

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И.Сатбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Институт Энергетика және машина жасау

Кафедра Машина жасау .

Мақсұт Ердос Қайратұлы

Терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын аспаптық материалдарды зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Мамандық 6В07105 – Өнеркәсіптік инженерия

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

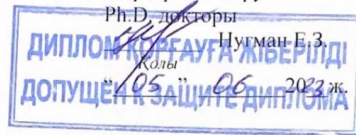
ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Ph.D. докторы

Нугман Е.З.

Қолы



Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: “Терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын аспаптық материалдарды
зерттеу”

6B07105 - Өнеркәсіптік инженерия

Орындаған

Максұт Ердос Қайратұлы

Пікір беруші
Техникалық ғылымдар кандидаты

Сәтбаев А.К.

“ 31 ” “ 05 ” 2023 ж.



Ғылыми жетекші

PhD докторы

Удербасова А.Е.

Қолы

“ 31 ” “ 05 ” 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

6B07105 - Өнеркәсіптік инженерия

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Ph.D. докторы

Нугман Е.З.

Қолы
“ 23 ” 11 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Мақсұт Ерлос Қайратұлы

Тақырыбы: «Терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын аспаптық материалдарды зерттеу»

Академиялық мәселелер жөніндегі Проректордың 2022 жылғы " 23 " 11 №408-П-Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі "03" маусым 2023 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері бұйымының құрастыру сызбасы, тетіктің жұмысшы сызбасы, тетіктің жылдық шығару бағдарламасы, диплом жоба алдындағы практиканың мәліметтері, тетіктің техникалық сипаттамасы

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) терең тесіктерді бұрғылауға материал таңдау; б) бұралмалы бұрғыны есептеу және құрастыру; в) бұрғыны модельдеп сынау; г) бұрғы жағдайын зерттеу

Сызбалық материалдардың тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

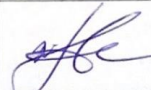
Спиральды бұрғының барлық параметрлері сызбада көрсетілген А1

Ұсынылатын негізгі әдебиет 15 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Жалпы сипаттама	23.11.2022 - 01.03.2023	орындалды
Аналитикалық бөлім	01.03.2023 – 30.05.2023	орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Қалып бақылау	Абілқайыр Жасталап Наурызғали Ph.D докторы, аға оқытушы	30.05.2023ж	

Ғылыми жетекші  Удербоева А.Е.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Максұт Е.Қ.

Күні " 31 " 08 202 ж

АНДАТПА

Берілген дипломдық жобада терең тесікті өңдеуге арналған бұрғылардың қандай аспаптық материалдардан жасалатыны жөнінде ақпарат берілген. Терең тесікті өңдеуге арналған бұрғылардың типі мен негізгі конструкциялық параметрлері көрсетілген. Дипломдық жобада ең жиі қолданылатын спиральдық бұрғыны жобалау негізге алынады. Бұрғының параметрлері, соның ішінде материалы, габариттік өлшемдері мен күштік құрауыштары аналитикалық түрде есепелінетін болады және CAD жүйеде 3Д модельі жобаланады. Шекті элементтер әдісі бойынша торға бөлініп жүктеме әсерінің нәтижелері алынады. Бұрғыны жобалауда таңдалынып алынған материалдың бұрғылау процесі кезінде қандай көрсеткіш көрсететінін байқау мақсатында программада эксперименттік пластина алынып бұрғылау процесі жүргізілетін болады.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте представлена информация о том, из каких инструментальных материалов изготавливаются сверла для обработки глубоких отверстий. Указаны тип и основные конструктивные параметры сверл для обработки глубоких отверстий. В дипломном проекте за основу берется проектирование наиболее часто используемого спирального сверла. Параметры сверла, в том числе материал, габаритные размеры и силовые компоненты, будут рассчитываться аналитически и проектироваться моделью 3Д в системе CAD. По методу предельных элементов получаются результаты воздействия нагрузки, разделенные на сетку. В целях наблюдения за тем, какие показатели показывает выбранный при проектировании сверла материал в процессе бурения, в программе будет проведен процесс бурения с удалением экспериментальной пластины.

ANNOTATION

The given diploma project provides information on what tool materials drills for deep hole processing are made of. The type and main design parameters of drills for deep hole processing are indicated. In the graduation project, the design of the most commonly used spiral drill is taken as a basis. The purpose of the work is to evaluate and compare various tool materials used for drilling deep holes in terms of their performance, wear resistance and economic efficiency. The parameters of the drill, including material, overall dimensions and power components, will be calculated analytically and the 3D model will be designed in the CAD system. By the method of marginal elements, the results of the effect of the load are obtained, divided into grids. In order to observe what indicators the material selected in the design of the drill shows during the drilling process, an experimental plate will be removed from the program and the drilling process will be carried out.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Бұрғы және бұрғылау	8
1.1 Спиральды бұрғылар	10
1.2 Бір жақты кесу бұрғылары	11
2 Бұрғыларды жасау үшін қолданылатын материал	14
2.1 Тезкескіш болат (HSS)	14
2.2 Қатты қорытпалар	17
3 Бұралмалы бұрғыны есептеу және құрастыру	20
3.1 Спиральды бұрғы сипаттамасы	20
3.2 Конустық тезкескіш болаттан жасалған спиральды бұрғыларды есептеу және жобалау	20
3.3 Бұрғылауға арналған кесу режимі	25
4 Спиральды бұрғыны CAD жүйесі арқылы модельдеп шекті элементтер әдісі арқылы сынау	27
4.1 Бұрғылау кезінде бұрғы мен тесу детальінің жағдайын зерттеу	33
Қорытынды	41
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	42

КІРІСПЕ

Терең тесіктерді бұрғылау – тереңдігі диаметрден едәуір асатын тесік жасалатын материалды өңдеу процесі. Терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын аспаптық материалдарды зерттеу өндірістік процестерді жобалау мен дамытуда маңызды аспект болып табылады. Терең тесіктерді бұрғылау жоғары дәлдік пен өңдеу сапасын қамтамасыз ететін арнайы құралдарды қажет етеді.

Аспаптық материалдарға қойылатын негізгі талаптардың бірі – әсіресе қатты материалдармен жұмыс істегенде, жоғары тозуға төзімділік болып табылады.

Терең тесіктерді бұрғылау үшін әртүрлі құралдарды қолдануға болады, соның ішінде жалпақ ұшты бұрғылар, спиральды бұрғылар, ойық бұрғылар және т.б. Бұрғылау материалын таңдауға әсер ететін негізгі факторлардың бірі – оның қаттылығы мен беріктігі.

Терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын аспаптық материалдардың маңызды параметрлерінің бірі – қаттылық. Вольфрам карбиді және керамика сияқты қатты материалдар құралдың жоғары бұрғылау дәлдігі мен беріктігін қамтамасыз ете алады. Алайда, қатты материалдар сынғыш және сынуға бейім болуы мүмкін, сондықтан оларды дұрыс өңдеп, сақтықпен пайдалану керек.

Аспаптық материалдар үшін тағы бір маңызды параметр – тозуға төзімділік. Тозуға төзімділігі жоғары материалдардан жасалған құралдар ұзақ уақыт бойы өз қасиеттерін сақтай алады, бұл құралды ауыстыру шығындарын азайтуға және өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Бұрғылау үшін ең көп таралған материалдардың бірі – жоғары жылдамдықты болат (HSS). Ол жоғары қаттылыққа ие және көптеген материалдарды, соның ішінде болат, алюминий, мыс және т.б. өңдеуге қабілетті.

Дегенмен, тот баспайтын болат немесе титан сияқты қаттырақ материалдармен жұмыс істеу кезінде берік материал қажет. Мұндай жағдайларда жоғары қаттылық пен беріктікке ие қатты қорытпалы бұрғылар қолданылады. Қатты қорытпалы бұрғылар әдетте вольфрам карбиді, кобальт және басқа металдардан жасалған қатты қорытпадан жасалады.

Қатты қорытпалы бұрғылардың кемшіліктерінің бірі – олардың сынғыштығы, әсіресе алюминий немесе мыс сияқты жұмсақ материалдармен жұмыс істегенде. Мұндай жағдайларда тозуға төзімділігі мен беріктігі жоғары титанмен қапталған спиральды бұрғыларды қолдануға болады.

Сондай-ақ, терең тесіктерді бұрғылау үшін қаттылығы жоғары және керамика немесе әйнек сияқты қатты материалдарды өңдеуге қабілетті алмаз бұрғыларды қолдануға болады.

Жалпы, бұрғылау материалын таңдау қаттылық, беріктік, тозуға төзімділік және бұрғылауға қажет материалға қойылатын талаптарға байланысты.

1 Бұрғы және бұрғылау

Бұрғылар – бұл қатты материалда тесіктер жасауға, сондай-ақ тесіктерді өңдеуге (бұрғылауға) арналған осьтік кескіш құралдар. Олар машина жасауда кеңінен қолданылады, сондықтан кескіштерден кейін екінші орын алады.

Бұрғылау процесінің кинематикасы екі қозғалыстан тұрады:

- 1) негізгі – құрал (дайындама) осінің айналасындағы айналма;
- 2) ілгерілемелі–сол ось бойымен қозғалысы.

Конструктивті тұрғыдан бұрғыларды келесі негізгі түрлерге жатқызуға болады:

- 1) қауырсынды (таспа);
- 2) спираль тәрізді (бұрандалы ойықтары бар);
- 3) арнайы (терең тесіктерді бұрғылау үшін, сақиналы, аралас және басқалар).

Бұрғылау – әр түрлі кедір-бұдырлығымен өңделген беттің және әр түрлі дәлдіктегі дөңгелек тесіктерді кесудің негізгі технологиялық әдістерінің бірі.

Бұрғылау – дайындамалардың қатты материалындағы тесіктерді өңдеудің негізгі әдісі. Бұрғыланған тесіктер, әдетте, дұрыс цилиндрлік пішінге ие емес. Олардың көлденең қимасы сопақша, ал бойлық қимасы кішкентай конустық болып келеді.

Жұмыс кезінде бұрғылау айналмалы қозғалады, оның барысында металл жоңқалары кесіліп, айналу осі бойымен алға жылжиды, онда бұрғылау өңделетін бөлікке тереңдетіледі. Үлкен диаметрлі тесіктер ($d > 20$ мм) екі қадамда бұрғыланады – алдымен кіші диаметрлі бұрғымен, содан кейін қажетті диаметрлі бұрғымен. Бұрғыларды дұрыс таңдамағанда, оларды дұрыс бекітпегенде немесе дұрыс жұмыс істемегенде, ақаулықтың келесі түрлері: тесіктің мөлшері талап етілгеннен үлкен, қиғаш тесік, тесіктің белгіленген орталықтан ығысуы, тесіктің тереңдігі талап етілгеннен үлкен болуы мүмкін.

Тесіктерді бұрғылау өтпелі (бұрғылау тесігі арқылы шығады); соқыр (тесіктің тереңдігі металдың қалыңдығынан аз); бұранда астында және ұңғылағыш астында. Бұрғылаудың бұл түрлерін орындау әдісі соқыр түрді қоспағанда, бірдей. Ол үшін бұрғылауды қажетті тереңдікке дейін шектейтін құрылғылар қолданылады. Егер мұндай құрылғылар болмаса, машина белгілі бір уақыттан кейін тоқтатылады, бұрғылау алынып тасталады және тесіктің тереңдігі өлшенеді.

Дәл және жылдам бұрғылау үшін бұрғылауды машинаның шпинделінде немесе картриджде мықтап және дұрыс бекіту керек, сонда ол соққысыз айналады. Бұрғылау кезінде тесік дұрыс емес пішінге ие болып, бұрғылау сынуы мүмкін. Болатты бұрғылау кезінде бұрғы қызады; осы кезде босатылып кетпес үшін оны СОТС қолдану арқылы, үнемі салқындатып отыру керек. Салқындату бұрғылау жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.

Терең тесіктерді бұрғылау - бұл диаметрмен салыстырғанда үлкен тесік тереңдігі бар материалдарда тесіктер жасау процесі. Бұл процесс көбінесе

өнеркәсіпте металл блоктар, корпустар немесе машина компоненттері сияқты үлкен және үлкен бөліктерде тесіктер жасау үшін қолданылады.

Терең тесіктерді бұрғылау үшін терең бұрғылау бұрғылары деп аталатын арнайы құралдар қолданылады. Олар бұрғылаудың тесік тереңдігіне жетуіне мүмкіндік беретін ұзын дизайнға ие. Терең бұрғылау бұрғыларында, әдетте, құрал мен өңделетін бөлікке үйкеліс пен жылу жүктемелерін азайту үшін кесу аймағына салқындатқышты немесе майлауды жеткізуге арналған ішкі арна болады.

Терең тесіктерді бұрғылау процесі арнайы техниканы және сақтық шараларын қажет етеді. Тесіктің сапасына әсер етуі мүмкін тербелістер мен бұрмалануларды болдырмау үшін бөліктің жеткілікті қаттылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз ету маңызды. Сондай-ақ, оңтайлы нәтижеге қол жеткізу үшін құралдың берілу жылдамдығын бақылау және дұрыс кесу параметрлерін пайдалану маңызды.

Терең тесіктерді бұрғылау кезінде чиптердің жиналуы, тесік қабырғаларында ойықтардың пайда болуы немесе құралдың ауытқуы сияқты белгілі бір мәселелер туындауы мүмкін. Оларды шешу үшін әртүрлі әдістерді қолдануға болады, мысалы, арнайы майлау материалдарын қолдану немесе құралды берудің қолайлы стратегияларын қолдану.

Терең тесіктерді бұрғылау машина жасау, автомобиль өнеркәсібі, аэроғарыш өнеркәсібі және дәл және сапалы терең тесіктерді жасауды қажет ететін басқа салалардағы маңызды процесс болып табылады. Дұрыс әдістер мен құралдарды қолдану терең тесіктерді бұрғылау процесінде қажетті дәлдік пен сапаға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Бұрғылау - әртүрлі материалдарда әртүрлі өлшемдер мен пішіндерде тесіктер жасау үшін қолданылатын ең көп таралған материалдарды өңдеу процестерінің бірі. Мұнда бұрғылаудың кейбір жалпы принциптері, бұрғылаудың әртүрлі түрлері және олардың ерекшеліктері, сондай-ақ терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылатын жабдықтар мен құралдар берілген.

