

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру
институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

УДК 621.548.3(574)

Қолжазба құқығында

Әбдіходжаев Жарас Бақытұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы Ауыр жүктелген тісті берілістердің тозуға төзімділігін
арттыру әдістерін зерттеу

Дайындау бағыты 6М071200 - Машина жасау

Ғылыми жетекші,
техн.ғыл. канд-ты, ассоц.профессор

_____ А.Т.Альпеисов

« ___ » _____ 2020 ж.

Оппонент,
техн.ғыл. канд-ты, ассоц.профессор

_____ Е.Б.Калиев

« ___ » _____ 2020 г.

Норма бақылаушы,
техн.ғыл.магистры, лектор

_____ Ә.Ж.Жанкелді

« ___ » _____ 2020 г.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ИИ кафедрасы меңгерушісі,
PhD докторы

_____ Б.С.Арымбеков

« ___ » _____ 2020 г.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

6M071200 – Машина жасау

БЕКІТЕМІН

ӨИ кафедрасы меңгерушісі,
доктор PhD

_____ Б.С.Арымбеков
« _____ » _____ 2020ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Әбдіходжаев Жарас Бақытұлы

Тақырыбы «Ауыр жүктелген тісті берілістердің тозуға төзімділігін арттыру әдістерін зерттеу»

Университет ректорының «29» қазан 2018ж. № 1200-м бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі 2020 жылғы «09» шілде

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері ауыр жүктелген тісті берілістердің тозуға төзімділігін арттыру әдістерін зерттеу проблемалары және ерекшеліктері, шарлы диірмендердің пайдалануы және ерекшеліктері, өндірістік және зерттеу практикалардың мәліметтері, тетіктердің техникалық сипаттамасы.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі: а) Кен байыту өндірісіндегі шарлы диірмендерді пайдалануына шолу. Заманауи шарлы диірмендер және олардың кемшіліктері; б) Шарлы диірмендердің тісті берілістерінің конструктивтік параметрлерін теориялық зерттеу; г) Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерді дайындау технологиясын зерттеу.

Сызбалық материалдардың тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс) 25 слайдтан құрылған, қосымша мәліметтер ұсынылған

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 1. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970. – 395 с.

2. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М. : Высшая школа, 1991. – 320 с.

3. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М. : Недра, 1980. – 415с.

Магистрлік диссертациян дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кен байыту өндірісіндегі шарлы диірмендерді пайдалануына шолу. Заманауи шарлы диірмендер және олардың кемшіліктері.	30 қазан 2018 ж. 03 ақпан 2019 ж.	
Шарлы диірмендердің тісті берілістерінің конструктивтік параметрлерін теориялық зерттеу.	09 наурыз 2019 ж. 31 желтоқсан 2019 ж.	
Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерді дайындау технологиясын зерттеу.	05 ақпан 2020 ж. 04 маусым 2020 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілері мен
норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертацияның негізгі бөлімдері	А.Т.Альпеисов, техника ғылымдарының кандидаты, ассоциаланған профессор	07.06.2020 ж.	
Норма бақылаушы	Ә.Ж.Жанкелді, техн.ғыл.магистры, лектор	10.06.2020 ж.	

Ғылыми жетекші _____ А.Т.Альпеисов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Ж.Б.Әбдіходжаев

Күні

« 30 » қазан 2018 ж.

Аңдатпа

Қазіргі заманауи машина жасау саласында ауыр жүктемелі тісті берілістер өте көп кездеседі. Сондықтан тісті дөңгелектердің тез тозуы немесе мүлде сынуы өзекті мәселелердің біріне айналуда. Бұл жұмыста тісті дөңгелектердің қолдану аймағын, оның ерекшеліктерін, тісті дөңгелектерді өңдеу процесстерінде жіберілетін қателіктерді (технологиялық, материалды таңдау, білдектердің ауытқуы) қарастырдым.

Технологиялық ауытқулар, бұйымның жасалу материалы және химиялық құрамы, физикалық қасиеттері де зерттелді. Тісті дөңгелекті өңдеу процесін дұрыс таңдау, яғни қалыптасқан дәстүрлі машина жасау саласындағы технологиялық операцияларды дамытып, оған елімізде дамып келе жатқан химиялық инженерияны да қосу арқылы мақсатқа қол жеткізу. Сонымен қатар аддитивті өндіріс арқылы алынған тісті дөңгелектің сапасы да зерттелді.

