішін бере отырып қарамды мөлшерлейді. Сонымен қатар кесу процесінде тартажонғыштың кесуші тістері үшін резерв болып табылады. Тартажонғыштың жұмысын бақылау кезінде тістің өрлеуі S_Z белгілі бір аралықта болу керек [56]:

$$S_{Z\ min} < S_Z < S_{Z\ max}.$$

Минимальды өрлеу $S_{Z\ \ min}$ тартажонғыш тісінің ρ радиус шеңберінің шамасымен анықталады. Радиус шамасы ρ құрал - саймандық материалға және қайрауды мұқият орындауға байланысты болады. Тез кесуші болаттан жасалған тартажонғыш үшін $\rho \geq 5 \div 10$ ***мкм***.

5.25, б – суретте кесетін тістері 6 жоңқа 7 – ні түрлі жуандықта кесіп алуы айқын көрініп тұр. Алдыңғы тістер көбірек, ал соңғылары аздау металл қабатын сүргілеп өтуде. Егер кесілетін қабат тісті әрлеуді S_Z анықтау радиус шеңберінен кіші болса, онда кесу процесі қиындайды, жоңқа цилиндрлік бетте қалыптасады, яғни пайда болған жонқамен тіс аралықтары толып калыуы мүмкін. Мұндай тісті әрлеуден құтылу үшін радиус шеңбері екі есе үлкен болу керек [56]:

$$S_{Z\ min} = 0{,}02\ мм.$$

Өрлеудің максималды шамасы кесуші құрал - сайман сияқты тартажонғыштың ерекшеліктерімен анықталады. Тартажонғыш - қымбат құрал-сайман, түзу бетті өңдеу үшін тағайындалады. Сондықтан S_Z тартажонғыштың жоғары төзімділігін қамтамасыз ету керек және өңделген беттің кедір-бұдырлығын азайту қажет. Болатты өңдеу кезінде $S_{Z\ max} = 0{,}15\ мм$, ал шойынды өңдеу кезінде $S_{Z\ max} = 0{,}2\ мм$ алуға болады.

Сыптықыр цилиндрик беттерді сүргілеп өңдегенде тесікте ***6,7***

квалитет дәлдік және бет кедір – бұдырлығын R_a **= 2,5 ÷ 0,63 мкм** – ге дейін қамтамасыз ету мүмкін. Тазалап өңдеуде тістердің өрлеуін 0,02 ÷ 0,004 мм – ден көбейтпеу керек.

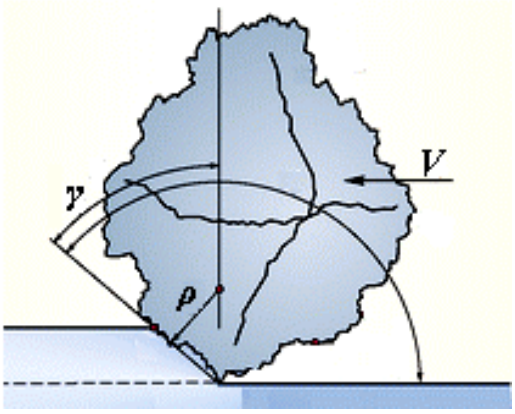
Қазірде сүргілеу өңдеу тәсілдері автоматтырылған білдектерде жүргізіліп, бөлшектің жоғары 6 – ші квалитеттегі дәлдікке және бет кедір – бұдырлығын R_a **= 1,25 ÷ 0,63 мкм** – ге қол жеткізілуде [54].

5.6. Ажарлау процесі және қайрақ аспап

5.6.1. Ажарлау жайлы қысқа мағлұматтар

Кесіп немесе тырнап өндеу - кажақ құрал - саймандардың көмегімен жүзеге асырылып, кесуші немесе дәлірек айтқанда (5.26 - сурет), бөлшек бетін тырнайтын элементтері қажақты материалдардың түйірі болып келеді.

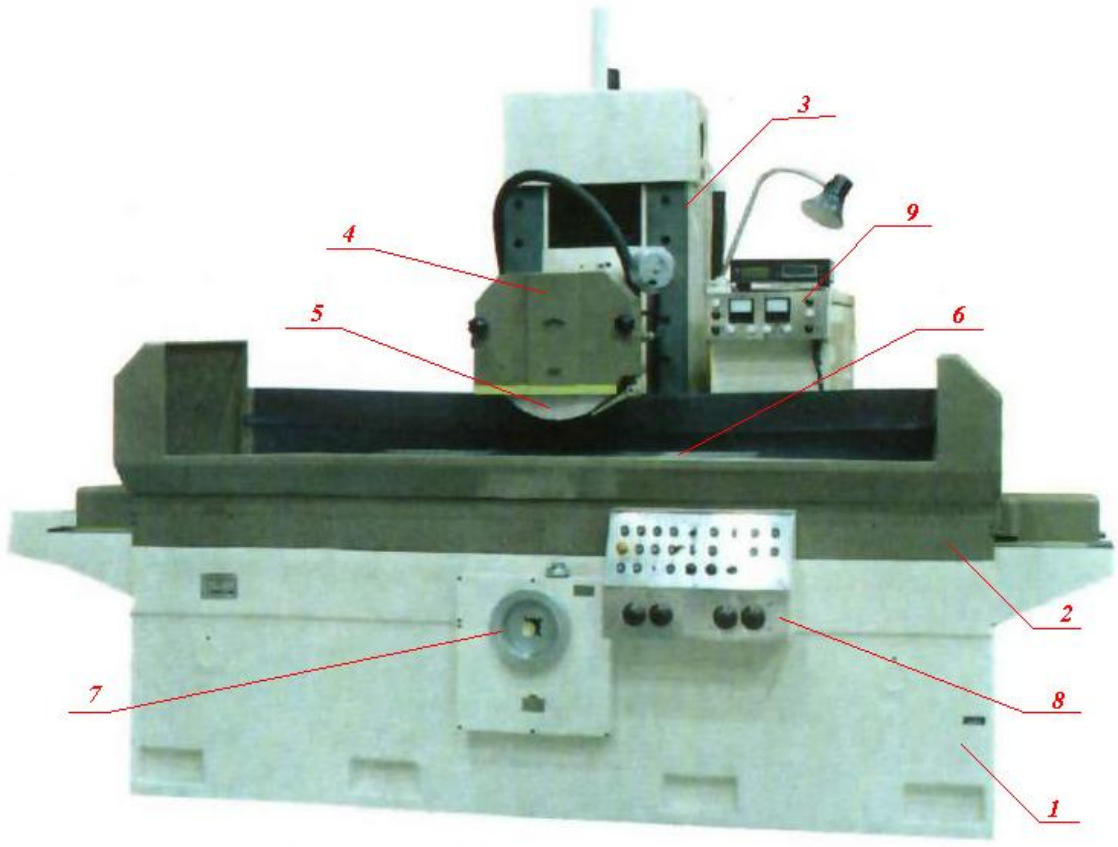
Ажарлау білдегінің негізгі түрлері: *3В12* (дөңгелек ажарлаушы білдек, *12* - өңделетін бөлшектің габариттері) немесе 5.27 - суреттегі жазық беттерді ажарлайтын 3Л722А (L 1000) – таңбалы білдегі. Салмағы 500 кг – ге дейін бөлшектерді орналастырып бекітетін тіктөртбұрышты үстелмен жабдықталған.



5.26 - сурет. Қажақ түйіршегінің микро кесу сұлбасы

Білдектің негізгі тораптары (5.27 – сурет): тұғыр 1, ілгерілмелі бойлық және көлденең жылжу мүмкіншілігі болған, дайындама орналастыратын үстел 2, білдектің тұғырына орнатылған ажарлаушы бастиекті немесе айналдырықты бағыттайтын - бірайналдырықты тіреуіш 3, қайрақ тас орналастыратын бастиект немесе айналдырық 4, дөңгелек тәрізіндегі ажар тас 5, дайындаманы өте дәл орналастыру және қатаң бекітіу үшін электромагнит тақтасы 6. Әдетте магнит

үстелі өте жылтыр және дәл етіп дайындалып, бөлшекті орнықтырғанда минимал ауытқу болады [16], қолмен басқару бұрау сабысы 7, басқару тізбесандықшасы 8, басқарусандық 9 – дардан тұрады.