Бұрғылаудың жалпы принциптері:

- Дұрыс бұрғылауды таңдау: бұрғылауды таңдау бұрғыланатын материалға және қажетті тесік өлшеміне байланысты.
- Дайындаманы бекіту: процесс кезінде оның қозғалуына жол бермеу үшін бұрғылау алдында дайындаманы дұрыс бекіту керек.
- Құралды беру: бұрғылауды тиімді бұрғылауды қамтамасыз ету үшін жеткілікті күшпен дайындамаға беру керек, бірақ құралға немесе дайындамаға зақым келтірмеу үшін тым көп емес.
- Майлау және салқындату: бұрғылау үйкелісті азайту, жоңқаларды кетіру және бұрғылауды салқындату үшін майлау немесе салқындату сұйықтықтарын пайдаланады.

Бұрғылау түрлері және олардың ерекшеліктері:

- Спиральды бұрғылар: ең көп таралған бұрғылар, чиптерді кетіру үшін спираль тәрізді. Оларды әртүрлі өлшемдегі және материалдардағы тесіктерді бұрғылау үшін пайдалануға болады.

- Центрлік бұрғылар: үлкен бұрғыларға сілтеме ретінде қызмет ететін шағын центрлік тесіктерді жасау үшін қолданылады.
- Бұрғылау жазықтығы: тегіс дизайнға ие және бар тесіктерді кеңейту немесе жалпақ кесінділер жасау үшін қолданылады.
- Конустық бұрғылар: конустық пішінге ие және конустық тесіктер жасау немесе бұрғылау үшін қолданылады.

Терең тесіктерді бұрғылауға арналған жабдықтар мен құралдар:

- Бұрғылау машинасы: дайындаманы бекіту және бұрғылаудың дәлдігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Бұрғылау машинасы терең тесіктерді дәлдікпен бұрғылауға мүмкіндік береді.
- Ұзын бұрғылар: терең тесіктерді бұрғылау үшін қолданылады. Олар бұрғылау тереңдігіне жетуге мүмкіндік беретін ұзартылған дизайнға ие.
- Туралау және бағыттағыштар: туралау тесіктерін жасау үшін немесе бұрғылау кезінде бұрғылаудың дәл бағытын қамтамасыз ету үшін қолданылады.
- Майлау және салқындату жүйелері: терең тесіктерді бұрғылау үшін бұрғылаудың тиімді жұмыс істеуі және жоңқаларды алып тастау үшін арнайы майлау немесе салқындату жүйесі қажет болуы мүмкін.

1.1 Спиральды бұрғылар

Спиральды бұрғылар диаметрі 80 мм-ге дейінгі тесіктерді өңдеу үшін қолданылады, 11...12 квалитетке сәйкес дәлдікті және кедір-бұдырды қамтамасыз етеді ($r_z=20...80$ мкм).

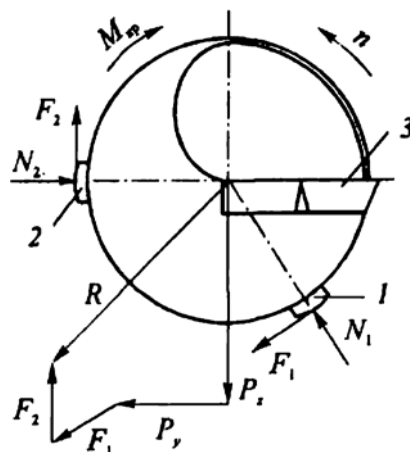
Барлық белгілі бұрғылау конструкцияларының ішінен спиральды бұрғылар келесі артықшылықтарға байланысты ең көп қолданылады:

1. бұрандалы ойықтардың болуына байланысты өңделетін тесіктен жоңқаларды жақсы алу;
2. оның алдындағы негізгі кесу жиектерінің ұзынырақ бұрыштарында оң нәтиже беруі;
3. қайта өңдеуге арналған үлкен қордың болуы;
4. құралдың калибрлеу бөлігінің сыртқы бетінде калибрлеу таспаларының болуына байланысты тесіктегі бұрғылаудың жақсы бағытта болуы.

1.2 Бір жақты кесу бұрғылары

Тесіктердің дәлдігін минимумға дейін төмендетудің ең тиімді әдісі – өңделген бетке негізделген құралдың кесу бөлігін негізге алу әдісі. Осы мақсатта кесу күшінің теңгерімсіз радиалды компоненті пайда болған кезде, корпусың тірек бағыттағыштарын алдыңғы кесу жиектерінен пайда болған тесіктің бетін

басатын кесу жиектерінің орналасуы қарастырылады (Сурет 1.2). Осы принцип бойынша жұмыс істейтін құралдар бір жақты кесу құралдары деп аталады.



Сурет 1.1 – Бұрғылау жазықтығында жұмыс істейтін күштердің орналасу сызбасы

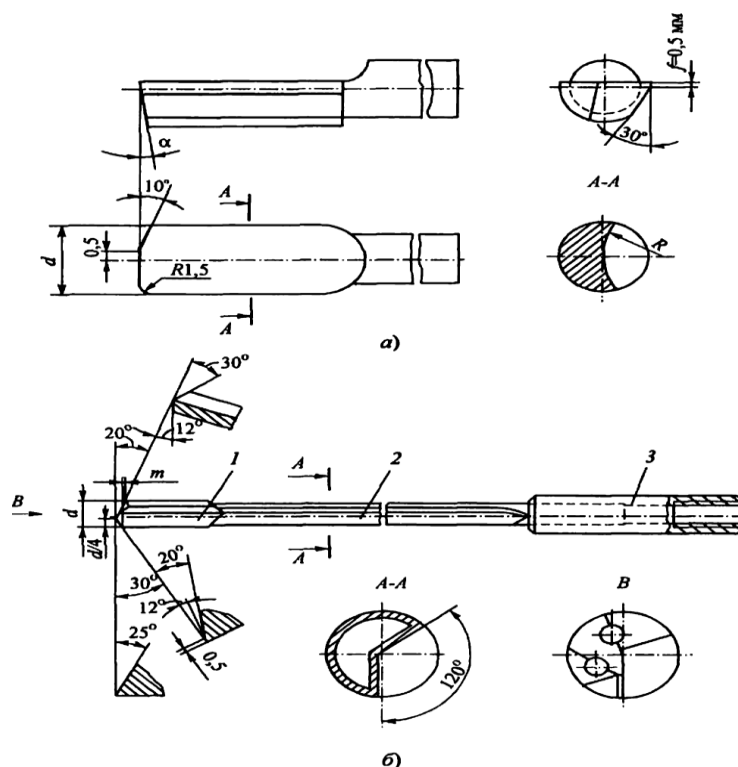
1,2 – қатты қорытпалы бағыттаушы пластиналар; 3-қатты қорытпалы кешкіш пластина.

Оларға зеңбірек пен мылтық бұрғылары, БТА бұрғылау құрылғылары және эжекторлық бұрғылар жатады. Олар бір немесе бірнеше кесу жиектерімен болуы мүмкін, бірақ кез-келген жағдайда, негізгі орналастыру принципін жүзеге асыру үшін кесу күші мен үйкелістің жалпы радиалды компоненті қатаң түрде тірек бетіне және бағыттаушы тақталар арасында орналасуы керек.

Тарихи тұрғыдан алғанда, терең бұрғылаудың алғашқы және қарапайым конструкциялы бұрғысы – зеңбірек бұрғылары.

Зеңбірек бұрғысы – бұл алдыңғы ұшы диаметрдің жартысына дейін кесіліп, артқы α бұрышымен ұшынан қайралған үлкен ұзындықтағы өзек. Тесікке бұрғының жабысып қалуын болдырмау үшін алдыңғы беті бұрғылау диаметріне байланысты орталықтан 0,2 мм 0,5 мм жоғары орналасады (Сурет 1.2, а). Бұрғыда тесік осіне перпендикуляр бағытталған және ортасынан 0,5 мм 0,8 мм өтетін негізгі кесу жиегі бар. Көмекші кесу жиегін 10° бұрышпен кесуге болады. Бұрғылау алдын ала бұрғыланған тесіктің бағытымен жұмыс істейді. Нұсқаулық үшін бұрғы цилиндрлік бетке ие.

Бұрғы геометриясы тиімді емес: алдыңғы бұрыш нөлге тең, ал артқы бұрышы $8^\circ \dots 10^\circ$. Бағыттаушының тесік қабырғасына үйкелісін азайту үшін сыртқы бетіндегі көмекші кесу жиегінің бүйірінен 30° бұрышпен кесілген және бағыттаушының ұзындығы 100 мм-ге 0,03 мм 0,05 мм кері конусы бар.



Сурет 1.2 – Терең тесіктерді бұрғылауға арналған бұрғылара-зеңбірек
($d = 3 \dots 36$ мм); б-мылтық ($d = 1 \dots 30$ мм)

Мылтық бұрғылардың (Сурет 1.2, б) зеңбіректі бұрғылардан айырмашылығы, олардың ішкі арнасы және пульпаны сыртқы шығаруға арналған түзу (кейде бұрандалы) ойығы бар. Олар түзу осі бар дәл тесіктерді алу үшін қолданылады.

Бұрғылаудың негізгі бөліктері:

- тезкескіш болаттан немесе қатты қорытпадан жасалған кесу бөлігі;
- көміртекті болаттан жасалған сабақ, оның диаметрі кесетін және қысқыш бөлігінен сәл кішірек;
- станокқа салынған және СОЖ беру жүйесіне қосылған қауыз түріндегі сағақ.

БТА терең бұрғылау технологиясы өңделетін тесіктің қабырғасы мен сабақтың сыртқы беті арасындағы саңылау арқылы СОЖ жеткізуді қамтиды. Осы алшақтық бойынша СОЖ кесу аймағына беріледі, онда ол жоңқаларды алады және сабақтағы тесік арқылы оны қабылдағыш жоңқаларға тасымалдайды. Осылайша, бұл жүйеде СОЖ-ны сыртқы беру схемасы және жоңқаларды ішке бөлу жүзеге асырылады.

Бұл атау терең бұрғылау жүйелерін зерттеу және дамыту атаулары бойынша бірқатар шет елдерді біріктіретін boring and Trepanning Association (БТА) атауына сәйкес анықталған. Сондай-ақ, БТА жүйесі STS жүйесі деп те аталады (ағылш. Single Tube System – бір құбырлы жүйе).

Бұрғы мен БТА бұрғылау құрылғыларының айырмашылығы, бұрғылаудың кіші диаметрлерінде қатты қорытпалы кескіш және бағыттаушы тақтайшалар

тікелей құбырлы өзекке дәнекерленеді, ал үлкен диаметрлерде – басқа қарай, сабаққа қарай бұралған.

Бастар әр түрлі конструктивті түрде жасалады: бір жиекті, көп жиекті, қайта өңделетін, қайта өңделмейтін, дәнекерленген немесе ауыстырылатын кескіш және бағыттаушы тақтайшалары бар.

БТА бұрғыларының артықшылығы-жоғары қаттылықтың арқасында құбырлы сабақ мылтық бұрғыларымен салыстырғанда 2...4 есе артады, ал ішкі канал арқылы кесу аймағынан алынған жоңқалар өңделген бетті бұзбайды.

БТА бұрғыларының кемшіліктеріне кесу бөлігінің салыстырмалы түрде кішкентай көлденең қимасы арқылы жоңқаларды сенімді түрде алып тастауда туындайтын қиындықтар жатады, ол бітелген кезде бұрғылау процесі мүмкін болмайды.

Саңылаулардың салыстырмалы ұзындығы 250 d немесе одан да көп болған кезде диаметрі 7-ден 120 мм-ге дейінгі диапазонда сыртқы СОЖ берілісі бар терең тесіктерді бұрғылау технологиясын қолдану экономикалық тұрғыдан тиімді болып саналады. Бұл технологияны қолданған кезде тесік осінің тартылуы 1000 мм-ге 0,1 мм-ден аспайды.

2 Бұрғыларды дайындау үшін қолданылатын материалдар

Тесіктерді бұрғылау үшін аспаптық болаттардан, тезкескіш болаттардан, сондай-ақ қатты қорытпалардан жасалған спиральды бұрғылар қолданылады. Бұрғылар тезкескіш, легирленген және көміртекті болаттардан жасалған, сонымен қатар қатты қорытпалардан жасалған тақтайшалармен жабдықталған.

Бұрғылар олардың мақсаты мен қолданылуына байланысты әртүрлі материалдардан жасалуы мүмкін. Бұрғылау жасау үшін қолданылатын кейбір негізгі материалдар:

Көміртекті болат: бұл бұрғылауға арналған ең көп таралған материалдардың бірі. Көміртекті болат жеткілікті беріктікке және тозуға төзімділікке ие, бұл оны көптеген жалпы бұрғылау тапсырмаларына сәйкес етеді.

Жоғары жылдамдықты болат (BRS): бұл құралдың беріктігі мен қаттылығын арттыруға арналған Болаттың ерекше түрі. BRS бұрғылар әдетте олардың тозуға төзімділігін жақсарту және үйкелісті азайту үшін титан нитридін немесе карбидтер сияқты арнайы жабынға ие.

Вольфрам карбиді: вольфрам карбиді (вольфрам карбиді деп те аталады) бұрғылау үшін қолданылатын ең қатты материалдардың бірі болып табылады. Ол тот баспайтын болат, шойын, титан және қатты қорытпалар сияқты қатты материалдарда бұрғылау үшін кеңінен қолданылады.

Кобальт қорытпасы: кобальт қорытпалары жоғары беріктікке, қаттылыққа және термиялық төзімділікке ие. Олар жоғары температуралы қорытпалар мен никель қорытпалары сияқты өңдеу қиын материалдарды өңдеу үшін мамандандырылған бұрғыларда кеңінен қолданылады.

Керамика: керамикалық бұрғылардың қаттылығы мен тозуға төзімділігі жоғары. Олар әйнек, керамика және басқа да сынғыш материалдарды бұрғылау үшін кеңінен қолданылады.