Аннотация

В данный момент в сфере современного машиностроения используются тяжело нагруженные зубчатые передачи. Исходя из этого поломка и износостойкость зубчатых колес является одним из актуальных проблем. В этой работе представлен спектр использования зубчатых колес, его особенности, так же ошибки при изготовлении (технологические, выбор материала, отклонение станков).

Были изучены технологические отклонения при изготовлении материала, химический состав, физические свойства деталей. Правильный выбор обработки зубчатых колес, то есть использование традиционные методы технологических операций машиностроения. И добавить к этому методу развивающуюся сейчас химическую инженерию. Так же исследование зубчатые колес, полученные новыми методами аддитивного производство.

Annotation

Currently in the field of modern engineering heavy-duty gears are used. On this basis, the breakdown and wear resistance of gears is one of the urgent problems. This work presents the spectrum of the use of gears, its features, as well as manufacturing errors (technological, material selection, machine deviation).

The technological deviations in the manufacture of the material, the chemical composition, and the physical properties of the parts were studied. The right choice of gear processing, that is, the use of traditional methods of technological operations of mechanical engineering. And to add to this method the chemical engineering which is developing now. Also research gears obtained by new additive manufacturing methods.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе.....	6
1	Кен байыту өндірісіндегі шарлы диірмендерді пайдалануына шолу.....	9
1.1	Шарлы диірмендердің конструктивтік-технологиялық ерекшеліктері...	9
1.2	Шарлы диірмендердің жұмыс ерекшеліктері мен талдау.....	12
1.3	Шарлы диірмендердің кинематикалық параметрлері.....	13
1.4	Заманауи шарлы диірмендер және олардың кемшіліктері.....	18
1.5	Шарлы диірмендердің тісті беріліс тістерінің тозуы.....	21
2	Шарлы диірмендердің тісті берілістерінің конструктивтік параметрлерін теориялық зерттеу.....	27
2.1	Тісті берілісті геометриялық есептеу.....	27
2.2	Тісті берілістің сапалық көрсеткіштерін талдау.....	30
2.3	Геометриялық параметрлерді зерттей келе тісті дөңгелектерді жасау....	34
2.4	Тісті есептеу мен жасаудың кейбір аспектілерін талдау.....	38
2.5	Шарлы диірмендердегі жетектің динамикалық параметрлерін зерттеу..	41
2.6	Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерінің беріктігін арттырудың технологиялық тәсілдері.....	46
3	Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерді дайындау технологиясын зерттеу.....	46
3.1	Шарлы диірмендердің тісті берілістерді жасаудың технологиялық ерекшеліктері.....	52
3.2	Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерін жасаудың технологиялық процесі.....	55
3.3	Тіс кесу құралдарын қолдану.....	61
3.4	Цилиндрлі тісті дөңгелектерді бақылау әдістері мен құралдары.....	68
	Қорытынды.....	72
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	73

КІРІСПЕ

Зерттеудің өзектілігі. Заманауи машина жасау саласында тісті дөңгелектердің тез тозуын болдырмау, оның сапасы және қызмет көрсетуінің ұзақтылығын арттыру қажет. Себебі бұл мәселе барлық ауыр жүктемелі тісті берілістерде кездеседі. Тісті дөңгелектердің материалын, оның геометриялық параметрлерін, тісті берілістің қатынасы, физикалық және химиялық қасиеттерін зерттеу барысында ұзақ мерзімді қызметті қамтамасыз ету.

Бағалы пайдалы қазбалары бар тау-кен жыныстарының үлкен көлемі Қазақстанның тау-кен байыту комбинаттарында өңделеді. Оларды ұсақтау және одан әрі өңдеу үшін шарлы және сырықты диірмендер қолданылады. Бүгінде жұқа ұнтақтаудың негізгі агрегаттары шарлы және оларға ұқсас диірмендер болып табылады. Олардың жұмыс элементтері-бұл барабанның резеңке плиталары және оған салынған ұсақ денелер-шарлар, сырықтар, дискілер, ал өзін-өзі ұсақтау диірмендерінде-материалдың ірі бөліктері. Барабанның айналуы белгілі бір биіктікке жетіп, құлап, төмен қарай жылжиды. Шарлы барабанды диірмендердің құрылымын жетілдіру, энергетикалық шығындарды бір уақытта төмендету және өндірілетін өнімдердің сапасын арттыру кезінде олардың жұмысының ұтымды режимдерін белгілеу осы бағытта одан әрі зерттеулер жүргізуді талап етеді.