5.27 - сурет. Жазық беттерді ажарлайтын 3Л722А (L 1000) – таңбалы білдегі

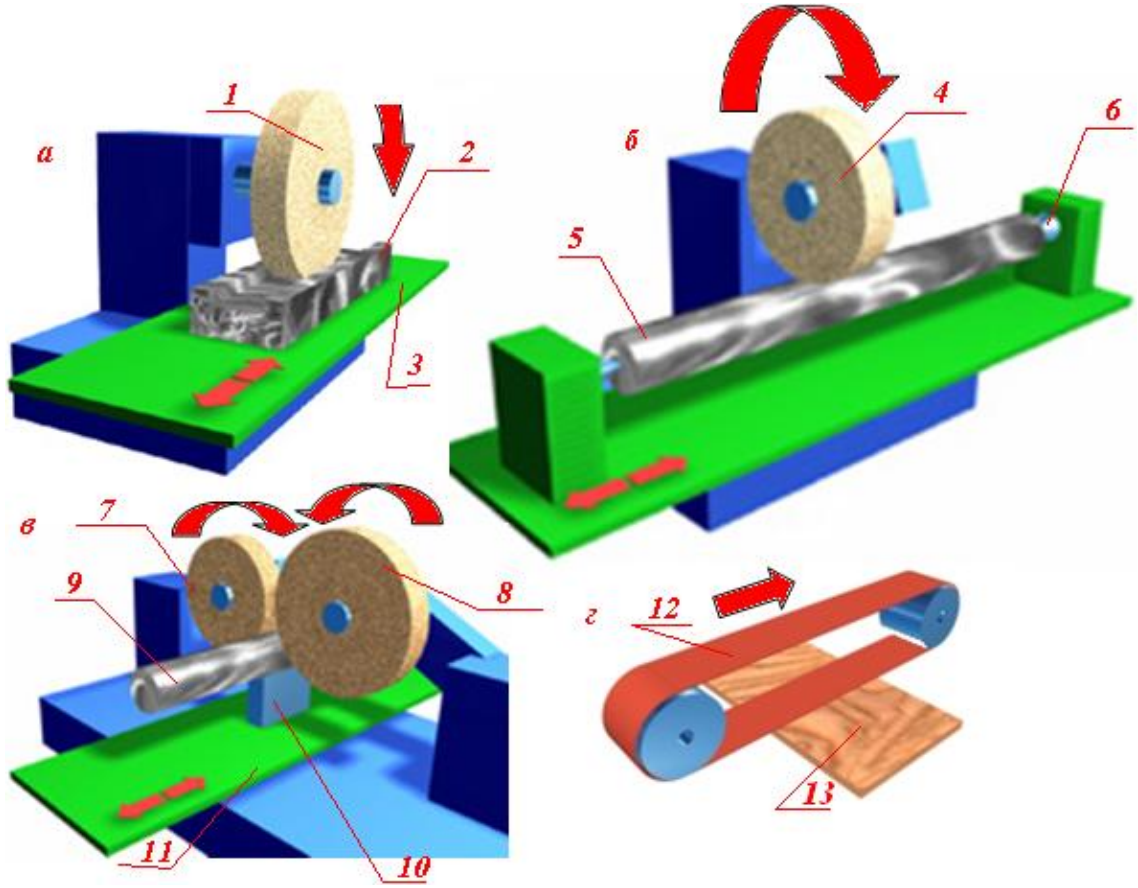
Машинажасауда негізгі ажарлау әдістерінің өңдеу сұлбаларын 5.28 – суретте талдап шығайық [57]:

а) жазықтық беттерін ажарлау (5.28, *а* – сурет). Мұнда дайындама бетін қайрақ тас 1 - дің дөңгелек шетімен және бұйырымен ажарлау мүмкін. Дайындама 2 білдек үстеліндегі электромагнит тақташасы 3 - ге бекітіліп, түзу ілгерілімелі – қайтпа қозғалыс жасайды. Қайрақ тас бір жұп бойлық жүрісінен кейін белгілі беріспен көлденең жылжып отырады.

б) дөңгелек беттерді ажарлау екіге бөлінеді:

— сыртқы дөңгелек беттерді ажарлау. Қайрақ тас 4 өз осі мәнінде айналу қозғалысымен бөлшек 5 - ні ілестіріп ажарлау процесін жүргізуге болады. Кейбір білдектерді дайындамағанда айналу

қозғалысы беріледі (5.28, *б* – сурет). Дайындама арнайы жетекпен жабдықталған айналмалы центр 6 - ларда бекітіледі.



5.28 - сурет. Ажарлау әдістерінің өңдеу сұлбалары

— бөлшектің ішкі тесіктерін немесе беттерін ажарлау. Бұл әдісте көбінесе дайындама айналып, қайрақ тас ілгерілемелі – қайтпа қозғалыс жасайды.

в) центрсіз ажарлау (5.28, *в* – сурет). Дайындама 9 бір бірімен бір бағытта айналмалы қозғалыс жасайды 7, 8 қайрақ тастар арасына тасталады. Дайындаманы қайрақ тастар ілеспеу үшін қайрақ тастарының осьтерін айқастырып орналастырады. Ажарлау процесінде тірек 10 – дің бетінде өз алдына айналып тұрады. Қажет жағдайларда дайындамаға желдету механизмі 11 – ге қосымша ілгерімелі - қайта қозғалыс беріледі. Бұл әдістің ерекшелігі дайындама өңдеу процесінде еркін орналастырылып, бекітілмейді. Ұсақ мөлшерлі дайындамаларды білдекке орналастырып бекіту технологиялық тұрғыдан мүмкін емес жағдайларда, бұл әдістен басқаларын қолдауға болмайды. Мысалға жүк көліктердегі ішкі жану қозғалтқыштарының саусақтарын тек қана осы әдіспен ажарлауға

болады.

г) арнайы ажарлау әдістері. Мұнда бұранданы, түрлі пішімдегі тістерді, сондай – ақ қисық бетті бөлшектерді ажарлау тағы с.с. Мысалға 5.28, *г* – суретте құралдық таспаша 12 - мен бөлшек 13 – ті ажарлау және жылтырату процесі бейнеленген.

Негізгі қозғалыстар: негізгі қозғалыс (ажарлаушы дөңгелектің айналуы), айналу берілісі $S_{айн}$ (тегіс ажарлаушы білдек үшін - көлденең қима $S_{көл}$), бойлық беріліс $S_{бойлық}$, екі жүріске беріліс $S_{екі\ жүр.}$

Өндірілген жұмыстар: ішкі және сыртқы цилиндрлік беттерді өңдеу, жазық және фасонды беттерді өңдеу.

Қажақты құрал-саймандардың түріне және қабылданған кинематикалық схемаға байланысты төмендегідей қарастырылады:

— ажарлау - сыдыру (алғашқы), бастапқы;

— соңғы (ақтық), жіңішке;

— жұмыр немесе дөңгелек (сыртқы және ішкі);

— жазық пішімді.

Қажақты өңдеу соңғы кездері қабыршақ пен жұмыс негізінде үлкен әдіптерді алу үшін, жоғары беріктіктіктегі бөлшектерді кесу үшін және шынықтырылған материалдарды өңдеуде кеңіне қолданылып келінеді. Механикалық өңдеуде минимальды әдіппен дайындама алу үрдісінде, жүзбен кесу әдістеріне қарағанда, қажақпен өңдеу әдісін қолдаған жөн.