Бұл бұрғылау биттерін жасау үшін қолданылатын материалдардың бірнеше мысалдары ғана. Сондай-ақ нақты бұрғылау тапсырмалары үшін әзірленген көптеген басқа мамандандырылған материалдар бар.

2.1 Тезкескіш болат (HSS)

Тезкескіш болат (HSS): хром мен кобальттың үлесін арттыру бұрғылардың қаттылығы мен жоғары температуралық тұрақтылығын жақсартады. Хром мен кобальтты қосу бұрғылардың қаттылығы мен ыстыққа төзімділігін жақсартады. Тұтқыр металдар мен қатты қорытпаларға (коррозияға төзімді болат түрлері) арнайы кобальтпен легирленген бұрғылар ұсынылады. Кобальтпен легирленген бұрғылар, атап айтқанда, тұтқыр металдар мен қатты қорытпаларға (коррозияға төзімді болат) ұсынылады.

Жоғары жылдамдықты болат- жоғары қаттылыққа, тозуға төзімділікке және жоғары кесу жылдамдығында кесу жиегін өткір ұстау қабілетіне ие әртүрлі болат қорытпаларының жалпы атауы. Жоғары жылдамдықты Болаттың құрамы

Болаттың нақты түріне және оның өндірушісіне байланысты аздап өзгеруі мүмкін. Алайда, жалпы алғанда, жоғары жылдамдықты Болаттың құрамы келесі элементтерді қамтуы мүмкін:

Көміртек (C): 0,7-1,3% - қаттылық пен беріктікті қамтамасыз етеді.

Вольфрам (W): 12-20% - қаттылық пен тозуға төзімділікті арттырады.

Хром (Cr): 3-5% - қаттылық пен коррозияға төзімділікті жақсартады.

Ванадий (V): 1-5% - қаттылық пен жоғары температураға төзімділікті арттырады.

Кобальт (Co): 1-10% - қаттылық пен жоғары температураға төзімділікті жақсартады.

Молибден (Mo): 1-10% - қаттылық пен ыстыққа төзімділікті арттырады.

Марганец (Mn): 1% дейін - өңдеуді және термиялық төзімділікті жақсартады.

Силиций (Si): 1% дейін - беріктік пен қаттылықты жақсартады.

Фосфор (P) және күкірт (S): әдетте қоспалар ретінде аз мөлшерде болады.

Бұл жоғары жылдамдықты Болаттың құрамында болуы мүмкін негізгі элементтер. Элементтердің салыстырмалы пропорциялары Болаттың нақты түріне және мақсатына байланысты өзгеруі мүмкін.

Кесте 2.1 - Вольфрамды болаттар

Түрі	Отандық аналогі	Химиялық құрамы, %								
		C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co	Ni
T1	P18									
T2	P18Ф2	0,75	-	-	4,00	1,00	18,00	-	-	-
T3	P18K5Ф2	0,80	-	-	4,00	2,00	18,00	-	-	-
T4		0,75	-	-	4,00	1,00	18,00	-	5,00	-
T5		0,80	-	-	4,00	2,00	18,00	-	8,00	-
T6		0,80	-	-	4,50	1,50	20,0	-	12,00	-
T8		0,75	-	-	4,00	2,00	14,00	-	5,00	-
T15	P12Ф5K5	1,50	-	-	4,00	5,00	12,00	-	5,00	-

Вольфрам – бұл өте қымбат және сирек кездесетін минерал, сондықтан бүгінде құрамында W мөлшері жоғары болаттан жасалған бұйымдарды табу қиын, көбінесе T1 (ресейлік аналогы P18) және T15 (P12F5K5) маркалары қолданылады.

Кесте 2.2 - Молибденді болаттар

Түрі	Отандық аналогі	Химиялық құрамы, %								
		C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co	Ni
M1		0,80	-	-	4,00	1,00	1,50	8,00	-	-
M2	P6M5	0,85	-	-	4,00	2,00	6,00	5,00	-	-
M3	P6M5Φ3	1,20	-	-	4,00	3,00	6,00	5,00	-	-
M4		1,30	-	-	4,00	4,00	5,50	4,50	-	-
M5		0,80	-	-	4,00	2,00	4,00	5,00	-	
M6		1,00	-	-	4,00	2,00	1,75	8,75	-	-
M7		0,85- 1,00	-	-	4,00	2,00	-	8,00	-	-
M10		0,80	-	-	4,00	1,25	2,00	8,00	-	-
M30		0,90	-	-	4,00	1,25	1,50	9,50	-	-
M34		0,90	-	-	4,00	2,00	2,00	8,00	-	-
M35	P6M5K5	0,82- 0,88	0,15- 0,40	0,20- 0,45	3,75- 4,50	1,75- 2,20	5,5- 6,75	5,00	4,5- 5,5	0,30 дейін
M36		0,80	-	-	4,00	2,00	6,00	5,00	-	-

Болаттардың бұл тобы қазірдің өзінде кең таралған, қорытпаларда вольфрам мен кобальт та кездеседі. Үлкен % ванадий мен көміртектің болуы материалды абразивті тозуға төзімді етеді. Егер құралға жоғары температурада қаттылық талаптары жоғары болса, молибденді болаттары M41 және одан жоғары болуы керек. Бұл қазірдің өзінде жоғары легирленген топқа жатады.

Термиялық өңдеуден кейінгі молибден қорытпаларын суық жағдайларға арналған өнімдерде қолдануға болады, сонымен бірге олар керемет қаттылыққа ие.

Молибден болаттарын қолданудың артықшылықтарына мыналар жатады:

Жоғары беріктік: молибденнің қосылуы Болаттың беріктігін арттырады, оны жыртуға және деформацияға төзімді етеді.

Жақсартылған коррозияға төзімділік: Молибден болаттарға коррозияның әртүрлі түрлеріне төзімділік береді, соның ішінде тотығу, тамақтану, және басқа да агрессивті орталар.

Жоғары температураға төзімділік: Молибден болаттары жоғары температураға төзімді және жоғары температурада механикалық қасиеттерін сақтай алады. Сондықтан олар көбінесе Құю қалыптарын, Жоғары температуралы пештерді және өнеркәсіптік пештерді өндіру сияқты жоғары ыстыққа төзімділікті қажет ететін жағдайларда қолданылады.

Жақсартылған дәнекерлеу қабілеті: Молибден болаттарының жақсы дәнекерлеу қабілеті бар және оларды бір-бірімен немесе басқа материалдармен оңай байланыстыруға болады.

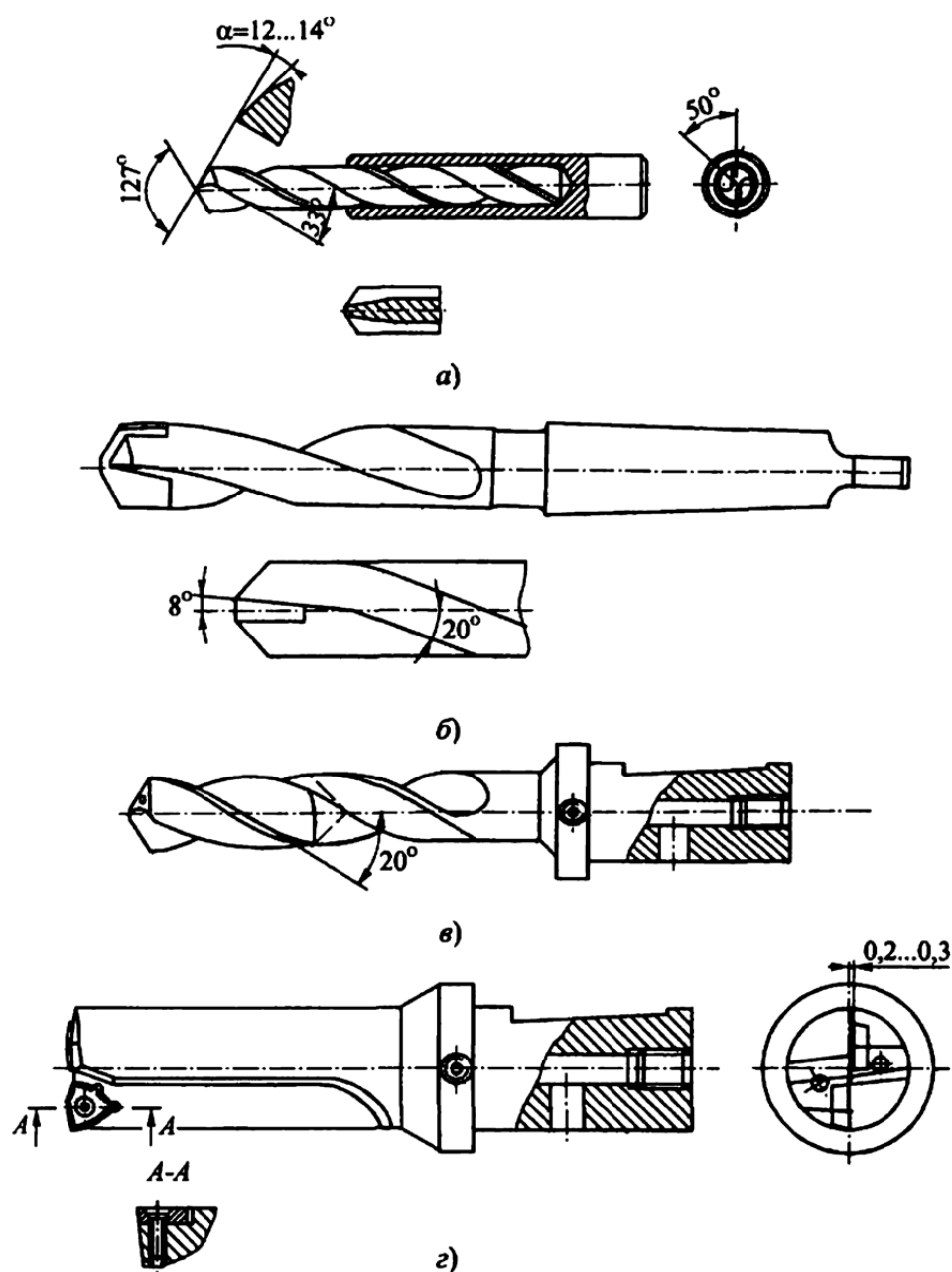
Кесте 2.3 - Жоғары легирленген болаттар

Түрі	Отандық аналогі	Химиялық құрамы, %								
		C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co	Ni
M41	P6M3K5 Φ2	1,10	-	-	4,25	2,00	6,75	3,75	5,00	-
M42		1,10	-	-	3,75	1,15	1,50	9,50	8,00	-
M43		1,20	-	-	3,75	1,60	2,75	8,00	8,25	-
M44		1,15	-	-	4,25	2,00	5,25	6,25	12,0 0	-
M46		1,25	-	-	4,00	3,20	2,00	8,25	6,25	-
M47	P2AM9K 5	1,10	-	-	3,75	1,25	1,50	9,50	5,00	-
M48		1,42 - 1,52	0,15 - 0,40	0,15- 0,60	3,50- 4,00	2,75 - 3,25	9,50- 10,5	0,15- 0,40	8,00 - 10,0	0,30 дейін
M50		0,78 - 0,88	0,15 - 0,45	0,20- 0,60	3,75- 4,50	0,80 - 1,25	0,10 дейін	3,90- 4,75	-	0,30 дейін
M52		0,85 - 0,95	0,15 - 0,45	0,20- 0,60	3,50- 4,30	1,65 - 2,25	0,75- 1,50	4,00- 4,90	-	0,30 дейін
M62		1,25 - 1,35	0,15 - 0,40	0,15- 0,40	3,50- 4,00	1,80 - 2,00	5,75- 5,50	10,0- 11,0	-	0,30 дейін

Бұл материалдар тобындағы легирлеуші компонент молибден болып табылады. Әр түрлі мөлшерде кобальт, ванадий, көміртек және т.б. қосылады.

2.2 Қатты қорытпалар

Қатты қорытпалар: бұл құрамында вольфрам және кобальт көп мөлшерде болатын, жасанды түрде жасалған металдар. Олар агломерация процесі арқылы жасалады, бұл оларды өте қатты және сынғыш етеді. Осы себепті олар тек бұрғы жиектерін кесу үшін қолданылады. Керамика, шыны және шыны талшықты арматураланған пластмассалар сияқты металл емес материалдарды өңдеуге арналған қол машиналары қатты қорытпалы кескіш тақталармен жабдықталған бұрғыларды пайдаланады. Олардың ерекше қасиеттері өңделетін материалға сәйкес бұрғылау жиектерінің геометриясын қолдану арқылы оңтайландырылған.



Сурет 2.1 – Қатты қорытпалы бұрғылар; а-тұтас; б-дәнекерленген пластиналармен; в-коронкалармен; г– ЖМК механикалық бекітпесімен

Қатты қорытпалы бұрғылардың ұзындығы тезкескіш болаттан жасалған бұрғыларға қарағанда аз, бұл қаттылықтың жоғарылауына ықпал етеді, сонымен қатар қатты қорытпалы бұрғылардың қайрау саны шектеулі және қатты қорытпалы пластинаның ұзындығына сәйкес келеді. Қатты қорытпалы бұрғылар ($d=2 \dots 6$ мм) сағағы болаттан жасалған кезде қатты карбидтермен немесе құрамдас бөліктермен жасалады (сурет 2.1, а), ал жұмыс бөлігі қатты қорытпадан жасалған.

Бұрғылар $d=10 \dots 30$ мм дәнекерленген пластиналармен немесе қатты қорытпадан жасалған коронкалармен жабдықталған (сурет. 3.1, б, в). Бұл жағдайда бұрғы корпусы 9ХС немесе Р6М5 болаттан жасалады. Мұндай

бұрғылардың корпустарында әдетте бағыттаушы ленталар жасалмайды, өйткені жоғары жылдамдықпен кескен кезде олар тез істен шығады және бағыттаушы бұрғылардың рөлін атқармайды.