Шарлы диірмендер болаттан немесе шойыннан жасалған борлаушы денелердің үлкен массасына байланысты ауыр тиелген машиналар болып табылады. Және ұнтақтау процесі және диірмен ішіндегі шарлар қозғалысының қабылданған схемасы соққы сипатында болады. Сондықтан, жетектің тісті берілістері соққы әсерін сезінеді, нәтижесінде тозу олардың жұмыс ресурсын, сондай-ақ тұтастай диірмен ресурсын төмендетеді. Жоғарыда айтылғандардан шарлы диірмендердің тісті ілінісудің тозуға төзімділігі параметрлерін зерттеу, динамикалық жүктемелерді есепке ала отырып, жетектің тісті ілінісуінің жаңа берік технологиясын жасау және шарлы диірмендердің жетегінің ауыр жүктелген тісті дөңгелектерін дайындаудың ресурс үнемдеуші технологиясын жасау өзекті міндет болып табылады.

Шарлы диірмендер зертханалық және өнеркәсіптік болып бөлінеді. Конструкция түрі бойынша бір камералы және екі камералы болып бөлінеді. Конструкцияның негізгі бөлшегі-болаттан, шойыннан және басқа қорытпалардан, кейде қыштан жасалған белгілі бір диаметрлі шариктермен жартылай толтырылған айналмалы барабан. Сондай-ақ, малтатас және шақпақ, одан әрі ұсақтайтын денелер пайдаланылуы мүмкін. Ұсақтағыш денелер диірмен жұмысы кезінде қайта оралып, өңделмеген шикізатты ұнтаққа айналдырады. Шағын шарлы диірмендер айналу тұтқасы бар барабанмен, сондай-ақ айналмалы қозғалысты беру үшін шкивтермен және белдіктермен жабдықталған. Жоғары сапалы шарлы диірмендер шикізатты мөлшері 0,0001 мм түйіршіктерге дейін орап, зат бетінің ауданын едәуір арттырады. Барабанды диірмендер бойынша жіктеледі:

- жұмыс режимі - мерзімді және үздіксіз әрекет;
- ұнтақтау тәсілі-құрғақ және дымқыл ұнтақтау;
- жұмыс сипаты-ашық және жабық цикл бойынша жұмыс істейтін диірмендер;
- борлайтын денелердің формалары-шарлы, сырықты және өздігінен ұсақтайтын (борлайтын денелер жоқ);
- түсіру әдісі-механикалық және пневматикалық түсіру;
- тиеу және түсіру құрылғылары - люк арқылы тиеу және түсіру, қуыс цапфалар арқылы және перифериялық түсіру;
- жетек конструкциялары-орталық және перифериялық жетегі бар

Зертханалық шарлы диірмендерде ең тиімді ұсақтау денелері алюминий тотығынан жасалған шарлар болып табылады, сондай-ақ әртүрлі қатты материалдардан жасалған шарлар (тотықпайтын болат, өте қатты қорытпалар, агат және т.б.) қолданылады. Пиротехникалық қоспаларды өңдеу кезінде керамикалық шарлар қолданылады.

Өнеркәсіпте кіруде шикізатты үздіксіз беретін және дайын өнімді шығаруда өндейтін шарлы диірмендер қолданылады. Жылу электр станцияларында барабанды-шарлы диірмендер көмірді ұнтақтау үшін қолданылады. Шарлы диірмендерді химиялық реакцияның өту мүмкіндігіне байланысты кейбір пиротехникалық қоспаларды өңдеу үшін пайдалануға болмайды.

Жұмыста шарлы диірмендердің технологиялық мүмкіндіктері зерттелді, шарлы диірмен жетегінің тісті іліністерінің тозуға төзімділік параметрлері қарастырылды, шарлы диірмендердің тісті берілістерін жасау технологиясы зерттелді.

Жұмыстың мақсаты шарлы диірмендердің технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу, шарлы диірмендердің тісті берілістерінің тозуға төзімділік параметрлерін қарастыру және оларды дайындау технологиясын талдау болып табылады.

Жұмыс идеясы тозуға төзімділік параметрін таңдау және негіздеу және шарлы диірмендердің тісті берілістерін жасау технологиясын әзірлеу болып табылады.