Қажақты өңдеу кезінде кесу процесі мынадан құралады, яғни қажақ құрал – сайманынан түртіп шығып тұрған түйіршік өңделетін материалдың беттік қабатын шағын жоңқа түрінде, бір уақытта тырнап және үйкеп жояды.

Өңдеу дәлдігі $3 \div 5$ квалитетке, ал беттің тазалығы $9 \div 11$ тазалық класына жетеді.

Қажақты құрал-саймандар ретінде ажарлаушы шарықтас, сегмент, қайрақша, қажауқағаз, құралдық таспашалар, ұнтақтар, қойыртпақтар қолданылады.

Ішіндегі ең кең таралғаны шарықтас болып табылады. Олар кесуші (қажақты) түйіршік, біріктірме, цементтеу түйіршіктерінен, және түйіршік арасындағы бостықтан (кеуек) тұрады. Бұл бос болу немесе кеуек жоңқалы жырашықтың рөлін атқарады.

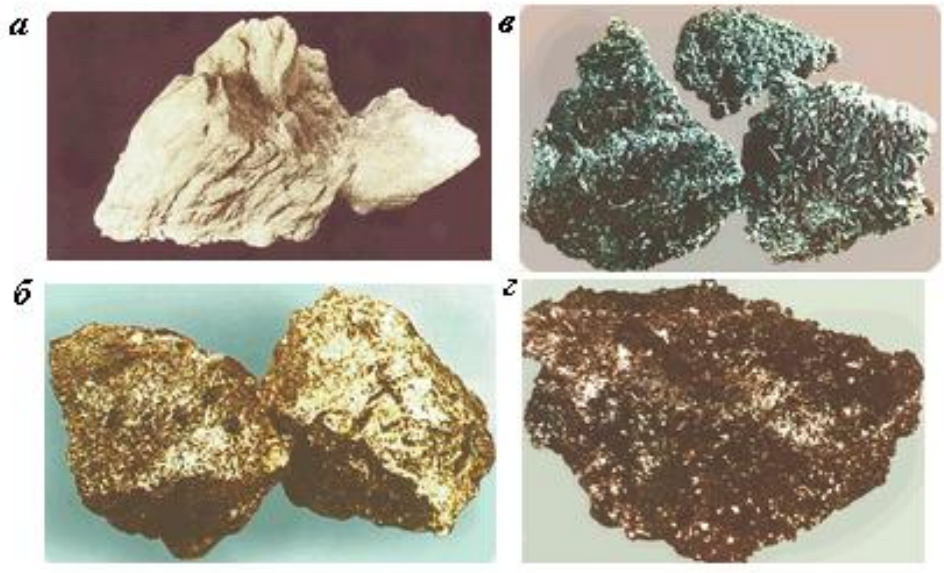
Қажақты материалдар электрокорундты көміртек құраушы материалдармен тазаланған бокситтерді электрпештерінде қорыту арқылы алынады. Нәтижесінде үлкен оксид алюминий құраушы түйіршікті алады (5.29 – сурет).

Электрокорундтың жеке маркілері: қалыпты электрокорунд (***1А***)

және оның түрлері - ***12А,13А, 14А, 15А, 16А***, оксид алюминий құраушы мен сапасына қарап ерекшеленеді (нөмір көп болған сайын, соғырлым сапалы болады) - ***93% ÷ 96% Al_2O_3***, қызғыш - қоңыр реңді түйіршік, қаттылығы ***H_M =1900 ÷ 2000 кгс/мм^2***, жылуға төзімділігі ***Q_T = 1700 ÷ 1800°С***.

Ақ электрокорунд - ***2А, 97 ÷ 99% Al_2O_3,*** құрайды, түрлері ***22А, 23А, 24А, 25А***, қаттылығы ***НВ2000 ÷ 2100 кгс/мм^2***, жылуға төзімділігі ***Q_c = 1700 ÷ 1800° С***, түйіршіктері өткір жақты болады.

Легірленген электрокорунд - хромды, титанды, цирконилі - ***3А,*** монокорунд - ***4А***.



5.29 – сурет. Қажақты жасанды материалдар:
а) ақ электрокорунд; б) қалыпты электрокорунд; в) жасыл карбид кремний; г) қара карбид кремний.

Карбид кремнийді электрпештерінде кварцты құмды кокспен қорыту арқылы алады. Келесі түрлері шығарылады: қара карбид кремний - ***5с*** түрлері ***53с, 54с, 55с, 97%*** дейін ***S_iC***, қаттылығы ***H_M =3200 ÷ 3500 кгс/мм^2***, жылуға төзімділігі ***Q_T =1300 ÷ 1400°С***.

Жасыл кремний - ***6с***, түрлері ***63с, 64с, 97%*** көп ***S_iC*** құрайды, қаттылығы ***H_M = 3300 ÷ 3600 кгс/мм^2***, жылутұрақтылығы тура сол. Карбид кремний беріктігі бойынша электрокорундтың орнын басады.

Эльборлы қажақты құрал - саймандарды дайындау үшін ажарлау және эльбордың микроұнтағын - ***л*** және кубонит – ***К*** қолданылады, екі түрі шығарады: ***ЛО(КО)*** және ***ЛР(КР)*** - эльбор (кубонит)

сәйкесінше қарапайым және жоғары беріктікке ие $H_M = 9500$ кгс/мм^2, жылуға төзімділігі $Q_T = 1200 \div 1400$ ℃.

Алмасты ажарлаушы құрал-саймандарды қатты қорытпаларды бабына жетілдіру үшін, құрал-сайманды және жылдам кесуші болаттарға - ***АС2***, оны ажарлау және қайрауға ***АС4***, қиын өңделетін болаттарды және қорытпаларды өңдеуге ***АС5***, шыны, тас, темірбетондарға ***АС20, АС32*** түрлері өңдеу үшін қолданылады.

Көміртекті және легірленген болаттар негізінен электрокорунд пен ажарланады. Шойын, қатты қорытпалар (тұтқыр мыс) - карбид кремниймен ажарланады. Ақ электрокорунд және жасыл карбид кремнийді жауапкершілікті, соңғы ажарлау кезінде қолданады. Қарапайым беріктікті эльбор - қатты қорытпаларды, құрал-сайманды және жылдам кескіш болаттарды жетілдіру үшін, жоғарыланған беріктік - қиын өңделетін болаттар және қорытпаларды өңдеу үшін қолданылады.

Ажарлаушы құрал-саймандардың түйіршіктігінің мөлшеріне байланысты технологиялық үдерістерде өңдеу үшін тағайындайды.

Түйіршіктілік негізгі фракцияда түйір өлшемін, берілген құрал-сайманда қолданылуын көрсетеді. Ажарлау түйіршік номермен 250, 160, 125 ÷ 10,8,6 өлшемдері 2500 ÷ 6 мкм болады.

Түйіршіктілік әріптік индекспен толықтырылады В (жоғары), П (жоғарыланған), Д (жеткілікті), Н (жеткіліксіз), негізгі фракцияда құрал-сайманның процентін анықтайды, яғни 36 ÷ 60% тең болуы мүмкін.

Алмасты түйірдің түйіршіктілігі (ГОСТ 9206 - 80) ***2500*** (***2500*** нен ***50,40*** дейін болуы мүмкін. Түйіршікті анықтау үшін сандар өлшемдерді ***мкм*** арнайы ұяшық елегінен өткізіледі, яғни негізгі фракция түйіршігі 1 - ші сан елек арқылы өтеді, ал 2 - сан електе кідіріледі.

Эльборлы материалдар түйіршікті ***325 ÷ 250***, 250 ÷ 200,1 ÷ 0 ***мкм*** өлшемдері, ОСТ 2-МТ 79-2-75 бойынша бекітілген.

Түйіршік өлшемін таңдау кезінде келесілерді ескеру қажет: ұсақ түйіршік берік және қатты материалдарды өңдеу кезінде қолданылады, қажеттілігінше үлкен дәлдікті және беттің аз кедір-бұдырлығын береді.