Сурет 2.2 – Ауыстырылатын пластиналары бар бұрғылардың кескіш пластинасының жалпы көрінісі

Бұрғының жұмыс бөлігіне қажетті қаттылықты беру үшін (HRC шкаласы бойынша 56-62 бірлік) құрал термиялық өндеуден өтеді, ол әдетте қатты қорытпалы пластиналарды дәнекерлеумен бір уақытта орындалады.

Кесу жиегі бір-бірімен қабаттасатын екі немесе одан да көп пластиналардан тұрады, сондықтан ол іс жүзінде тесіктің тегіс түбін құрайды. Орталық пластина оның кесу пластинасы бұрғылау осінде болатындай етіп орналастырылған. Орталық пластинаның бұрғы осін жауып орналасуы бұрғылау кезінде пластинаның жоғарғы бөлігінің бұзылуына әкелуі мүмкін, өйткені кесу жиегінің осьтен өтетін бөлігі теріс бұрыштармен жұмыс істейді.

Қатты қорытпалы бұрғылаумен жабдықталған кескіш пластиналарды дайындау материалы ретінде негізінен вольфрам-карбид тобының қорытпалары қолданылады. Ең танымалы – VK8 маркалы қорытпа.

Негізінен ұнтақтық металлургия әдістерімен алынған мұндай қорытпалар өзінің "қатты" деген атауына толық сәйкес келеді. Атап айтқанда, VK8 маркалы танымал қорытпаның қаттылығы оның өндіріс жағдайларына байланысты Рокуэлл шкаласы бойынша 1670-2800 бірлік аралығында болады. Осының арқасында VK8 қорытпасынан жасалған кескіш пластиналармен жабдықталған бұрғыларды легирленген болаттар (соның ішінде ыстыққа төзімді топ), шойын, қатты ағаш сияқты материалдарда тесіктер салу үшін сәтті пайдалануға болады.

3 Бұралмалы бұрғыны есептеу және құрастыру

3.1 Спиральды бұрғы сипаттамасы

Тесіктерді өңдеу үшін бөліктің қызмет ету мақсатына және оны жасаудың технологиялық процесіне байланысты әртүрлі жүзді құралдары қолданылады. Ең көп таралған құралдарға бұрғылар, зенкерлер, зенковкалар, ұңғылағыштар. Осьтік құралдың типін таңдау тесіктің параметрлеріне байланысты: диаметрі, тереңдігі, дәлдігі және геометриялық осьтің орналасу талаптары, сондай-ақ өңделетін материалдың физика-механикалық қасиеттері, өңдеу процесінің өнімділігі.

Бұрғылар – бұл қатты материалда тесіктер жасауға арналған кескіш құралдар. Бұрғылау процесінде екі қозғалыс жүзеге асырылады: айналмалы – құрал осінің айналасында және трансляциялық – құрал осінің бойымен. Бұрғылар алдын ала бұрғыланған тесіктерді бұрғылау үшін де қолданылады. Өнеркәсіпте бұрғылаудың әртүрлі түрлері кең таралған.

Өнеркәсіпте ең көп таралған спиральды бұрғылар болып табылады. Олар диаметрі 0,25-тен 80 мм-ге дейінгі тесіктерді 40-50 м/мин жылдамдықпен әртүрлі материалдарда бұрғылау кезінде қолданылады.

Бұрғылау жүзінің негізгі өлшемдері мен бұрыштары стандартталған. Бұрғылардың жұмыс бөлігінің геометриялық элементтері (ω , γ және 2ϕ) дайындама мен бұрғының материалына байланысты. Диаметрі 12 мм-ге дейінгі бұрғылар үшін көлденең кесу жиегінің көлбеу бұрышы 50° , ал диаметрі 12 мм-ден асатын бұрғылар үшін - 55° . Артқы бұрышы кесу жиегінің әр түрлі нүктелерінде әр түрлі болады. Стандартты спираль бұрғылар үшін бұрғы осінен ең алыс нүктеде $\alpha=8\dots15^\circ$, оське ең жақын нүктеде $\alpha=2^\circ\dots26^\circ$.

Спиральды бұрғыларды дайындауға қойылатын техникалық талаптар ГОСТ 2034-80-де келтірілген. Бұрғылардың сағақтарында ГОСТ 25557-82 орындайтын Морзе конусы бар.

3.2 Конустық тезкескіш болаттан жасалған спиральды бұрғыларды есептеу және жобалау

Класы: 243 НВ қаттылығы бар СЧ35 дайындамасында $l=30$ мм тереңдіктегі М24 болтының тесігін өңдеуге арналған конустық білікпен тезкескіш болат

Маркасы: Р6М5К5

Жеткізу түрі: сорттық прокат, оның ішінде фасонды: ГОСТ 19265-73, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006. Калибрленген шыбықша ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Тегістелген шыбықша және серебрянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14955-77. Жолақ ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Соғу және соғылған дайындамалар ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71.

Өнеркәсіпте қолданылуы: жоғары беріктігі бар тот баспайтын және ыстыққа төзімді болаттар мен қорытпаларды кесу жиегінің жоғары қызуы жағдайында өңдеу үшін.

1. Бұрғылау диаметрін анықтаймыз = 22 мм ГОСТ 885-77

2. Кесу режимін анықтаңыз:

а) $S=0,47...0,54$ мм/об, $S_0=0,5$ мм/об деп қабылдаймыз

б) негізгі кесу қозғалысының жылдамдығын анықтаймыз: коэффициенттерді таңдау:

$$\vartheta_{и} = \frac{C_{\vartheta} D^{q_{\vartheta}}}{T^{m_{\vartheta}} t^{x_{\vartheta}} S_0^{y_{\vartheta}}} * K_{\vartheta} \quad (3.1)$$

мұндағы: $C_v=17,1$

$q=0,25$

$x_v=0$

$y_v=0,4$

$m=0,125$.

$T=$ бұрғының беріктігі, 60 мин

Түзету коэффициенті:

$$K_{\vartheta} = K_{M_{\vartheta}} * K_{U_{\vartheta}} * K_{I_{\vartheta}} = 0,73 * 1,0 * 1,0 = 0,73 \quad (3.2)$$

мұндағы: $K_{M_v}=0,73$ – өңделетін материалдың сапасының коэффициенті ([3], 261-263);

$K_{U_v}=1,0$ – аспаптық материалдың коэффициенті;

$K_{I_v}=1,0$ – бұрғыланған тесіктің тереңдігін ескеретін коэффициент.

$$K_{M_{\vartheta}} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_{\vartheta}} = \left(\frac{190}{243} \right)^{1,3} = 0,73 \quad (3.3)$$

$$\vartheta_u = \frac{17,1 * 22^{0,25}}{60^{0,125} * 0,5^{0,4}} * 0,726 = 22,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}. \quad (3.4)$$

5. Шпиндельдің айналу жиілігі:

$$n_d = \frac{1000 * \vartheta_u}{\pi * D} = \frac{1000 * 22,4}{3,14 * 22} = 324,2 \text{ мин}^{-1} \quad (3.5)$$

Шпиндельдің айналу жиілігін $n_d = 320 \text{ мин}^{-1}$ сәйкес түзетеміз.

6. Негізгі кесу қозғалысының нақты жылдамдығы:

$$V_d = \frac{\pi * D * n_d}{1000} = \frac{3,14 * 22,320}{1000} = \frac{22,1\text{м}}{\text{и}} / \text{мин} \quad (3.6)$$

7. Кесу күшінің осьтік компоненті:

$$P_x = 9,81 * C_p * C_{q_p} * S_0^{y_p} * K_{M_p} \quad (3.7)$$

$$K_{\mu p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{243}{190} \right)^{0.6} = 1.16 \quad (3.8)$$

мұндағы: $n=0.6$;

$C_p=42,7$;

$q_p=1, 0$;

$y_p=0,87$.

$$P_x = 9,81 \times 42,7 \times 22^{1,0} \times 0,5^{0,8} \times 1,16 = 396 \text{ Н} \quad (3.9)$$

8. Кесуге төзімділік күштерінің моменті (айналушы момент):

$$M_{cp} = 9,81 * C_M * D^q * S_0^y * K_p \quad (3.10)$$

мұндағы: $C_M=0,021$;

$q=2,0$;

$y=0,8$;

$n_p= 0,6$.

$$K_{\mu p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{243}{190} \right)^{0.6} = 1.16 \quad (3.11)$$

$$M_{cp} = 9,81 \times 0,021 \times 22^{2,0} \times 0,5^{0,8} \times 1.16 = 68,8 \text{ Нм}. \quad (3.12)$$

9. Келесі кезекте, Морзе конусының нөмірін анықтаймыз.

Алдымен біліктің орташа диаметрін анықтап аламыз.

$$d_{cp} = \frac{D_1 + d_2}{2} \quad (3.13)$$

$$d_{cp} = \frac{6M_{cp} * \sin \theta}{\mu * P_x (1 - 0.04 \Delta \theta)} = \frac{6 * 68,8 * 0,02618}{0,16 * 396 * (1 - 0,04 * 5)} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм} \quad (3.14)$$

мұндағы: $\mu=0,16$ – шойын бойымен болаттың үйкеліс коэффициенті;

$\theta=1^{\circ}3'$ – конус бұрышының жартысы;
 $\Delta\theta=5'$ конус бұрышының ауытқуы.

ГОСТ 25557-82 сәйкес біз келесі негізгі құрылымдық өлшемдері бар Морзе конусын таңдаймыз:

$D=17,78$;
 $D_1=18$;
 $d_2=14$;
 $d_{3\max}=13,5$;
 $l_{3\max}=75$;
 $l_4=80$;
 $bh13=5.2$;
 $a=5$;
 $R=6$;
 $c=10$;
 $R_1=1,6$.

10. Бұрғының ұзындығын ГОСТ 10903-77 бойынша анықтаймыз.

$L=240$ мм – бұрғының жалпы ұзындығы

$l_1=140$ мм – жұмыс бөлігінің ұзындығы

Орталық тесік ГОСТ 14034-74 формасында орындалады.

11. Бұрғының жұмыс бөлігінің геометриялық және құрылымдық параметрлерін анықтаймыз:

бұрандалы ойықтың көлбеу бұрышы $\omega = 35^{\circ}$;

кесу жиектерінің арасындағы бұрыштар $2\varphi=127^{\circ}$, $2\varphi_0=70^{\circ}$;

көлденең ойықтың көлбеу бұрышы $\Psi = 55^{\circ}$;

далдашаның қайралған бөлігінің өлшемдері: $A=3,08$, $l=6$ мм.

Бұрандалы ойық қадамы:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega} = 148,2 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

12. Бұрғы өзегінің d_c қалыңдығы – бұрғылау диаметріне байланысты таңдалады: бұрғының алдыңғы ұшындағы өзектің қалыңдығын $0,14 D$ -ге тең қабылдаймыз, сонда $d_c = 0,14 \times 22 = 3,35$ мм болады. Өзектің ұзындығы 100 мм-ге 1,4-1,8 мм сағаққа қарай қалыңдауы. Біз бұл қалыңдықты 1,5 мм-ге тең қабылдаймыз.

13. Бұрғының кері конусы (диаметрі сағаққа қарай азаяды) жұмыс бөлігінің ұзындығына 100 мм-ге 0,04-0,10 мм. Кері конусты 0,1 мм деп аламыз.

14. Лентаның ені (жүзінің қосалқы артқы беті) f_0 және артқы жағындағы бастың биіктігі бұрғылау диаметріне сәйкес $f_0=2,4$ мм, $k=1,2$ мм k бойынша таңдалды.

15. Ені $B=0,58 D=0,58 \times 22=12,76$ мм.

16. Бұрғы ойығын фрезерлеуге арналған кескіш профилінің геометриялық элементтері графикалық немесе аналитикалық әдіспен анықталады. Біз жеңілдетілген аналитикалық әдісті қолданамыз [2].

Профильдің үлкен радиусы:

$$R_0 = C_R \times C_r \times C_\phi \times D, \quad (3.16)$$

мұндағы:

$$C_R = \frac{0.026 \cdot 2\phi \cdot \sqrt[3]{2\phi}}{25^\circ} = 0,62 \text{ мм} \quad (3.17)$$

Өзектің диаметрге қатынасы:

$$d_c/D = 0,14, C_r = 1, \quad (3.18)$$

мұндағы: D_ϕ – фрезердің диаметрі. $D_\phi = 13\sqrt{D} C_\phi = 1$ тең болған кезде,

$$R_0 = 0.6 \cdot 16 \cdot 1 \cdot 1 = 8,77 \text{ мм.} \quad (3.19)$$

тең болады.

Профильдің кіші радиусы:

$$R_k = C_k \times D = 0,17 \times 22 = 3,993 \text{ мм,} \quad (3.20)$$

мұндағы: $C_k = 0,015 \omega^{0,75} = 0.17$.

Профильдің ені:

$$B = R_0 + R_k = 9.92 + 3,74 = 12,77 \text{ мм.} \quad (3.21)$$

17. Табылған мәндерге сәйкес біз ойық кескіштің профилін саламыз, бұрғының өлшемдеріне сәйкес негізгі техникалық талаптар мен төзімділікті орнатамыз (ГОСТ 885-77).

Бұрғы диаметрінің шекті ауытқулары $D = 22h9, (-0,043) \text{ мм}$. Бұрғының жұмыс бөлігінің жалпы ұзындығы мен жалпы ұзындығына төзімділік ГОСТ 25347-82 бойынша $(\pm IT14/2)$ тең. Бұрғының жұмыс бөлігінің сағақ осіне қатысты радиалды соққысы 0,15 мм-ден аспауы керек. Сағақ конусының өлшемдерінің шекті ауытқулары ГОСТ 2848-75 (AT8) бойынша белгіленеді. Бұрыштары $2\phi = 127^\circ \pm 2^\circ$, $2\phi_0 = 70^\circ \pm 5^\circ$. Бұрандалы ойықтың көлбеу бұрышы $\omega = 35^\circ \pm 2^\circ$. Бұрғының кесу бөлігінің қайрау өлшемдерінің шекті ауытқулары $+0,5 \text{ мм}$.

Бұрғының жұмыс бөлігінің қаттылығы 63-66 HRC₃, сағақтың табанында 32-46,5 HRC₃.