Зерттеу объектісі: тау-кен байыту өндірісінің шарлы кен айырмалық диірмендері.

Зерттеу пәні: шарлы диірмендердің технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу, шарлы диірмендер жетегінің тісті берілістерін зерттеу.

Зерттеу әдістері. Жұмысты орындау барысында қолданылды: ғылыми-техникалық ақпарат пен патенттік материалдарды талдау; зерттеу нәтижелері машина жасау технологиясының теориялық және практикалық ережелері негізінде алынды; Серпімділік және икемділік теориясы; экспериментті жоспарлау теориясы және деректерді статистикалық өңдеу. Жұмыста стандартты әдістемелер қолданылған тісті берілістердің тозуға төзімділігін арттыруды технологиялық қамтамасыз етудің теориялық және эксперименттік әдістері қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- тау-кен ісінде оларды құрастыру және пайдалану тәжірибесін қолдану үшін заманауи шарлы диірмендердің конструкцияларына шолу жасалды;

- тозуға төзімділікпен байланысты шарлы диірмендердің тісті берілістерінің геометриялық және конструктивтік параметрлерін көрсететін математикалық тәуелділік орнатылды;

- шарлы диірмендер жетегінің тісті берілістерін жасаудың ресурс үнемдейтін технологиясы зерттелді және талданды.

Магистранттың жеке үлесі жұмыстың барлық кезеңдерінде, зерттеудің нақты мақсаттары мен міндеттерін қою кезінде тікелей қатысудан; зерттеу әдістемелерін таңдаудан, дөңгелек диірменнің тісті дөңгелегін дайындау технологиясын зерттеуден, зерттеу нәтижелерін талқылаудан, диссертация тақырыбы бойынша мақалалар жазудан тұрады.

Жұмыстың практикалық және ғылыми маңызы. Жұмыста алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы оларды инженерлік практикада пайдалану мүмкіндігімен анықталады.

Жарияланымдар. Магистрлік жұмыстың негізгі ғылыми ережелері 2019 жылғы Сәтбаев оқуларында баяндалды және жарияланды.

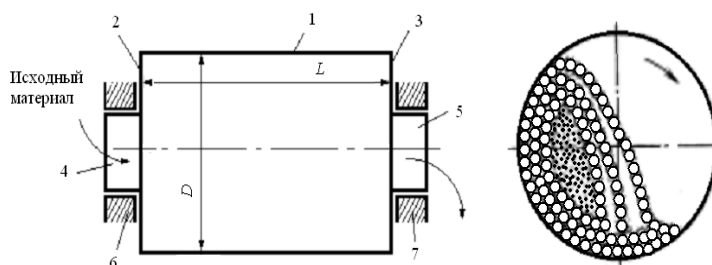
Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.

1 Кен байыту өндірісіндегі шарлы диірмендерді пайдалануына шолу

1.1 Шарлы диірмендердің конструктивтік-технологиялық ерекшеліктері

Қазіргі заманғы ең өзекті технологиялық проблемалардың бірі – бұл шикізат материалдарының әртүрлі түрлерін ұнтақтауын арттыру, сенімді және көпфункционалды жабдықтарды жасау, аса жұқа және меншікті энергия шығынын азайту. Технологиялық операция ретінде ұсақтау – барлық заманауи материалдық өндіріс негізделген іргетас. Әр түрлі өнімдерді өндіру процесінің күрделілігі мен энергия сыйымдылығы ұнтақ материалдарының сапасына, қасиеттеріне байланысты. Материалдарды ұсақтау және ұсақтау процестеріне әлемде өндірілетін барлық электр энергиясының 20% - дан астамы жұмсалады. Әлемде 110 мың минералдар кен орны тіркелген. Олардың әрқайсысына орта есеппен 5-10 шарлы диірмендер қолданылатын кәсіпорын салынды. Шарлы диірмендерге Шикізат материалдарын өңдеудің әлемдік көлемінің 95% - ына дейін келеді [2].

Шарлы диірмен-шарлар түріндегі ұсақтайтын ортасы бар цилиндрлік барабандар, кенді ұсақтау үшін қолданылатын негізгі агрегаттардың бірі болып табылады. Схемасы процесс ұсақтау материалды барабанды диірменде көрсетілген суретте 1.1. Қуыс барабан айналғанда ұсақталатын материал мен борлы денелердің қоспасы алдымен барабанмен бірге айналмалы траекториямен қозғалады, содан кейін қабырғалардан ажырап, параболалық траекторияға түседі.