5.6.2. Ажарлаушы құрал - сайманның байланыстыру түрі

Қажақты құрал-саймандарды дайындау кезінде байланыстырушы материалдар түйіршікті біріңғай бүтін денеде біріктіру үшін қажет,

оның қасиетінен түйіршіктің қайрақтаста орналасуы беріктігі, сондай – ақ қайрақтастың өзінің беріктігіде тәуелді болады. қайрақтастардың жоғары беріктікке ие болғаны жөн себебі жұмыс кезінде үлкен центрден тепкіш күш пайда болады. Біріктірмелер органикалық емес (керамикалық, металдық) және органикалық (бакелитті, вулканитті) деп бөлінеді.

Керамикалық біріктірме кезінде электрокорундты және карбид кремнийлі қайрақтасты дайындауда кең таралған. Ол жеткілікті берік, ылғалға төзімді, отқа төзімді болады, жоңқа орналасуы үшін ірі кеуектерден тұрады. Керамикалық біріктірмелердің түрлері: ***КО, К1, К2 ÷ К8***.

Металдық біріктемелердің алмасты және эльборлы қайрақтасты дайындау кезінде қолданады. Алмасты қайрақтастар біріктірме және алмасты түйіршіктен құралған, кесуші қабат орналасқан алюминий қорытпалы және пластмассадан жасалған қораптан тұрады (5.30, б – сурет). Алмасты немесе эльборлы ұнтақтың саны олардың үлесімен сипатталады. Алмастың немесе эльбордың құрамы, қажақты қабаттың көлемінде ***25%*** тең болады, ***100%*** - тік үлес қабылданған. Алмасты шеңберді ***25, 50, 100 ÷ 250%*** үлеспен дайындайды, эльбордан жасалған шеңбер үшін - ***25 ÷ 150%***. Барлық металдық біріктірмелерде қалайы, алюминий, шыны т.б. қосылған мыс жатады. Біріктірмелер маркасы: ***М1, МВ1, М5-5, МК*** және т.б. Металдық біріктемелердің негізгі қасиеті жоғары беріктілік және жылуөткізгіштік болып табылады, бірақ олардың денесі қуыссыз болып түзелген, сондықтан алдын ала ажарлауда қолданылмайды.

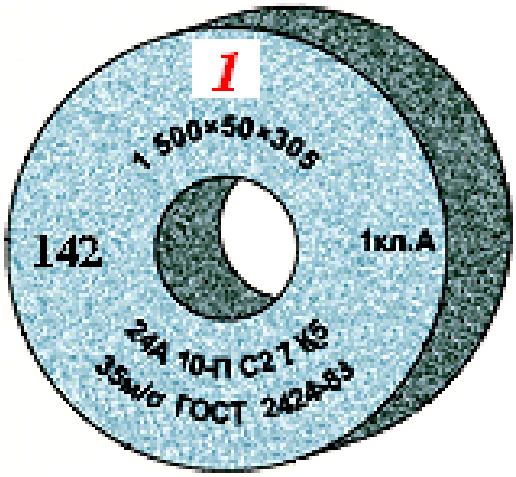
Бакелитті біріктірме керамикаға қарағанда берік еместігі, оны жоғары жылдамдықта жұмыс істеуіне мүмкіншілік береді. Бұл біріктірме керамикалыққа қарағанда ажарлау шеңберінің пішінін жақсы ұстап тұрады, бірақ ұсақ кеуектері болып, сондай – ақ ***300^0 С*** жоғары температураны көтере алмайды. Таза бакалейтті біріктірмелерден (***Б1, Б2, Б3***) электрокорундты және карбид кремнийлі қайрақ аспаптары дайындайды. Осы біріктемелерді әртүрлі элементермен қанықтырып (***БП2*** және т.б) алмасты және эльборлы қайрақ аспаптары дайындауға болады.

Вулканитті біріктемелер негізінде құрамында вулканизацияға ұшыраған синтетикалық каучук болады. Бұл біріктеме (***В1, В2, В3***) аз кәуекті және ***100 ÷ 150^0 С*** күйіп кетіуі мүмкін.

Керамикалық біріктемеде барлық ажарлау түрі үшін электрокорундты және карбид кремнийлі қайрақ аспаптары жасайды. Бакелитті біріктемені майда, фасонды ажарлау үшін берік қайрақ

аспапты дайындау кезінде, ал вулканитті - дәл пішімді денені ажарлау үшін қолданылады. Бакелитті біріктемедегі алмасты қайрақ аспаптарын ақтық ажарлау үшін, ал металдық біріктемелерді негізінен хонингдеу қолданады.

а





5.30 – сурет. Қажақты ажарлау (а) және алмасты ажарлау (б) аспаптарының фотосуреті:

1 *— шығарушы зауыт;* ***1 кл.А*** *— теңгерілмеген деңгейі - ГОСТ 3060 А класс дәлдікпен;* ***24А*** *— қажақ материал, ақ электрокорунд;* ***10*** *— қажақ түйіршегінің мөлшері, ГОСТ 3647, 100 ÷ 125 мкм;* ***П*** *— - түйіршекиік индексі, негізгі фракцияның мөлшері 55 %;* ***С*** *— қаттылық деңгейі, ГОСТ 18218, 19202, 21323, 25 %;* ***С2*** *— орташа; ГОСТ 2424 – 83 стандарты талаптарына сәйкес жасалған;* ***35 м / с*** *— жұмысшы жылдамдық.*

5.6.3. Ажарлаушы құрал-саймандардың қаттылығы және құрылымы

Ажарлаушы шеңбердің қаттылығы одан шығатын түйіршіктің қаттылығынан емес, оның түйіршікті ұстап тұру біріктемелерімен сипатталады. Бұл қабілеттілік біріктемелердің қаттылығы мен беріктігіне байланысты, тағы да біріктеме және түйіршік арасындағы ілінісу күшіне тәуелді.

Ажарлаушы шеңбердің қаттылығын жеті дәрежеге бөлуге болады:

жұмсақ	—	М1, М2, М3
орташа	—	СМ1, СМ2
жұмсақ		
орташа	—	С1, С2

орташа қатты — СТ1, СТ2, СТ3
қатты — Т1, Т2
қаттырақ — ВТ1, ВТ2
аса қатты — ЧТ1, ЧТ2.

Дұрыс таңдалған қаттылықтағы қайрақ аспап өтпес болып қалмау керек. Мұнда жұмыс кезінде қажақ түйіршектері жаймен біртіндеп мұқаланып, жұлынып және сынып аспап денесі бетінен опырылап түсіп тұруы керек. Бұл процесс қайрақ аспаптың өз өзін шарықтауы деп аталады.

Егер өз өзін шарықтау болмаса, онда өте қатты шеңберді өте үлкен тереңдетіп кесу және беріліс кезінде, шеңбердің пішінін сақтау үшін фасонды беттерді ажарлау кезінде, түйіршіктің ұлғаюы кезінде және пластикалық қатты өңдеу кезінде алуы қажет болар еді.

Қажақты құрал - сайманның құрылымы, оның жасалуымен түсіндіріліп, түйіршік процент қатынасымен сипатталып, біріктірме және көлем бірліктегі кеуекден тұрады. Құрылымның негізгі жүйесі құрал-саймандағы қажақты түйіршектің құрамы болып табылады. Құрылымдар нөмірмен белгіленеді ***№1*** ден ***№12*** дейін, және келесідей бөлінеді: толық және жабық (***№1 ÷ №4, 60 ÷ 54%*** түйіршік). Құрылым толық болған сайын, соғұрлым түйіршік көп, ал кеуек өлшемдері аз болады.

Ашық құрылымдарды пластикалық материалдарды ажарлаған кезде, аз қаттылықты және берік материалдарды ажарлаған кезде, дөрекі алдын ала өңдеу кезінде, ішкі ажарлау кезінде қабылданады. Құрал-сайманды ажарлау және қайрауда, қатты қорытпамен жабдықталған құрылымды қайрақ аспапмен жүргізіледі ***№8 ÷ №10***.