18. Бұрғыға қойылатын техникалық талаптарды көрсете отырып жұмыс сызбасын орындаймыз.

3.3 Бұрғылауға арналған кесу режимі

Өңдеуді 2Н125 тік бұрғылау станогында жүргіземіз.

1. Кесу тереңдігі:

$$t = D/2 = 22/2 = 11 \text{ мм} \quad (3.22)$$

2. Беріс.

$S_o = 0,47..0,54$ аралығынан, $S_o = 0,5$ мм қабылдаймыз. Станоктың берілу механизмінің беріктігіне рұқсат етілген кесу күшінің осьтік компоненті бойынша қабылданған берілісті тексереміз. Ол үшін кесу күшінің осьтік компонентін анықтаймыз $P_x = 396 \text{ Н}$.

$$P_0 \leq P_{\max} \quad (3.23)$$

мұндағы: $P_{\max}$ – станокты беріс механизмі рұқсат ететін кесу күшінің осьтік компонентінің максималды мәні. 2Н125 станогының паспорттық мәліметтері бойынша: $P_{\max} = 9000 \text{ Н}$ тең. $396 < 9000$ болғандықтан, тағайындалған беріс өте қолайлы.

3. Бұрғының беріктік кезеңі $t = 60$ мин.

Бұрғының рұқсат етілген тозуы $h_z = 0,5$ мм.

4. Бұрғының кесу қасиеттерімен рұқсат етілген негізгі кесу қозғалысының жылдамдығы $v_n = 22,14$ м/мин.

5. Шпиндельдің айналу жиілігі:

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 22} = 324 \text{ мин}^{-1} \quad (3.24)$$

Шпиндельдің айналу жылдамдығын станокқа сәйкес түзетеміз $n_d = 320$ мин⁻¹.

6. Негізгі кесу қозғалысының нақты жылдамдығы:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 320}{1000} = 22,1 \text{ м/мин} \quad (3.25)$$

7. Бұрғылау кезінде кесуге кедергі күштерінен айналу моменті:

$$M_{кр} = 68,8 \text{ Нм} \quad (3.26)$$

8. Кесуге жұмсалатын қуат:

$$N_{раз} = \frac{M \cdot n_d}{9750} = \frac{68,8 \cdot 320}{9750} = 2,26 \text{ кВт} \quad (3.27)$$

Станоктың қуаты жеткілікті екенін тексеру қажет. Өңдеу,

$$N_{рез} \leq N_{шт}, N_{шт} = N_d \times \eta = 2,26 \times 0,8 = 2,8 \text{ кВт} \quad (3.28)$$

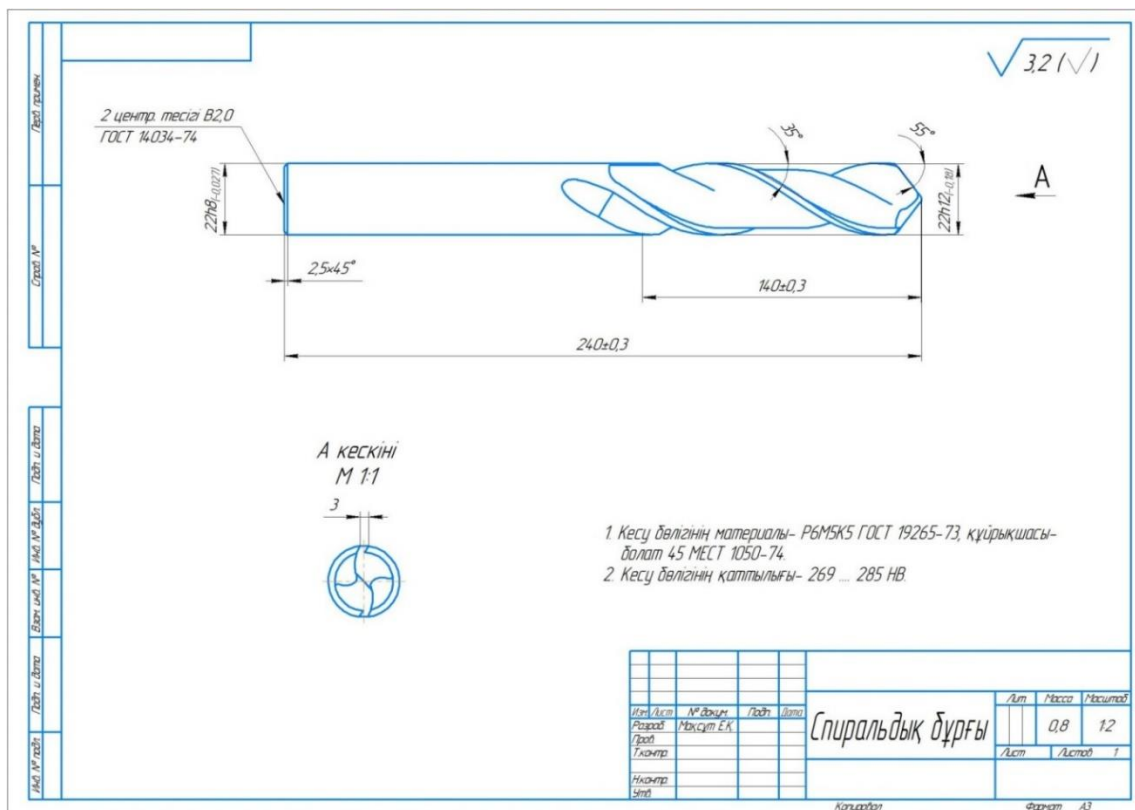
болған кезде мүмкін.

9. Негізгі уақыт

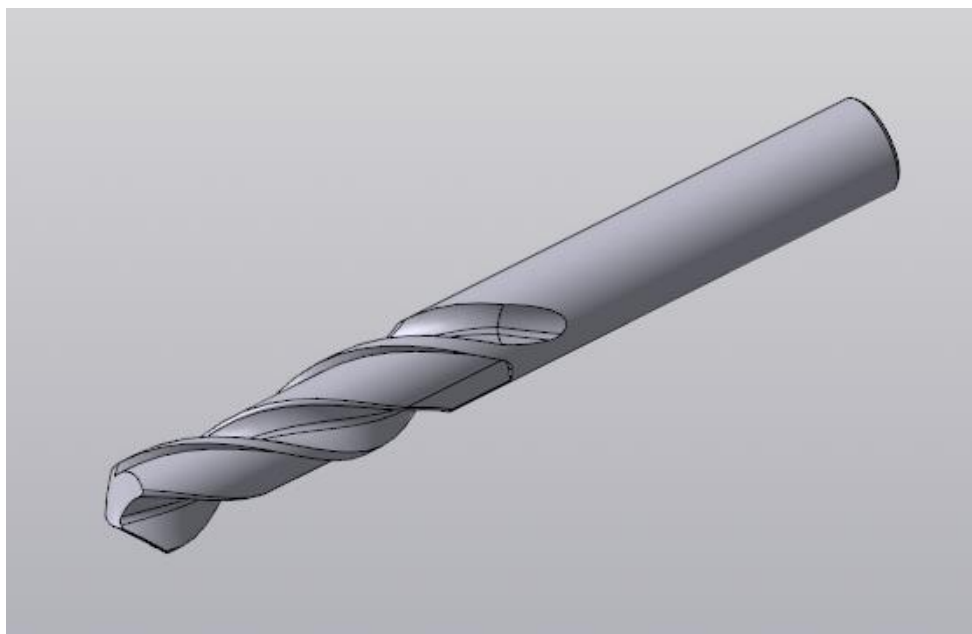
$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} = \frac{38,4}{350 \cdot 0,5} = 0,21 \text{ мин} \quad (3.29)$$

мұндағы: $L = y + \Delta + l = 0,4 \times 16 + 2 + 30 = 38,4 \text{ мм}$ – беру бағытында бұрғымен өтетін толық жол; $y = 0,4D$; $\Delta = 1..3$;

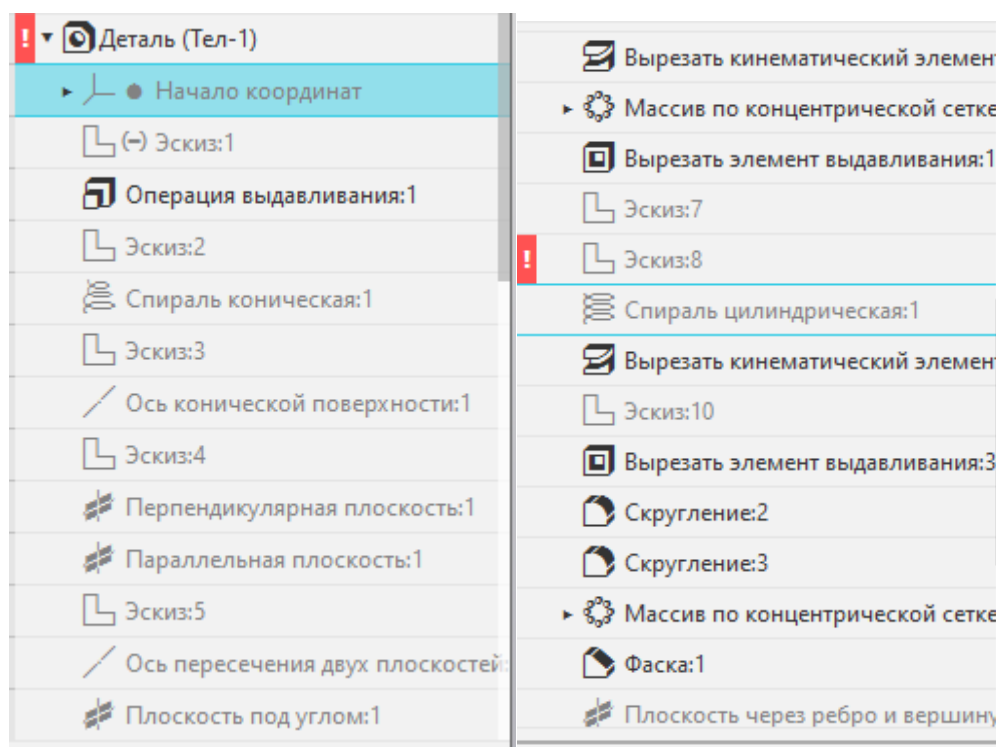
4 Спиральды бұрғыны CAD жүйесі арқылы модельдеп шекті элементтер әдісі арқылы сынау



Сурет 4.1 – Спиральдық бұрғының негізгі геометриялық параметрлері

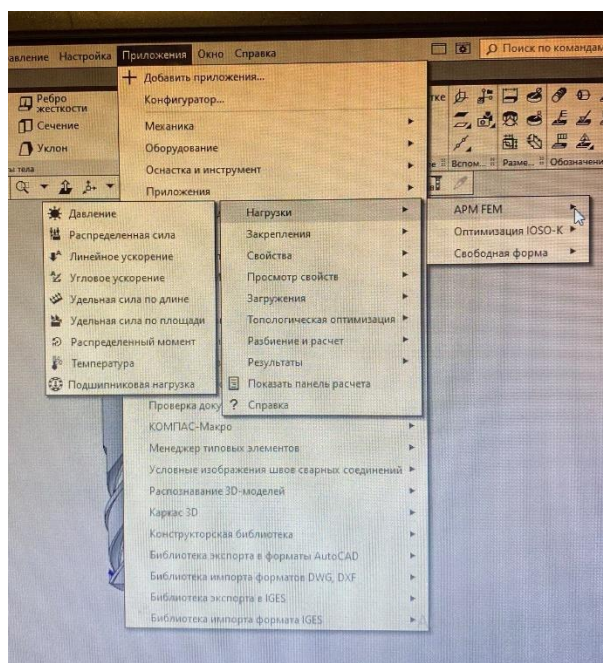


Сурет 4.2 – Спиральдық бұрғының 3D моделі

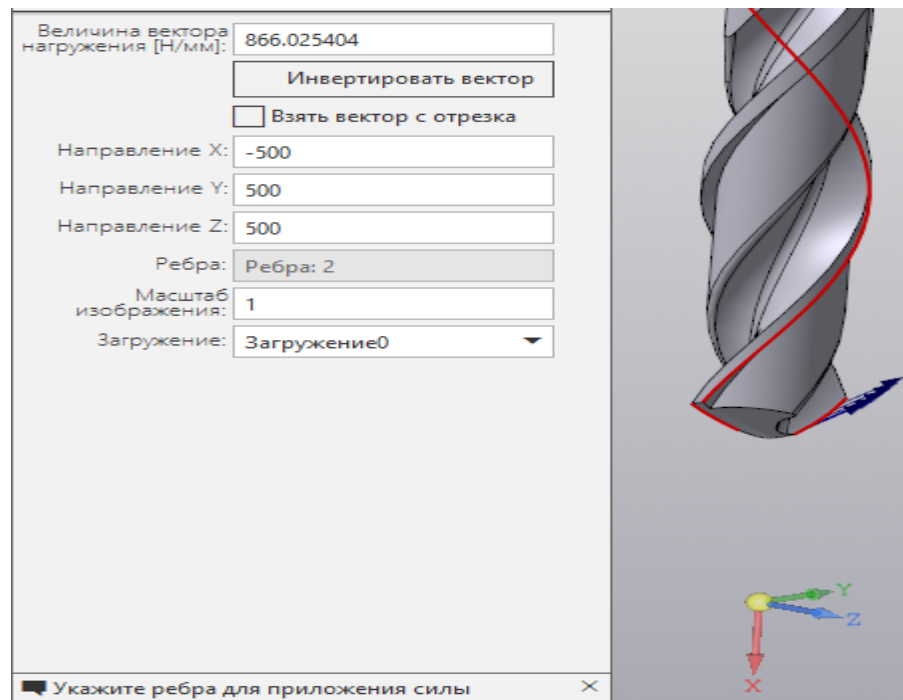


Сурет 4.3 – Спиральды бұрғының 3D моделі және орындалу тізбегі

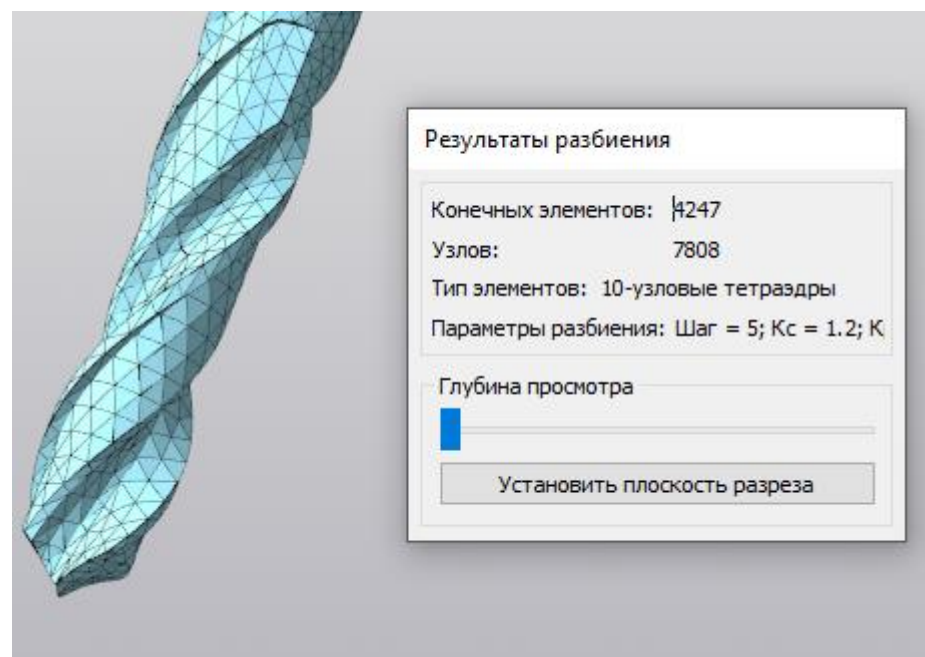
Бұрғыны ASCON платформасында APM Win Mashin пакетіне жататын қосымша арқылы Компас 3D бағдарламасында есептеуге жібереміз.