1-барабан, 2, 3-бүйір қақпақтар, 4, 5-қуыс шет мойын

Сурет 1.1. Барабанды диірменнің жұмыс істеу принципі

Айналу осіне жақын орналасқан қоспаның бөлігі қоспаның қабаттары бойынша төмен оралады. Ұсақтау материалды нәтижесінде жүреді, үйкеліс кезінде салыстырмалы қозғалысы борлы денелерді және бөлшектердің материал салдарынан, сондай-ақсоққы [4].

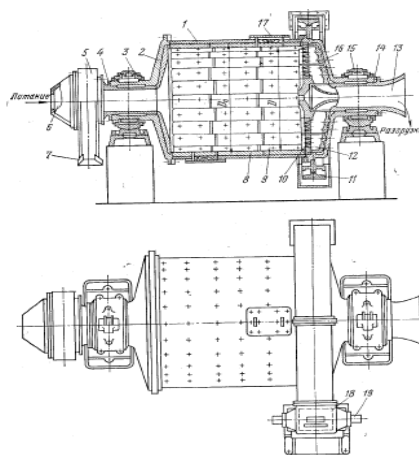
Барабанды диірмендердің құрылымдық типтері ұсақтағыш денелердің түрі, барабан пішіні, ұсақтау тәсілі және ұсақталған өнімді түсіру тәсілі бойынша ерекшеленеді. Байыту фабрикаларында түсіру торы бар шарлы және рудалы диірмендер, орталық жүк түсіретін шарлы диірмендер, орталық жүк түсіретін өзекті диірмендер, "Каскад" типті ылғалды өздігінен ұсақтауға

арналған кендірмендері, "Аэрофол" типті құрғақ өздігінен ұсақтауға арналған кендірмендері қолданылады.

Орталық жүк түсіретін шарлы диірмендерде қойыртпа деңгейінің айырмашылығы тиейтін және түсіретін ұштарышамалы, материал диірмен бойымен салыстырмалы түрде баяу қозғалады және ұсақтаудың жұқа өнімі алынады.

Барабанның негізгі өлшемдері барабанның ішкі диаметрі және оның жұмыс ұзындығы болып табылады.

Шарлы диірмен бастап түсіру торы – кестеде көрсетілген, барабанды шет жақты қақпағы және тиейтін және жүк түсіретін шет мойынтірілген мойынтіректер.



1 - барабан, 2 –шетжақты қақпақ, 3 - мойынтірек, 4 –жүктелінетін шетмойын, 5-қуат көзі, 6-орталық тесік, 7-күнқағар, 8-бронь тақтасы, 9-алмалы-салмалы бұрандама, 10-тор, 11-тісті тәж, 12-лифтер, 13 - мойын, 14 - шетмойын, 15 - мойынтірек, 16-бүйір қақпағы, 17-люк, 18-кіші тісті доңғалақ, 19-жетек білігі

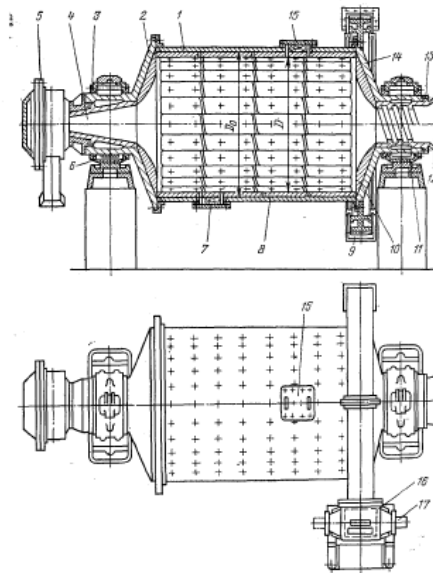
Сурет 1.2-жүктеме торы бар шар диірмені

Барабан электр қозғалтқышынан жетек білігіне отырғызылған шағын тістегершік және барабанға бекітілген тісті тәжі арқылы айналады.

Үлкен көлемді диірмендерде тыныш жүретін электр қозғалтқышы иілмелі муфтаның көмегімен жетек білігіне қосылады, ал шағын көлемді диірмендерде электр қозғалтқышы редуктор арқылы осы білікке қосылады.