Ажарлау аспаптарын таңбаланғанда келесі мағлуматтар беріледі (5.30, *а* – сурет): ***КАЗПП 24А 40Н СМ2 7К5 35 м/сек Б30000400127 ГОСТ 2424-83*** (шығарушы зауыт, геометриялық пішін, қажақты материал, түйіршіктілік, қаттылық дәрежесі, құрылым, біріктіруші, жұмысшы шеңбер жылдамдығы, дәлдік класы және құрал-сайманның теңерілгенділігі, сыртқы диаметр, шеңбер биіктігі, шеңбер тесігінің диаметрі).

5.6.4. Ажарлап өңдеуде кесу тәртіптері

Ажарлап өңдеу әдістерінде жылдамдық $V_{КТ}$ жеткілікті үлкен шамада болады. (***6 ÷ 5*** есе үлкен, тәжірибеде қолданылады.), сондықтан мүмкіндігінше максимальді кесу жылдамдығын таңдаған жөн. Жылдамдықтың ұлғайуының шектелуі ажарлау шеңберінің

беріктігі болып табылады, яғни оның қирау қауіптілігі. Беріктік біріктіру арқылы анықталады және біріктірудің әртүрлі түрлері үшін жылдамдықтар келесідей болады [46]:

— ***30 ÷ 35.м/сек*** керамикалық біріктіру үшін;

— ***35 м/сек*** вулканитті үшін;

— ***40 м/сек*** бакалитті үшін.

Жылдамдығы ***50 ÷ 60 м/сек*** дейін қайрақ аспаптары аз мөлшерде кездеседі. Минутты айналу берістің және көлденең берістің (кесу тереңдігі) ұлғайуынан кесілетін қабат қалыңдығы да артады, бірақ аспап тұрақтылық мерзімі төмендейді. Өңделетін дайындаманың диаметрі ажарлаушы шеңбердің тозуына әсер етпейді.

Сыртқы шеңберді ажарлау кезінде беріліс шамасына ұсынатын мәндер [47]:

1. Көлденең беріс $S_{екі\ жүр.}$, ***мм/жүр***

t = 0,015 ÷ 0,05 мм алдын ала өңдеуде,

t = 0,005 ÷ 0,015 мм ақтық өңдеуде.

Ажарлау түрлеріне қарай бойлық беріліспен, кесетін тереңдік келесідей өрнектеледі

$$t = \frac{D_З - D}{2},$$

мұндағы,

$D_д$ – дайындама диаметрі; D - өңделінген үстіңгі бет диаметрі.

2. Бойлық беріліс бойлық беріліс $S_{бойлық}$

$$S_{бойлық} = S_Y \cdot B, \text{ мм/айн. бөл.}$$

мұнда B – ажарлау шеңберінің ені,

S_Y - шамаластық, коэффиценті, үлестік беріліс

$S_Y = 0,3 \div 0,7$ алдын ала өңдеуде,

$S_Y = 0,2 \div 0,4$ ақтық өңдеуде.

3. Айналу шеңберлі беріс $S_{айн}$ (***м/мин***) анықтамалық мәліметтер арқылы анықталады (***2 ÷ 10 м/мин***)

$$S_{айн} = \frac{C_V \bullet D^{Z_V}}{T^m \bullet t^{X_V} \bullet S_∂^{Y_V}} \qquad (5.62)$$

Дайындаманың айналу жиілігі ***n айн/мин***

$$n = \frac{1000 \bullet S_{Мш}}{\pi \bullet D} \qquad (5.63)$$

Ажарлау процесі әдетте қайрақ тас, бөлшек айналу және ілгерілемелі – қайтпа қозғалыстар түрін қарастырдық. Бұл қозғалыстарынан ең маңыздысы қайрақ тас айналу қозғалысы, яғни кесу жылдамдығы

$$V = \frac{\pi \bullet D_{қт} \bullet n_{қт}}{1000 \bullet 60} \approx 0{,}525 \bullet 10^{-4} D_{қт} \bullet n_{қт} \ м/с \qquad (5.64)$$

мұнда
$D_{қт}$ — қайрақ тас диаметрі, мм;
$n_{қт}$ — минутына қайрақ тас айналу саны, айн / мин.

Дайындама жылдамдығы

$$V_Д = \frac{\pi \bullet d_д \bullet n_д}{1000} \approx \frac{d_д \bullet n_д}{318}, \ м/мин, \qquad (5.65)$$

мұнда
$d_д$ - дайындама диаметрі *мм*;
$n_д$ - дайындама айналуының жиілігі, $мин^{-1}$.
Бойлық беріліспен сыртқы үстіңгі беттерді өңдегенде негізгі уақыт

$$t_0 = \frac{2\left(L_д + l_{к.ұ} + l_{ə.ұ.} + H\right) \bullet Z_{ж.ə} + i_{тс} \bullet S_{бой}}{S_{көл} \bullet S_{бой}} \qquad (5.66)$$

мұнда
$L_д$ — өңделініп жатқан дайындама ұзындығы;
$l_{к..ұ.}$ — кесу ұзындығы;
$l_{ə.ұ.}$ — әрекет ұзындығы;
H — ажарлау шеңберінің биіктігі;
$i_{п.с}$ — тегітеу саны;
$Z_{жə}$ — ажарлауға жалпы әдіпі;
$S_{көл.}$- ажарлаушы білдек үшін - көлденең қима беріс;
$S_{бойлық.}$- тегіс бойлық беріліс;

5.6.5. Ажарлап өңдеуде кесу күші және қуаты

Ажарлау процесінде әдеттегі (3.2 – тақырыпта қарастырылған) келесі құрастырушы күштер пайда болады. Күштерді келесідей сипаттауға болады [7]:

P_z — ажарлауға қажетті қуат анықталатын күш;

P_y — өңделінген бет сапасына әсер ететін, дайындамамен қайрақ тас деформациясы және қысым күші болып келеді;

P_x — қайрақ тас және бөлшек көлденең берісіне қажетті күш.

Кесу күшінің құрастырушысы P_z күш келесі эмпириалық теңдеуден анықтаймыз [46]

$$P_z = C_{P_z} \bullet V_б^{0,7} \bullet S_{бой}^{0,7} \bullet t^{0,6} \qquad (5.67)$$

мұнда

C_{P_z} — өңделініп жатқан материал қасиеттерін және ажарлау процесіндегі басқада шарттарды ескеретін коэффициент болып анықтамалардан қабылданады. Мысалға шынықтырылған болатты ажарлауда C_{P_z} = 2,2, шикі болатты C_{P_z} = 2,1, ал шойында C_{P_z} = 2,0 етіп қабылданады.

Тәжірибелік жолмен келесі өрнектер дәлелденген [8]:

$$P_y = (1 \div 3) \cdot P_z; \quad P_x = (0,1 \div 0,2) \cdot P_z.$$

Қайрақ тасты айналдыруға қажетті қуат [47]:

$$N_{қт} = \frac{P_z \bullet V_{қт}}{102 \bullet \eta_1}, \text{ кВт} \qquad (5.68)$$

Дайындаманы айналдыруға шығындалатын қуат

$$N_{бөл} = \frac{P_z \bullet V_{бөл}}{60 \bullet 102 \bullet \eta_2} \text{ кВт} \qquad (5.69)$$

мұнда

$V_{бөл}$ $V_{қт}$ — бөлшек және қайрақ тас жылдамдықтары, ***м / сек, м /***

мин;

η_1 η_2 — бөлшек және қайрақ тастарды қозғалысқа келтіретін жетектерінің ПӘК – і.

Әдебиеттердегі мағлұматтар негізінде $\frac{V_{қт}}{V_{бөл}} = 60 \div 100$ деп айтуға болады, олай болса қуаттар $N_{бөл} < N_{қт}$ болуы мүмкін [6,7].