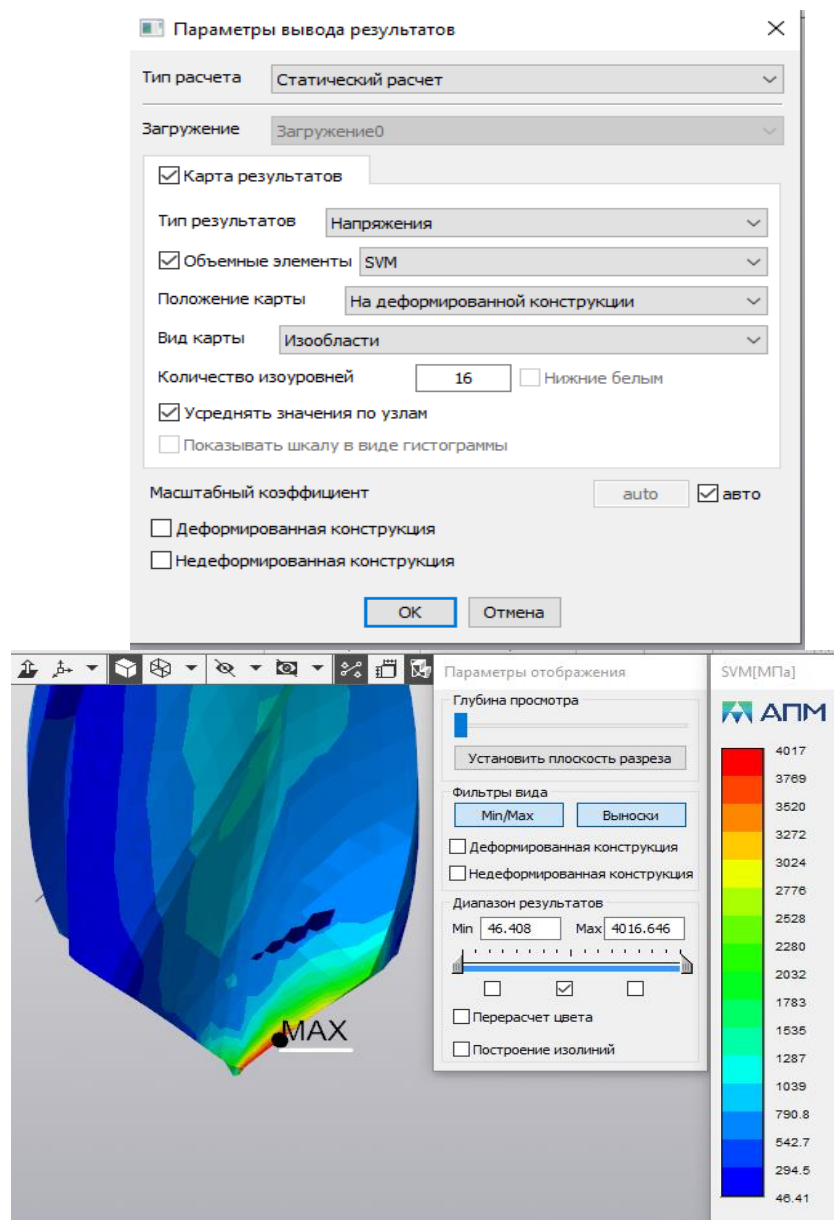
Сурет 4.4 – Спиральды бұрғының Компас 3D бағдарламасында есептеу



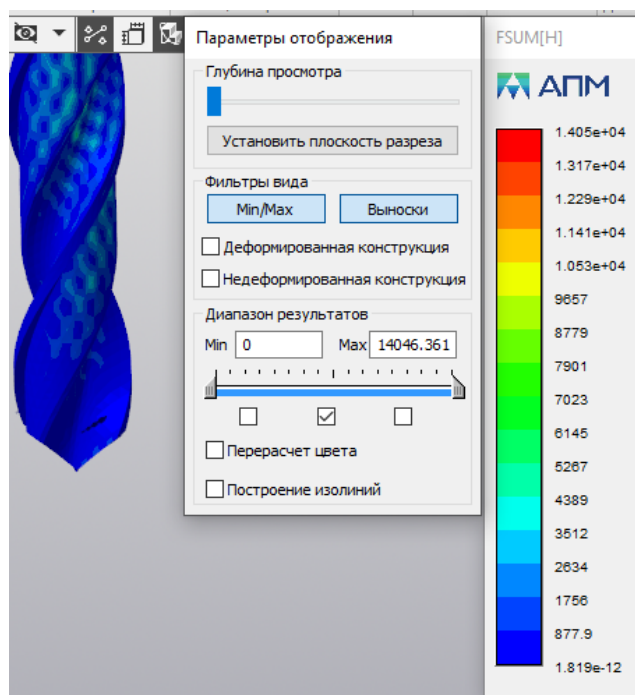
Сурет 4.5 - Модельге күшті жүктеу



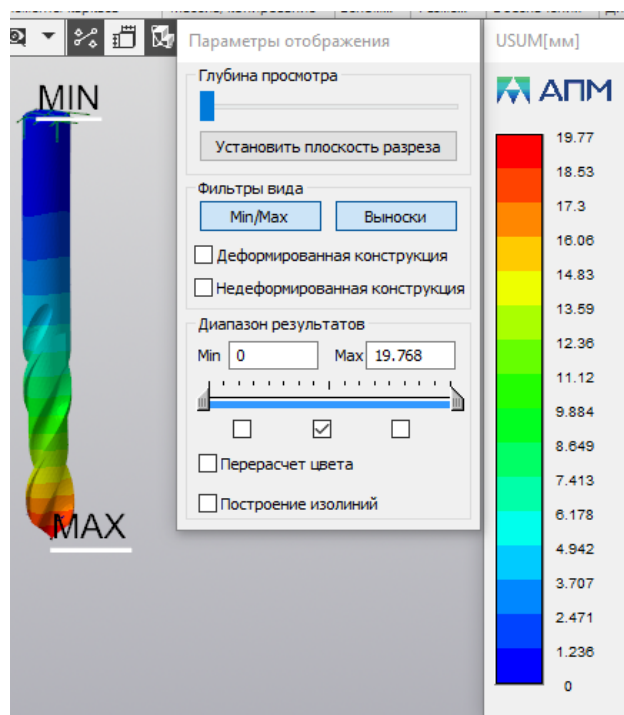
Сурет 4.6 - Модельді торларға бөлу



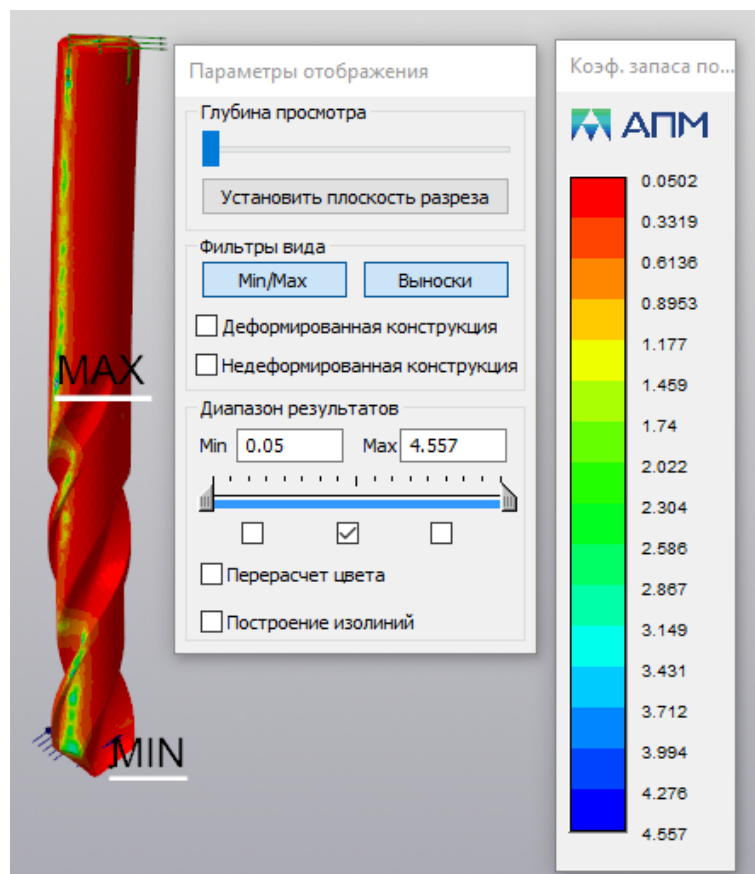
Сурет 4.7 - Максималды кернеудің мәні



Сурет 4.8 - Жүктеменің нәтижесі



Сурет 4.9 - Орын ауыстырудың нәтижесі

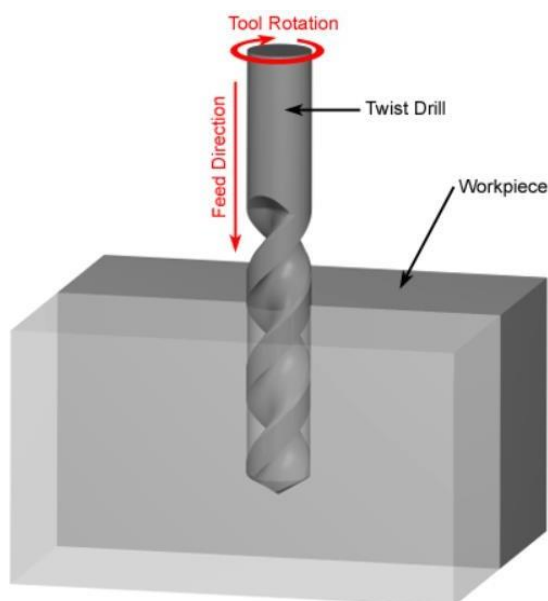


Сурет 4.10 - Шаршаудың нәтижесі

Спиральды бұрғылауды шекті әдістермен сынау әртүрлі жағдайларда пайдаланылған кезде оның беріктігі мен сенімділігін бағалаудың маңызды процесі болып табылады. Мұндай сынақта бұрғылау сынуы немесе деформациясыз төтеп бере алатын шекті жүктемелерге тексеріледі.

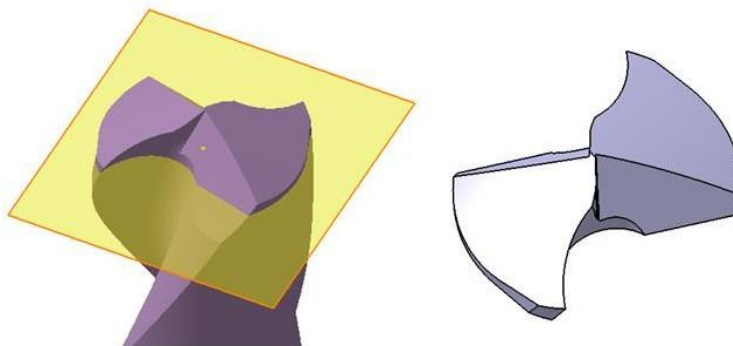
Қажетті шекті жүктемелерді анықтау: сынақ бұрғылау деформация немесе сыну белгілерін көрсете бастайтын шектерді анықтау мақсатында жүргізіледі. Мұны стандарттардың талаптарына немесе бұрғылауды қолданатын арнайы жұмыс жағдайларына сәйкес анықтауға болады. этижелерді талдау: сынақ аяқталғаннан кейін алынған мәліметтерге талдау жасалады. Бұл бұрғылаудың тозуға төзімділігін және оның нақты жұмыс жағдайларына жарамдылығын бағалауға мүмкіндік береді. Спиральды бұрғылауды шекті әдіспен сынау оның тозуға төзімділігін анықтауға мүмкіндік береді және белгілі бір қолдану үшін бұрғылауды таңдау процесінде маңызды қадам болып табылады.

4.1 Бұрғылау кезіндегі бұрғы мен тесу деталінің жағдайын зерттеу



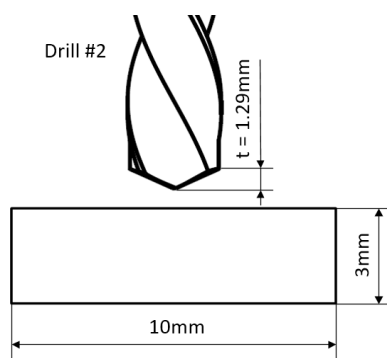
Сурет 4.11 – Бұрғылау процесі

Модельдеуді жылдамдату үшін үлгіні қысқартып, бұрғы ұшы бөлігінің 5 мм биіктігі ғана қалды, ол 4.12-суретте көрсетілген имитациялық модельге ұқсас.