Шарлы диірмендердің өлшемдері және олардың негізгі сипаттамалары МЕСТ 10141-91 берілген.

Шарлы диірмендер орталық ауырлықпен МШЦ-кестеде көрсетілген 1.3 конструктивті бірдей диірменде шарлы диірмен арқылы торды МШР. Ол цилиндрлік барабаннан тұрады, олар арқылы барабан мойынтіректерге тіреледі. Барабан мен қақпақтардың ішкі беті футерлеу плиталарымен жабылған. Барабанның айналуы электр қозғалтқышынан білікке отырғызылған жетекші тістегершігі және барабанға бекітілген веналық тістегершігі арқылы жүргізіледі.



1 - барабан, 2 - бүйірқақпағы, 3 - қуыстышетмойын, 4 - тиеукұйғышы, 5 - қоректендіргіш, 6 - мойынтірек, 7 - люк, 8-қаптамалықтақта, 9-веналықтістегершік, 10-қаптамалықтақта, 11-мойынтірек, 12-түсірушұңқыры, 13-қуыстышетмойын, 14 - бүйірқақпағы, 15-люк, 16-жетекшітістідоңғалақ, 17-білік

Сурет 1.3-орталықтан жүктелінетін шардиірмені

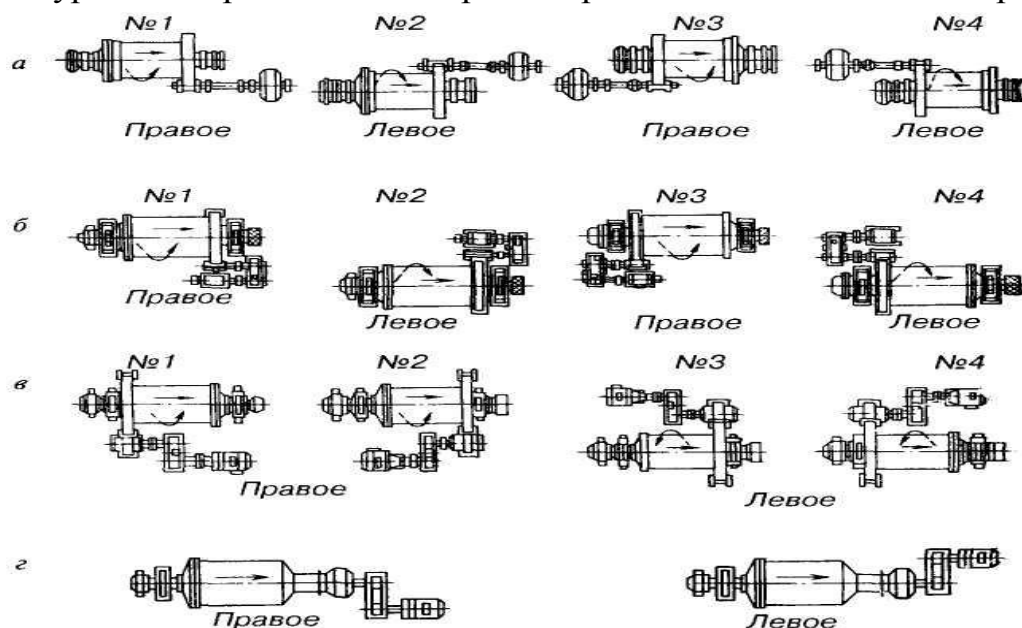
Диірмен қозғалтқыштарының барабанмен диаметрі 2700 мм кем емес, ол 220, 380 и 660В кернеуге есептелінген[6].

1.4 суретте Балхаш кен-байыту фабрикасындағы шарлы диірмендермен жұмыс жасау участкесі көрсетілген (БКФ).



Сурет 1.4 –Балхаш кен-байыту фабрикасындағы шарлы диірмендермен жұмыс жасау участкесі

1.5 суретте қазіргі заманғы шарлы диірмен жетектің схемасы көрсетілді.