Ажарлау процесінде кесу қуатын келесі эмпириалық теңдеумен анықтауға болады

$$N_{ажар} = C_N \bullet V_{бөл}^{0,5} \bullet S_{бой}^{0,55} \bullet t^{0,5} \ кВт \qquad (5.69)$$

Теңдеудегі мәндер технолог анықтамаларынан алынады.

КЕСІП ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ

Кесіп өңдеу әдістері жалпы технологиялық процестің мәнін беріп, машинаның дәл жұмысын қамтамасыз етеді. Машинаның бөлшектері арасындағы жүктемені дұрыс орналастыру, негізінде оның сапасы және ұзақ уақытқа жарамдылығы, оның өңделінген бет сапасына тікелей байланысты болып табылады. Металлдың басқа әдістермен өңделуі дамуы, мысалға өте дәл құю және қысыммен өңдеу дайындаманың дәлдігін арттырды. Әдіпті азайыуынан кесіп өңдеу үлестік еңбек сиымдылығы төмендеп, ал кейбір жағдайда оны мүлдем қолданбай қойды.

Статистикалық мәліметтер бойынша, соңғы уақытта кесумен өңдеуде еңбек сиымдылығы, құю және қысыммен өңдеуде өзгерген жоқ және оны жақын арада өзгереді деген болжам жоқ. Кесіп өңдеу әдістерінің дамыуына үш талап өз септігін тигізеді:

— өте қиын өңделетін жаңа жоғары беріктікті, ыстыққа төзімді, тот баспайтын, антимагнитті және басқа машина жасау материалдарының пайда болуы;

— пайдалынып жатқан машина бөлшектеріне дәлдіктің өте жоғары талабы және өңделген беттің сапасының өсуінде;

— машина бөлшектерінің құрылымдық пішіндерінің күрделеніуінде.

Соңғы он жылдықта металлмен өңдеудің жаңа келесі әдістері пайда болып, олар бөлшек бет қабаты микро қыйрауға негізделген, яғни электроэрозия, анодты ерітінді, электронды сәуле, жарық сәуле, ультрадыбысты және т.б. Кейбір жағдайда бұл әдістер кесумен өңдеудің орнына ойдағыдай қолданылуы мүмкін, бірақ көп жағдайда өзінің технологиялық, сондай – ақ техника - экономикалық көрсеткіштері бойынша олар кесумен өңдеуге жол береді. Ең кең таралған машина жасау материалдарын өңдеу кезінде кесу өнімділікті бірнеше есе үлкен, электроэнергияның меншікті шығынын 10 есе азаюын қамтамасыз етеді. Өңдеудің жаңа физикалық әдістерінің дамуы кесумен өңдеуде өңделетін материалдың қаттылығы өте жоғары болғанда қолданылуы мүмкін (шынықтырылған болаттар, қатты қорытпалар, керамика) және бөлшек пішіндерінің қолайсыз болуы кезде (тесік диаметрі 0,5 мм аз, бунақ ені 1 мм, фасонды беттердің 2 қисықтылығы). Жұмыс мөлшері, машина жасауда өңдеудің жаңа әдістерін орындағанда бірнеше процеңттерді жоғарылатпайды. Сондықтан өңдеудің жаңа әдістерінің даму қарқыны жылдам болғанның өзінде, оларды қолдану кесумен өңдеуде

меншікті мәнге аз әсер етеді.

Айтылғандардан, яғни жақын арада кесумен өңдеу өзінің мәнін сақтап қалыуын және оның көлемі өсетінін айтуға болады. Сондықтан кесумен өңдеу процесінің дамуы өте үлкен маңызға ие. Егер кесіп өңдеу әдістеріне кішкене жаңалық енгізсек, оның ауқымды қолданыуынан машинажасау саласына үлкен тиім болар еді.

ОҚУЛЫҚТА КЕЗДЕСЕТІН НЕГІЗГІ ТЕРМИН СӨЗДЕР

айлабұйым	—	приспособление
айлана өлшегіш	—	тахометр
айналдырық	—	шпиндель
ақаулылық	—	неисправность
алмастар	—	алмазы
алмасты кескіш	—	резец алмазный
амал	—	прием
арын	—	напор
ауа сорғыш	—	инжектор
аумалы күйдегі	—	критическая
әдіп	—	припуск
баламалау	—	тарирования
балауыз	—	воск
балқытып қаптастыру	—	наплавкой
бәсеңдеткіш	—	редуктор
беттік деформация	—	деформация поверхности
берістер ауыстобы	—	гитара подач
бойлық	—	продольная
бөлшек ақауы	—	брак детали
бұлтық	—	нарост
бұрамдық жонғыш	—	червячная фреза
бұрандакескіш	—	плашка
бұрандаойғыш	—	метчик
бұранданы бүрлеу	—	накатка резьбы
бүйіршіктейтін, тіліндейтін	—	подрезной резец
бүрлейтін аунақша	—	ролик накатной
білдек	—	станок
білдек тізбесандықша	—	пульт станка
бір текті дене	—	тело однородное
біржүздік	—	однолезвийные
далдаша	—	перемычка
дәнекерленген тілімшелі кескіш	—	резец с напаянной пластинкой
дәнекерлеумен	—	пайка
дискі сұлбалы кескіш	—	резец фасонный дисковый
дөңгелекше бұрандалы	—	резьбовая дисковая фреза

жонғыш		
егеу	—	напильник
жарықшақ жоңқа	—	стружка надлома
жарықшақ	—	трещина
жасыту	—	отпуск
желкеөңдеу	—	затылованные
желкеөндеу бағдартқыш	—	кулачок затыловочной
желінумен	—	травлением
жиекқұрсау	—	оправа
жонғылау	—	фрезерование
жонғыш	—	фреза
жоңғы кескіш	—	резец токарный
жоңқа бунағы	—	канавка стружечная
жоңқа	—	стружка
жүздерімен	—	лезвия
жылдамкесер	—	быстрорежущий
жылу алмасу	—	тепло обмен
жылу бергіштік	—	тепло отдача
жылу оқшалағыш	—	теплоизоляция
жылу сыйымдылық	—	теплоемкость
жылу шығару	—	тепло излучение
жылуға төзімділігі	—	теплостойкость
жылуға төзімділігін	—	красностойкость
жіктеу	—	классификация
зең	—	масляная пленка
икемділік	—	пластичность
илемдеу	—	прокатка
илемділік	—	пластическим
иірлік	—	шнек
иірмелі жоңқа	—	сливная стружка
кажақ	—	абразив
кемер	—	уступ
кеңей жоңғы кескіш	—	резец расточной
кеңейу	—	уширение
кеңірек қылау	—	заусенец облоя
кертіккесу	—	прорезание
кесетін жүз	—	лезвия
кескіш тұтқасы	—	резцедержатель

кескіш тілімшесі	—	режущая пластина
кесу тәртіптері	—	режимы резания
клин	—	сына
көлденең деформация	—	деформация поперечная
көлем өзгерісінің деформациясы	—	деформация изменение объема
күймеше	—	каретка
кілтек жонғыш	—	шпоночная жонғыш
кірекесу	—	врезание
кіреукелеу	—	эмалированием
қайрау, шарықтау	—	заточка
қайырылған кескіш	—	резец отогнутый
қалақшалы сұлбалы кескіш	—	резец чистовой лопаточный
қалыптаумен	—	штампование
қанау	—	канавка
қарам	—	контур
қарқын	—	темп
қатты қорытпалар	—	твердые сплавы
қауырсынды бұрғы	—	сверло перовое
қашау	—	долбление
қашаулы кескіш	—	резец долбежный
қиғыш кескіш	—	отрезной резец
қиқым жоңқа	—	стружка мелькая
қиық	—	срез
қойыртпақтар	—	пасты
қор үнемдейтін технология	—	ресурсосберегающая технология
құйма кебіртек қабыршық	—	корка литейная
құрал жүзінің мұқалауы	—	затупления кромки инструмента
құралкүймешік	—	суппорт
қылтүтіктігіне	—	капиллярность
қырғыш	—	шабе
қысқы	—	патрон
қысқыш	—	клемма
қысу	—	сжатие
қысыммен өңдеу	—	обработка давлением
майлы кілегей	—	окисных пленок