Сурет 4.12 – Имитациялық модель

3D моделінің жобалық параметрлерін 6.1 кестеден көруге болады. 4.13-сурет бойынша, тәжірибе үлгісінде өлшенген нүктенің биіктігі 1,29 мм болатыны көрсетілген. Дайындама ол ұзындығы 10 мм, биіктігі 3 мм болатын блок.



Сурет 4.13 – Бұрғы моделі және дайындама моделінің өлшемдері

Кесте 4.1- Өзірленген 3D имитациялық моделінің параметрлері

Бұрғының параметрлері	Өзірленген модель	3D имитациялық моделі
Құралдың ұзындығы	240мм	3мм
Құралдың диаметрі	22мм	8мм
Жоғарғы жағындағы бұрыш	140°	140.026°
Қашау жиегінің бұрышы	55°	55.004°
Жиек бұрышы	12°	11.988°
Кесу тереңдігі	0,03мм	0,029мм
Екінші ретгі жиектің ығысуы	0,08мм	0,080мм
Екінші шеткі бұрыш	20°	20°

D3 аспаптық болат шыңдау кезінде жоғары дәлдікті талап ететін аспаптарда қолданылады. Үйкеліске төзімділігіне байланысты шыңдалған күйде өңдеуді шектеу керек. Цементтелген карбид – кескіш аспаптарды өңдеуде кеңінен қолданылатын қаттылығы жоғары материал. Бұл материалдың ең үлкен артықшылығы цементтелген карбид өте жақсы тозуға төзімділік сипаттамаларына ие және стандартты тезкескіш болаттарға қарағанда жоғары температураға төтеп бере алады. Цементтелген қатты қорытпалы кесу құралдары

әдетте басқа материалдарға қарағанда өткір кесу жиегін жақсы сақтайды және дайындаманы жақсырақ ұстауға қабілетті. Үшінші толқын материалдарының дерекқоры D3 аспаптық болат материалының қасиеттерін қамтамасыз етеді, бірақ цементтелген карбид материалының нысандары ұсынылмайды. Сондықтан оны пайдаланушы арқылы конфигурациялануы керек. 6.2-кестеде осы модельдеуде кескіш құралға да, дайындамаға да қажетті материалдың барлық қасиеттері келтірілген.

Кесте 4.2 – Бұралмалы бұрғы мен ұшқыш дайындаманың материал қасиеттері

Сипаттамалары	Спиральді бұрғы	Дайындама
Материал түрі	Тезкескіш болат	Аспаптық болат D3
Тығыздығы	8200кг/м ³	-
Жылуsыйымдылығы	36Дж/моль·К	-
Жылуөткізгіштігі	90Вт/(м·К)	-
Пуассон коэффициенті	0,3	-
Беріктік шегі	450-637МПа	-

Эдвард Г. Хоффман басып шығарған жұмыс кітабына сәйкес, бұрғылау кезіндегі беріс жылдамдығы ең алдымен бұрғының өлшеміне және бұрғыланатын материалға байланысты. Кәдімгі бұралмалы бұрғы үшін қолданылатын беріс жылдамдығы, бұрғы диаметрі 0,25 дюймден 0,5 дюйм болған кезде 0,004-0,01 дюйм/айн құрайды. Беріс жылдамдығын орнатудың тағы бір принципі - беріс диапазонындағы төменгі мәндерді аспаптық болат, супер қорытпалар сияқты қатты материалдар үшін пайдалану керек. Бұл тәжірибедегі материал - үлгі диаметрі 8 мм құрайтын, D3 салқын аспаптық болат. Осылайша, беріс жылдамдығы 0,1 мм/айн болатын 0,004 дюйм/айн болып тандалады. Процесс параметрлерін 4.2 - кестеден көруге болады.

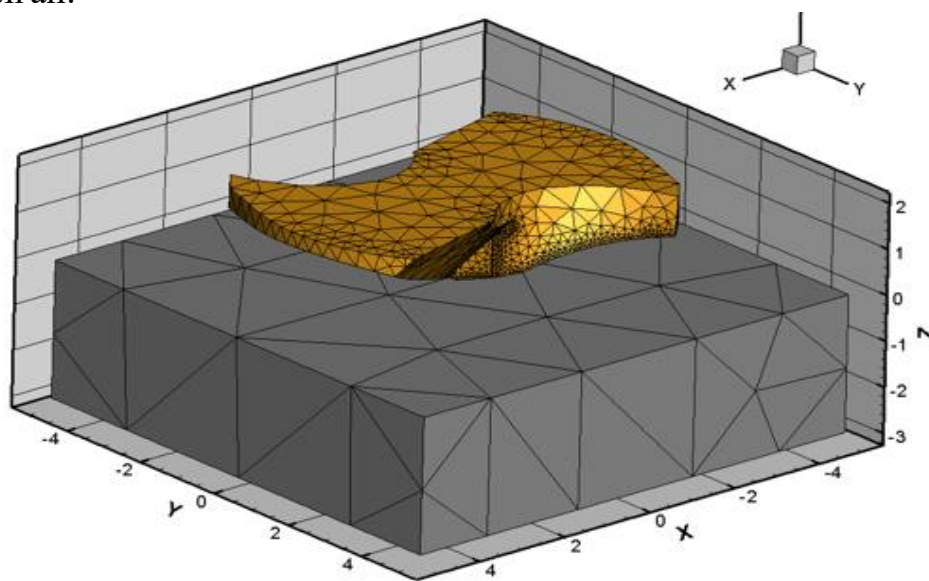
D3 салқын жұмыс құралын өңдеу үшін бұрғылау жылдамдығы 30 фут/мин болуы ұсынылады. Үшінші толқын, жылдамдықтың кесу құралының сыртында орналасқан жылдамдықпен анықталатынын көрсетеді. Бұл параметрді үшінші толқынға беру үшін бұл мәнді айн/мин түрлендіру керек.

Кесте 4.3 – Бұрғылау процесінің параметрлері

Шпиндельдің айналу жылдамдығы (об/мин)	Беру жылдамдығы (мм/об)	Бастапқы температурасы (°C)	Бұрғылау тереңдігі (мм)	Кесу ортасы
291,2	0,1	20hn	1	кұрғақ

Жоғарыда айтылғандай, бұл модельдеу жұмысы кіріс процесіне және бастапқы тереңдік процесіне бағытталған. Бұрғылау процесінің ең басында қашау шеті алдымен дайындамаға тиеді. Материалдағы бұрғылау нүктесін бұрғылау кезінде кесу күші, момент және температура әртүрлі өзгерістерді көрсетеді. Тарту – Z осіндегі кесу күші. Бұл модельдеу жұмысы бұрғылау өнімділігін талдайды, негізінен, тарту күшіне, моментке және температураға байланысты. No2 эксперименттік үлгінің нүктесінің биіктігі 1,29 мм болғандықтан, кіріс процесінің имитация қозғалысы бастапқы қалыптан 1 мм-ге түсіруге дейін орнатылады.

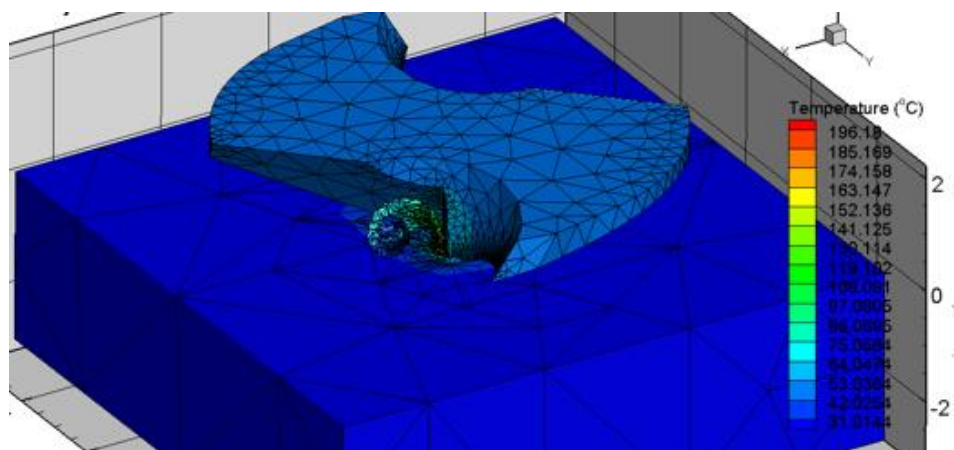
4.14-суретте дайындама торының күйі және 3D модельдеу моделі бастапқы орнында көрсетілген. Жалпы өлшем мен конфигурация да анық көрінеді. 3D модельдеу үлгісінің алдыңғы жиегі бойындағы тор өлшемі 0,05 мм ретінде анықталған.



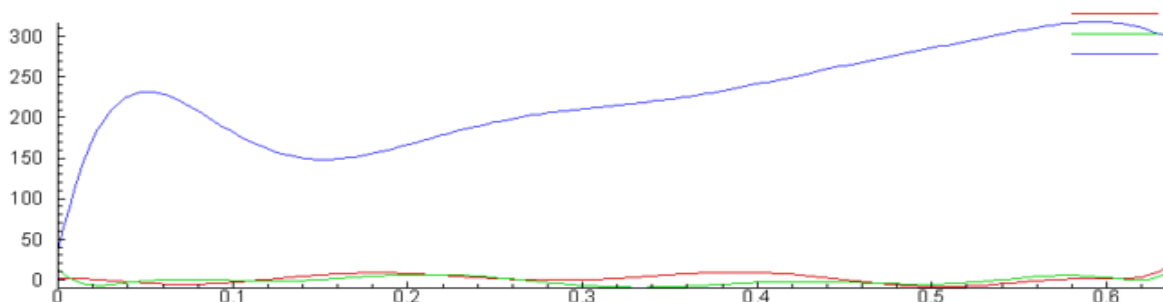
Сурет 4.14 – Үш өлшемді модельдеу моделінің торын құру

4.14 -суретте кіріс процесін модельдеудің нәтижесі, кесу күш негізінен тарту күшінен туындайды. Бұрғылаудың ұшы дайындамаға тигенде, тарту күші күрт артады. Содан кейін кесу жиегімен дайындамада біртіндеп жұмыс жасай отырып, кесу күші сәйкесінше артады және момент те артады. Температура кесу

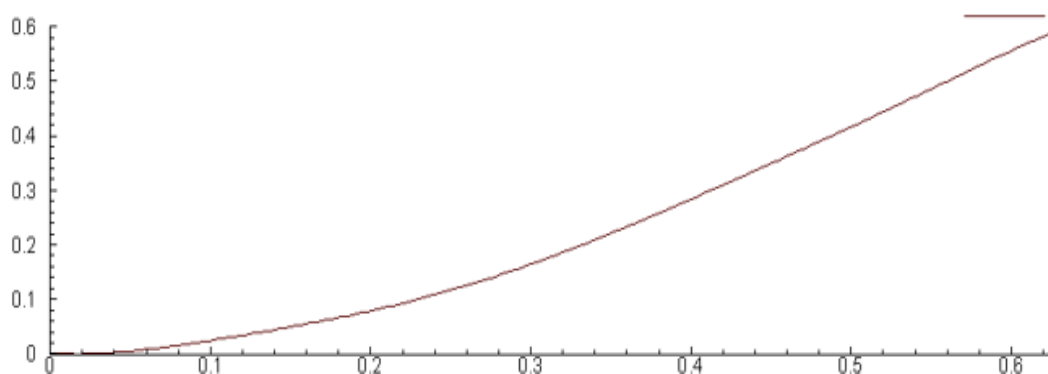
жиегіндегі нүктенің сызықтық жылдамдығымен тығыз байланысты, сыртқы аймақ, ол жүреді, жоғары температура өндіріледі.



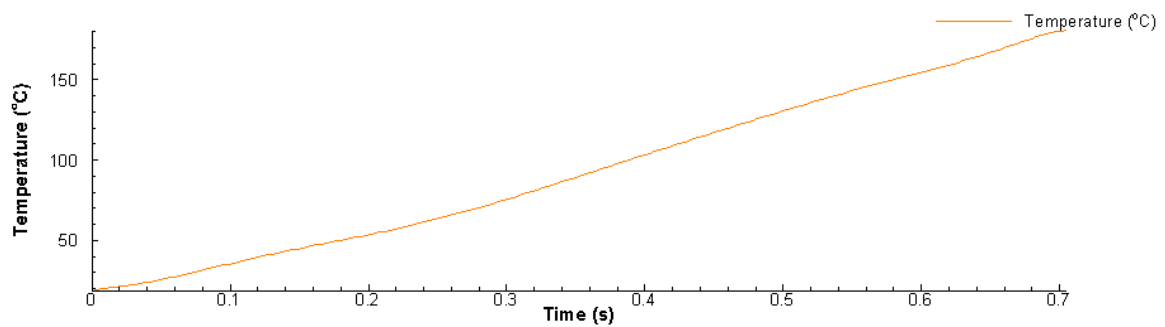
Сурет 4.15 - Үшінші толқынға кіру процесін бұрғылауды модельдеу



Сурет 4.16 – Кесу күшінің диаграммасы

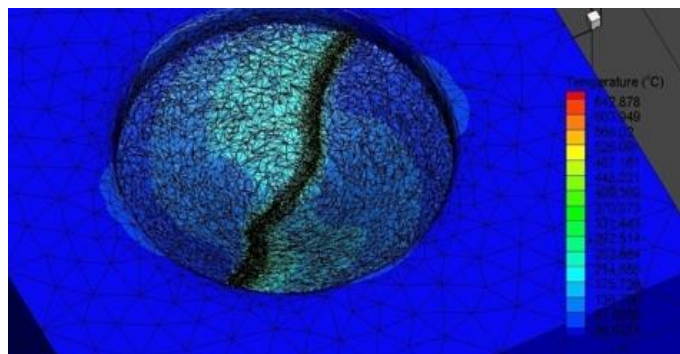


Сурет 4.17 – Айналу моментінің диаграммасы

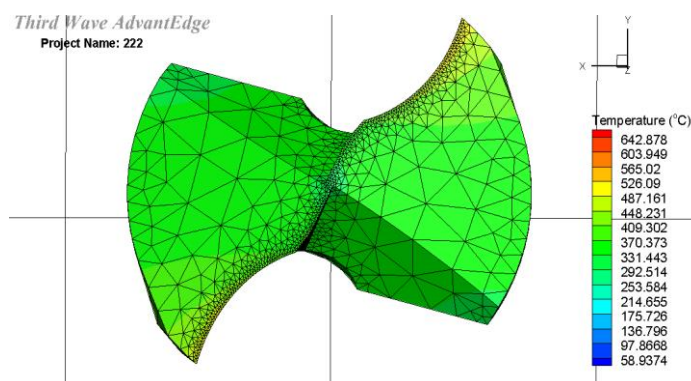


Сурет 4.18 – Температура диаграммасы

4.15- суретте көрсетілген. Төменгі бетінде тесіктің айқын ізі қалғанын анық көруге болады. Себебі, модельдеу уақыты аяқталғанда, Үшінші толқын кенеттен есептеуді тоқтатады. Бұл құбылыс шпиндель орнында қалуы керек шындыққа ұқсамайды.