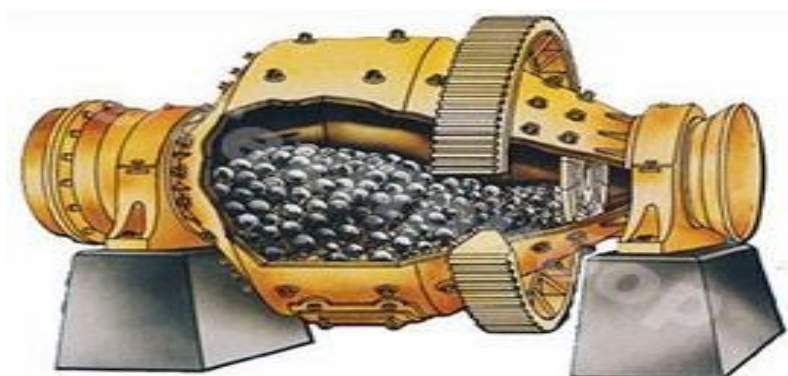


Сурет 1.5–Редукторсыз (а) және редуктормен (б, в, г) диірмен жетегінің орналасу схемасы

Төмен жиіліктегі электр қозғалтқыштары бар диірмендердің дәстүрлі жетектері бар диірмендердің алдында бірқатар артықшылықтары бар, оның ішінде меншікті алаңды азайту (9x3 сабын үшін 50% - ға), ПӘК-ті 6-8% - ға көтеру, тісті элементтердің болмауы [9].

1.2 Шарлы диірмендердің жұмыс ерекшеліктері мен талдау

Қатты заттардың аз мөлшерін ұнтақтау үшін зертханаларда электр жетегі бар виброшар диірмендері қолданылады. Конструкцияның негізгі бөлшегі-Болат, керамикалық немесе қақпағы бар ағат стакан, жартылай стақан тәрізді материалдан 5-6 мм диаметрлі шариктермен толтырылған. Сонымен қатар, зертханалық практикада планеталық шар диірмендері қолданылады.



1.6 сурет – Шарлы диірмен құрылғысы және барабандағы шарлар қозғалысының схемасы

Шарлы диірмендер әртүрлі технологиялық схемаларда (ашық немесе жабық циклде) жұмыс істейді және ұсақтау денелерінің (шарлар) көмегімен жұқалығы бойынша біртекті ұсақтау өнімін алуға мүмкіндік береді.

Диірменнің өнімділігі ұсақталатын материалдардың қасиеттеріне (беріктігі, ұнтақтауға қабілеттілігі), кіре берістегі материалдардың ірілігіне (50 мм-ге дейін), материалдардың ылғалдылығына (0,5% - ға дейін), ұнтақтаудың нәзіктігіне, қоректенудің біркелкілігіне, ұсақ денелер мен материалмен толтыруға байланысты.

- Шардың диаметрі —30 мм-ден жоғары
- өңделетін шикізаттың ірілігі (кіре берісте) — 50 мм дейін
- ұнтақтаудың нәзіктігі (шығуда) - 2 мкм дейін
- барабанның диаметрі-900 мм
- барабанның ұзындығы-1500 мм
- барабанның көлемі-0,9 м³
- электр қозғалтқышының қуаты - 18 кВт
- жұмыс кернеуі-380 В
- өнімділігі-2 т/сағ бастап
- салмағы-5 т бастап

Шарлы диірмендер әр түрлі кенді және кенсіз пайдалы қазбаларды, әр түрлі қаттылықтағы құрылыс материалдарын құрғақ және дымқыл тартуға арналған.

Шарлы диірмендердің артықшылықтары:

- Жоғары өнімділік.
- Ұнтақтаудың біртектілігі
- Дизайнның қарапайымдылығы мен сенімділігі
- Жиілікті түрлендіргішті қолдану .
- Құрамында марганец жоғары тозуға төзімді болаттан жасалған Футеровка.

Бүгінгі күні бекітілген шарлы диірмендердің ең ірілері-20770 а.к. / 15500 кВт қуаты 20770 а. к. / 11.74 м ұзындығы 7.93 м Metso Minerals диірмендері. Бұл Шетмойынға сүйенетін диірмендер, оларды дайындауға тапсырыс Чилиден (мыс кәсіпорын) алынған.

1.3 Шарлы диірмендердің кинематикалық параметрлері

Шарлы диірменнің ішкі көлемі көбінесе Борлы денелердің тығыздығына және олардың диірменнің ішкі кеңістігінің көлемін толтыру дәрежесіне және оған шарларды салу тәуелді пайдалы жүктеме болып саналатын болатты немесе шойын шардармен толтырылады.

Соғылған және қатырылған болат шарлардың тығыздығы орта есеппен 7,8 г/см³, құйма - 7,5 г/см³; құйма сапасы төмен шойын - 7,1 г/см³, кремний малтатасы 2,5-2,6 г/см³.