меже сызықтар	—	шкала
межелік бөлік	—	деление шкалы
мөлшерлегіш	—	калибрование
мұқалау	—	затупление
ойпат	—	впадина
опырмалы жоңқа	—	стружка скалывания
оралма жоңқа	—	стружка завивающаяся
өтпелі кескіш	—	резец проходной
өтпелі оңға қайырылған кескіш	—	резец проходной отогнутый правый
өтпелі, бүйіршіктейтін	—	подрезной
периметрлік қылау	—	заусенец по периметру
призмалы сұлбалы кескіш	—	призматический фасонный резец
пішім өзгерісінің деформациясы	—	деформация изменение формы
пішімді сұлбалы кескіш	—	резец фасонный профильный
сағалы үңгі	—	зенкер хвостовой
саптама үңгі	—	зенкер насадной
саптамалы жонғыш	—	насадная фреза
соққы тұтқырлығы	—	ударной вязкостью
сұлбалы дөңгелекше кескіш	—	резец дисковый фасонный
сүргілей кескіш	—	строгальный резец
сүргілеу	—	строгание
сыдыруда	—	обдирка
сыртқы ойың	—	галтель
сыптықыр бет	—	гладкая поверхность
сыртта тазартқыш дене	—	тело голвоточное
сірге	—	шплинт
таза өңдеулі жұқа жоңқа	—	тонкая чистая стружка
тазарту	—	зачистка
тартажонғыштар	—	протяжкалар
тегеріш	—	диск
тістегеріш	—	шестерня
тензо өлшеу	—	тензометр
тозаңдату	—	напыление
тозғандық	—	изношенность
тоздыру	—	изнашивание

тозу тозық — износ
тозуға төтеп беріуін — изностойкость
тозыуға төзімділік — износоустойчивость
тұрақты қаттылық сызықтары — изосклер
тұрақтылық — стойкость
түйіспе — контакт
түрөзгертушілік — модификация
тығынжыл — плунжер
тілтұмсық — хобот
тілімше — пластина
тісқашауыштар — долбяк зуборезный
тісқыру — шевингование
тісқырғыш — шевер
тісті сүргілеу кескіш — резец зубострогальный
тісті төрткілдеш — рейка зубчатая
үлгілі өлшеуіш — эталон
ұң жонғылау — цекование
ұңғы — развертка
ұстағыш — державка
үзілмелі — прерывистом
үйкетүзілім — фрикционные
үлгі — шаблон
үңгі — зенкер
үңгілеу — зенкерование
үңгіштеу — зенковка
үшжұдырықшалы қысқы — трех кулачковый патрон
шақтама — допуск
шалыстығы — коробление
шарықтас — шлифовальный круг
шөгу деформация — деформация усадки
шөгу — усадка
шөктірумен — осаждением
шын — вершина
шыңдау — правка
шынықтыру тереңдігі — прокаливаемость
ығысу деформация — деформация сдвига
іскенже — тиски
электржеліндік — электроэрозионные

энергия көзі	—	источник энергии
құйма кебіртек қабыршық	—	корка литейная
бұранданы бүрлеу	—	накатка резьбы
берістер ауыстобы	—	гитара подач
тістегеріш	—	шестерня
шыңдау	—	правка
желкеөндеу бағдартқыш	—	кулачок затыловочной
тісті төрткілдеш	—	рейка зубчатая
бүрлейтін аунақша	—	ролик накатной
тісқырғыш	—	шевер
тісқыру	—	шевингование
түрөзгертушілік	—	модификация
қарам	—	контур
сыптықыр бет	—	гладкая поверхность
білдек тізбесандықша	—	пульт станка

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ә. Тұрдалиев. Машина жасау саласын дамыту мемлекеттің қуатын арттырады // Дала мен қала. - Алматы: НҰР-МЕДИА. - № 46 (425). - 2011.
2. М.Ф. Пашкевич и др. Исследования и изобретательство в машиностроении: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск, 2005. – 287 с.
3 Н.Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. - М.: Машгиз, 1956. – 368 с.
4 С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер. Резание материалов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.
5 Г.Н. Сахаров. Металлорежущие инструменты. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
6 А.Г. Суслов, А.М. Дальский. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002 . – 684 с.
7 В.Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. Резание металлов и режущие инструменты.- Санкт-Петербург: Высшая школа, 2007. - 416 с.
8 П.И. Ящерицин, Е Фельдштейн. Теория резания. - М.: Машиностроение, 2005. - 512 с.
9 И.И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машгиз, 1963. - 949 с.
10 А.М. Вульф. Резание металлов. - М.: Машгиз, 1963. - 423 с.
11 Г.И. Грановский, В. Г. Грановский. Резание металлов:— М.: Высш. шк., 1985. - 304 с.
12 А.А. Панов. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. Машиностроение, 2004. – 784 с.
13 Л.А. Позняк и др. Инструментальные стали. Справочник. - М.: Металлургия, 1977.
14 Т. Мендебаев, А. Габдуллина. Машина жасау өндірісінің технологиясы: Оқулық. Астана: Фолиант, 2009. – 352 б.
15 Т. Эрикссон. Больше и современнее, быстрее и чище // Metalworking World . - № 1. – 2011. С 4.
16 Т.М. Мендебаев. Машина жасау технологиясы негіздері: Оқу құралы. Алматы: ЭВЕРО, 2005. – 300 б.
17 А.А. Маталин. Технология машиностроения. - Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
18 Э.Томсен, Ч. Янг, Ш. Кобаяши. Механика пластических деформаций при обработке металлов. – М.: Машиностроение, 1968. -504 с.

19 Ю. Н. Работнов. Механика деформируемого твердого тела. - М.: Наука, 1988. - 712 с.
20 И.А. Симвулиди. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. - М.: Высш. школа, 1973. - 431 с.
21 А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнения математической физики. - М.: Наука, 1966. - 724 с.
22 В.Н. Масленникова. Дифференциальные уравнения в частных производных. - М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 1997. - 447 с.
23 Ю.М. Ермаков. Комплексные способы эффективной обработки резанием. – М.: Машиностроение, 2005. - 272 с.
24 М.И. Клушин. Резание металлов: Элементы теории пластического деформирования срезаемого слоя. - М.: Машгиз, 1956.
25. M. E. Merchant. Mechanics of the metal cutting process // J. Appl. Phys. 1945. V. 16, N 5/6. P. 267-318.
26 Г.С.Вильнер. Описание процесса резания на основе различных реологических моделей// Технология машиностроения (Москва). №9. - 2001. - С.5.
27 Д.Т. Ходжибергенов. Стружкообразование и динамика при многолезвийной ротационной обработке: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук - Ташкент, 1998.
28 А.О. Ватульян. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 224 с.
29 В.К. Старков. Физика и оптимизация резания материалов. М.: Машиностроение, 2009. - 640 с.
30 Н. Г. Неумоина, А. В. Белов. Тепловые процессы в технологической системе резания: Волгоград: ВолгГТУ, 2006. – 84 с.
31 Д.Т. Ходжибергенов. Кесу теориясының негіздері: Оқу құралы. – Шымкент, 2008. - 116 бет.
32 Р.Б. Бакиров, А.С. Тұралиев. Машина жасау технологиясы. Оқу құралы. – Тараз.: Тараз университеті, 2005. – 347 б.
33 В.Ф. Бобров. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975. - 344 с.
34 А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. Справочник технолога машиностроителя.- М.: Машиностроение, 1986. - 656 с.
35 В.Л. Федоров. Ортогональное точение // Технология машиностроения (Москва). №6. - 2001 г. - С.4.