Сурет 4.19– Үшінші толқындағы генерацияланған тесік

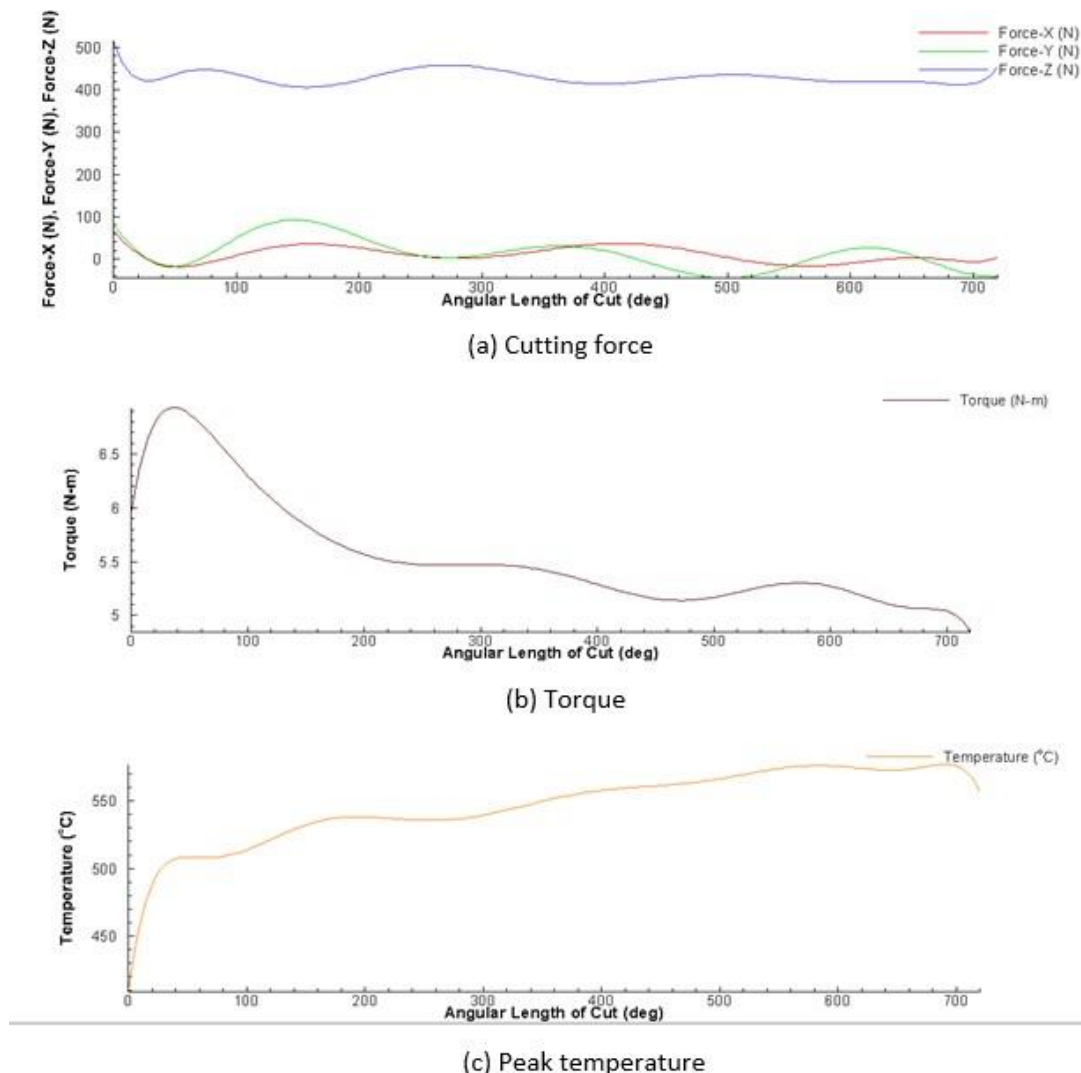


Сурет 4.20 – Кесу жиегі бойынша температураның таралуы

Бұл процесте кесу жиегі дайындамаға толығымен үлкен әсер етеді, ол тірек жасайды. Максималды күш 00Н. 6.10-суретте осы модельдеуде

құрылған тесік көрсетілген. Айналым моменті бірінші іске қосу кезінде $7\text{Н}\cdot\text{м}$ -ге үлкен секіруді көрсетеді, шпиндельді 50 градусқа бұрған кезде ол $5,2\text{Н}\cdot\text{м}$ -ге дейін төмендейді және $5,4\text{Н}\cdot\text{м}$ шамасында қалады.

Жоғары айналу жылдамдығымен кесу кезінде пайда болатын үйкеліс салдарынан температура аздап көтеріледі.



Сурет 4.21 – – Үшінші толқындағы тереңдік процесінің басталуын болжау нәтижесі

Кожмин және оның әріптестері 2010 жылы салқын қалыптау үшін D3 болатты кесуге арналған цементтелген қатты қорытпалы бұрғы көмегімен кесу күшін болжау үшін эксперименттер жүргізді. Оның экспериментінде тарту және айналу моменті сәйкесінше 2600Н және 11н құрайды. Бұл цементтелген қатты қорытпалы кескіш құрал кем дегенде 2600 Н тарту күші мен 11н айналу моментіне төтеп бере алатынын білдіреді. Менің дипломдық жұмысымда максималды тарту= 500Н , айналу моменті= 7нм және ең жоғары температура 550°C . Бұл мәліметтер эксперименттік сілтемеге сәйкес келеді. Осылайша, осы жобаланған бұрғылаудың кесу өнімділігі қолайлы.

Бұрғылау кезінде бұрғылау бөлшектері мен тесіктердің күйін зерттеу жүргізілді және келесі қорытындылар жасалуы мүмкін:

Бұрғылау күйі: бұрғылау күйі бұрғылау процесіне және тесік сапасына тікелей әсер ететіні анықталды. Жаңа немесе жақсы қайралған бұрғылауды қолдану тиімдірек және сапалы бұрғылауға әкеледі. Тозу іздері, жарықтар немесе басқа зақымдары бар бұрғылар тесіктердің біркелкі тудыруы мүмкін, бұрғылау процесін қиындатады және дәлдікті төмендетеді.

Бұрғылау параметрлері: бұрғылау жылдамдығы, беру және майлау сияқты бұрғылау параметрлері бұрғылау бөліктерінің күйіне және тесу сапасына айтарлықтай әсер етеді. Бұрғылаудың дұрыс емес параметрлері бұрғылаудың қызып кетуіне, чиптердің пайда болуына, бұрғылау бөліктерінің жабысып қалуына және мерзімінен бұрын тозуына әкелуі мүмкін.

Терең тесіктерді бұрғылау үшін әртүрлі құралдарды қолдануға болады, соның ішінде жалпақ ұшты бұрғылар, спиральды бұрғылар, ойық бұрғылар және т.б. Бұрғылау материалын таңдауға әсер ететін негізгі факторлардың бірі – оның қаттылығы мен беріктігі. Бұрғылау үшін ең көп таралған материалдардың бірі – жоғары жылдамдықты болат (HSS). Ол жоғары қаттылыққа ие және көптеген материалдарды, соның ішінде болат, алюминий, мыс және т.б. өңдеуге қабілетті.

Тесіктерді бұрғылау үшін аспаптық болаттардан, тезкескіш болаттардан, сондай-ақ қатты қорытпалардан жасалған спиральды бұрғылар қолданылады. Бұрғылар тезкескіш, легирленген және көміртекті болаттардан жасалған, сонымен қатар қатты қорытпалардан жасалған тақтайшалармен жабдықталған.

Терең тесіктерді бұрғылауға арналған аспаптық материалдардың тағы бір маңызды қасиеті - ыстыққа төзімділік. Керамика, кобальт негізіндегі қорытпалар немесе тот баспайтын болат сияқты ыстыққа төзімділігі жоғары материалдар жоғары температураны тиімді басқара алады және құралдың қызып кетуіне және деформациялануына жол бермейді. Материалдардың химиялық төзімділігі де маңызды фактор болып табылады. Никель немесе титан негізіндегі қорытпалар сияқты кейбір материалдар жоғары химиялық төзімділікке ие және құрамында қатты химиялық заттар бар күрделі ортада терең тесіктерді бұрғылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Болат, алюминий, композиттер және т.б. сияқты әртүрлі материалдар оңтайлы өнімділік пен бұрғылау сапасына қол жеткізу үшін әртүрлі аспаптық материалдарды қолдануды қажет етуі мүмкін. Терең тесіктерді бұрғылауға арналған аспаптық материалдарды зерттеу олардың қасиеттерін сынау мен бағалауды, сондай-ақ жаңа материалдар мен технологияларды әзірлеуді қамтиды. Осы саладағы үздіксіз зерттеулер терең тесіктерді дәлірек және өнімді бұрғылауға мүмкіндік беретін өнімділігі жақсартылған тиімдірек жасанды материалдарды жасауға бағытталған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Берілген дипломдық жобада терең тесікті өңдеуге арналған бұрғылардың қандай аспаптық материалдардан жасалатыны жөнінде ақпарат берілген. Терең тесікті өңдеуге арналған бұрғылардың типі мен негізгі конструкциялық параметрлері көрсетілген. Дипломдық жобада ең жиі қолданылатын спиральдық бұрғыны жобалау негізге алынды.

Дұрыс аспаптық материалдарды пайдалану терең тесіктерді тиімді бұрғылау үшін өте маңызды. Қолайлы материал ұзақ жұмыс кезеңдеріне және жоғары жүктемелерге төтеп беру үшін жоғары беріктікке, қаттылыққа және тозуға төзімділікке ие болуы керек. Жоғары жылдамдықты болат (HSS) және вольфрам карбидтері (WC) сияқты болат материалдар терең тесіктерді бұрғылау үшін танымал таңдау болып табылады. Олар жоғары қаттылық пен беріктікке ие, бұл оларға жоғары температура мен кесу күштерін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Аспаптық материалды таңдаудағы маңызды фактор- бұл тесіктің өлшемі. Терең тесіктерді бұрғылау үшін қызып кетудің алдын алу және бұрғылау дәлдігін жақсарту үшін арнайы ұзын мойын бұрғыларын немесе қосымша салқындату жүйелерін пайдалануға болады. Аспаптық материалды таңдаудағы маңызды фактор-бұл тесіктің өлшемі. Терең тесіктерді бұрғылау үшін қызып кетудің алдын алу және бұрғылау дәлдігін жақсарту үшін арнайы ұзын мойын бұрғыларын немесе қосымша салқындату жүйелерін пайдалануға болады.

Бұрғының параметрлері, соның ішінде материалы, габариттік өлшемдері мен күштік құрауыштары аналитикалық түрде есепеліп, CAD жүйеде 3Д моделі жобаланды. Шекті элементтер әдісі бойынша торға бөлініп жүктеме әсерінің нәтижелері алынды. Бұрғыны жобалауда таңдалынып алынған материалдың бұрғылау процесі кезінде қандай көрсеткіш көрсететінін байқау мақсатында программада эксперименттік пластина алынып бұрғылау процесі жүргізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Малков, С.Н. и Хлопов, Е.В. Технология сверления. Машиностроение, 2016.
- 2 Коротков, А.Н. Сверление отверстий в металлах. Логосфера, 2013.
- 3 Куликов, В.А. Многоцелевые сверлильные и центровочные станки. Машиностроение, 2012.
- 4 Тарасов, И.Л. Технология металлорежущих станков. Бином, 2014.
- 5 Локшин, Е.П., и др. Механизированное сверление и растачивание отверстий в металлах. Сибирское университетское издательство, 2015.
- 6 Белов, В.Н. Материаловедение инструментальных материалов. Машиностроение, 2015.
- 7 Козырев, В.Г. Сверление и растачивание металла. Логосфера, 2014.
- 8 Абдуллин, Р.Г. Инструментальные материалы и покрытия для обработки деталей. Логосфера, 2015.
- 9 Карпенко, В.А. Технология механической обработки: Сверление и растачивание. Солон-Пресс, 2013.
- 10 Сироткин, В.А., Марков, Ю.Н., Пивоваров, А.М. Технология обработки металлов давлением: Учебное пособие. Колос, 2014.
- 11 Крылов, В.Н., Семенов, Ю.В., Мухин, В.Н. Металлорежущие станки и инструменты: Учебное пособие. Академия, 2014.
- 12 Петров, А.С. Механическая обработка металлов: Учебник для вузов. Лань, 2017.
- 13 Чудинов, В.Н. Технология сверления глубоких отверстий: Учебное пособие. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
- 14 Малышев, А.А., и др. Технология сверления отверстий. Машиностроение, 2012.
- 15 Голышкин, В.Л. Инструментальные материалы: Учебник для вузов. Издательство Машиностроение, 2014.