36 Г.С. Вильнер. Стружкообразование при точении закаленных сталей // Технология машиностроения (Москва). - №6. - 2001. - С. 6.
37 Г.С. Вильнер. Механизм образования упрочненного поверхностного слоя при обработке металла резанием // Технология машиностроения (Москва). - №9. – 2001. - С. 5.
38 Д. Т. Ходжибергенов. Влияние режимов резания на поперечную усадку стружки при многолезвийной ротационной обработке // Техника машиностроения. Машиздат (Москва). Научно-технический журнал. №1 (77) 9. – 2011. С.13-16
39 Voshida Kanou. Hakkoido Inst. Technol. - 2000. - №28, P.85-92.
40 http://www.texnologia.ru/documentation/cutting_of_metals/2.html.
41 http://www.labstend.ru/site/index.
42 П. И. Ящерицин, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. Основы резания материалов и режущий инструмент. – Минск: Вышейш. школа, 1975. – 528 с.
43 М.Ю. Сибикин. Технологическое оборудование. - М.: Форум-ИНФРА - М, 2005. - 400 с.
44 Ю.В. Барановский, Л. А. Брахман и др. Режимы резания металлов. Справочник. — М.: НИИТАвтопром, 1995. - 456 с.
45 И.П. Филонов, В.И. Аверченков и др. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – Минск: Технопринт, 2003. – 910 с.
46 И.М. Колесов. Основы технологии машиностроения. - М.: Высш. шк., 2001. - 590 с.
47 А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова Справочник технолога машиностроителя. - М.: Машиностроение, 2001. - 914 с.
48 http://www.coredrillingcorp.com.
49 В. А. Блюмберг, Е. И. Зазерский. Справочник фрезеровщика. - Л.: Машиностроение, 1984. - 288 с.
50 Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. - М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
51 А.А. Маталин. Технология машиностроения. - Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
52 Г.П. Мосталыгин, Н.Н. Толмачевский. Технология машиностроения. - М.: Машиностроения, 1990. – 287 с.
53 И.М. Колесов. Основы технологии машиностроения. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с.

54 http://metalloregushchiy-instrument/rossiys/dolbyak-zuborezchist.
55 О. И. Мойсеенко, Л. Е. Павлов, С. И. Диденко. Твердосплавные зуборезные инструменты. М. «Машиностроение», 1977. - 190 с.
56 Д.К. Маргулис, М.М. Тверский, В.Н. Ашихмин и др. Протяжки для обработки отверстий. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
57 http://www.ukrabraziv.com/shlifovka.htm.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе..... 3
Тарау I
Кесетін аспап даярлауға арналған материалдармен
токарлық кескіштердің геометриясы
1.1. Кесетін аспап даярлауға арналған материалдар..... 8
1.2. Аспаптық материалдар және оларға қойылатын негізгі
талаптар..... 10
1.3. Токарлық кескіштердің геометриясы
1.3.1. Кесіп өңдеудегі негізгі ұғымдармен токарлық
кескіштердің үлгілері..... 21
1.3.2. Токарлық кескіш бұрыштарымен геометриялық
параметрлері..... 26
Тарау II
Токарлық өңдеу кезінде кесу элементері
2.1. Жылдамдық, кесу берілісі және тереңдігі..... 34
2.2. Кесіп алынатын қабат ені, жуандығы және көлденең
қима ауданы..... 37
2.3. Өнімді өңдеуде дана және машина уақыты..... 40
2.4. Металдарды кесу процесінің физикалық негіздері
2.4.1. Жоңқа пайда болу процесі және жоңқалардың
үлгілері..... 42
2.4.2. Металдарды кесуі кезінде аспап тілімінде пайда
болатын бұлтық..... 56
2.4.3. Жоңқа бұйраланыу, жоңқа шөгу және өңделінген бет
нығайыу..... 61
2.5. Жоңқа сындырғыштар, жоңқа бұйралайтын
құрылғылар..... 66
2.6. Кесу процесіне майлаушы - салқындатушы
сұйықтықтардың ықпалын жасау..... 68
2.7. Металдарды кесуі кезінде пайда болатын діріл. Білдек
- жабдық - аспап – бөлшек..... 71
Тарау III
Жону процесінде кесуге кедергі күштер
3.1. Кескішке әсер ететін күштер..... 73
3.2. Кесуге кедергі жасайтын күш. P_x, P_y, P_z күштерінің
аспапқа, дайындамаға және станокқа әсері..... 74
3.3. Кесу процесіне жұмсалатын қуат..... 77
3.4. Жону процесінде P_x, P_y, P_z күштеріне әртүрлі

факторлардың ықпалын жасау..... 78
3.5. Жону процесінде P_x, P_y, P_z күштерін есептеуіне арналған теңдеулер..... 81
Тарау IV
Металдардың кесу процесінде кесу жылуы және кескіштердің тозыу
4.1. Кесу жылуының көзі және оның таралыу
4.1.1. Жоңқа және кескіштің температура өрісі..... 88
4.1.2. Жону процесінде кесу температурасына әртүрлі факторлардың ықпалын жасауы..... 91
4.2. Кескіштердің тозыу..... 96
4.3. Өңделінген бет сапасы..... 110
4.4. Кесу тәртібі элементтерінің тағайындау әдістемесі..... 114
Тарау V
Өңделінген бет пішімін қалыптастыратын механикалық, кесіп өңдеу әдістері
5.1. Токарлық жону процесінде кесу тәртіптерін зерттеу..... 117
5.2. Бұрғы, үңгі және ұңғының кесетін бөлім элементтері
5.2.1 Бұрғымен тесу, үңгі және ұңғымен тесіктерді кеңейту, тазалау процесіндегі жоңқа пайда болуы..... 121
5.2.2. Бұрғыға әсер ететін күштер. Бұрғылау кезінде осьтік күштерді және моментті есептеуге арналған теңдеулер..... 130
5.2.3. Бұрғылау кезінде осьтік күштер және моментке әртүрлі факторлардың ықпалын жасауы..... 134
5.2.4. Бұрғылардың тозыу..... 135
5.2.5. Бұрғылау, үңгілеу және ұңғылау процесіндегі кесу элементтері және кесу тәртіптері..... 139
5.3. Жонғышпен өңдеуде кесу процесі
5.3.1. Жонғыш кесетін бөлімдері элементтері өңдеу процесінің ерекшеліктері..... 142
5.3.2. Цилиндрлік жонғышпен өңдеуде кесу тәртіп элементтері..... 141
5.3.3. Жолай (беріс қуалай) және қарсы (беріске қарсы) жонғылау..... 146
5.3.4. Бүйір жонғышпен өңдеу..... 148
5.3.5. Жонғыға әсер ететін күштер..... 150
5.3.6. Жонғыштың тозыуы және тұрақтылығы..... 154
5.3.7. Жонғышпен өңдеу процесіде кесу тәртіп элементтерінің тағайындау..... 156

5.4. Бұранда және тіс ою әдістері..... 158
5.4.1. Бұранда кесетін кескіштер және тарақ жүзді кескіштер..... 159
5.4.2. Бұрандаойғыштар және бұрандакескіштер 163
5.4.3. Модульдік жоңғы. Бұрамдық тісті модульдік жоңғылар. Қажағыштар. 167
Тісқырғыштар.....
5.5. Тартажону өңдеу әдісі..... 174
5.6. Ажарлау процесі және қайрақ аспап
5.6.1. Ажарлау жайлы қысқа 177
мағлуматтар.....
5.6.2. Ажарлаушы құрал - сайманның байланыстыру түрі..... 182
5.6.3. Ажарлаушы құрал-саймандардың қаттылығы және құрылымы..... 184
5.6.4. Ажарлап өңдеуде кесу тәртіптері..... 185
5.6.5. Ажарлап өңдеуде кесу күші және 188
қуаты.....
Кесіп өңдеу әдістерінің даму бағыттары..... 190
Оқулықта кездесетін негізгі термин
сөздер..... 192
Пайдаланылған әдебиеттер..... 198