Ішкі көлемді шарлармен толтыру 50% - дан асады, ал қалған 48% - ы шарлар арасындағы аралықтардың үлесіне тиесілі [10, С.196].

Тиеу көлемін 60% т / м³ толтырған кезде болат шарлардың көлемдік массасы, орта есеппен 4,6 т / м³

Ішкі өлшемі D*L диірмендегі шарлар көлемін толтыру дәрежесі кезінде шарлар салмағын $m_{ш}$ (метрмен) мынадай формула бойынша анықтайды:

$$m_{ш} = 4,6\varphi \frac{\pi D^2}{4} L = 3,61\varphi D^2 L, \quad (1.1)$$

Барабанды диірмендердің пайдалы қуатын есептеу кезінде тиеу тығыздығын ұсақтаушы денелер арасындағы қойыртпақ қуыстарын толтыруды ескере отырып анықтау керек. Диірмендегі қойыртпақ тығыздығы мынадай формула бойынша анықталады:

$$\delta_{II} = \frac{\delta_p}{\delta_p - p(\delta_p - 1)}, \quad (1.2)$$

Мұндағы δ_{II} және δ_p - қойыртпақ пен кеннің тығыздығы, т/м³;

p - қойыртпақтағы қатты (салмағы бойынша), бірлік үлесі; шарлы диірмендер үшін $p \approx 0,8$.

Осылайша, қойыртпақ қуыстарын толтыруды ескере отырып, жүктеудің көлемдік массасы (т/м³) болады:

- шарлы жүктеу үшін:

$$\gamma_{ш} = 0,6(7,5 \div 7,8) + 0,4\delta_{II}, \quad (1.3)$$

Нақты толтыру (%) диірмен тоқтатылған кезде мынадай формула бойынша бағалануы мүмкін:

$$\varphi = 113 - 126 \frac{H_B}{D}, \quad (1.4)$$

где H_B - диірменнің жоғарғы жағынан стационарлық тиеудің жоғарғы жағына дейінгі ішкі қашықтық, м;

D - футеровкасы бар диірменнің ішкі диаметрі, м.

Диірменнің механикалық режимін анықтайтын негізгі параметр барабанның бұрыштық айналу жиілігі болып табылады. Көбінесе әмбебаптылық үшін оның орнына сыни айналу жиілігінің үлесінде салыстырмалы шаманы пайдаланады. Мұндай жиілік деп барабанның ішкі бетіндегі материалдық бөлшектер үшін жоғарғы қалыпта ауырлық күші ортадан тепкішпен теңестіріледі, ал бөлшектің өзі центрифугалайды. Механикалық режимнің тағы бір маңызды параметрі-барабанды толтыру коэффициенті:

$$\varphi = \frac{V_{из}}{V} \quad (1.5)$$

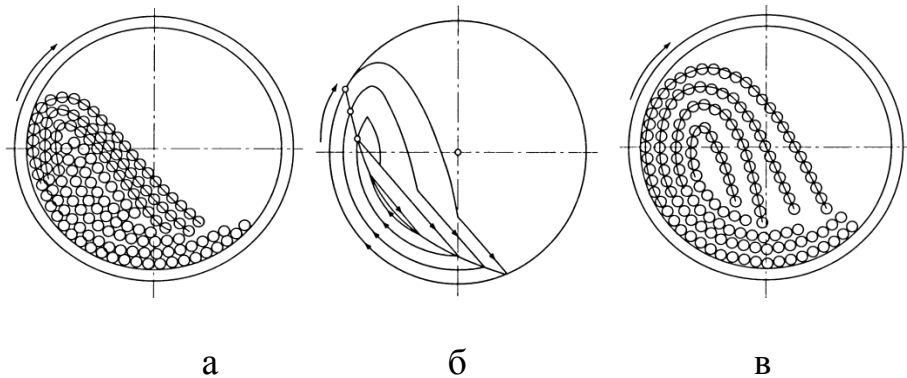
мұндағы $V_{из}$ -диірменді жүктеу көлемі, м³;

V -барабанның жұмыс көлемі, м³.

Мәндерге байланысты және диірменнің келесі жылдамдық режимдерін ажыратады:

- Борлы денелерді олардың ұшуынсыз ауыстыратын каскадтық режим;
- аралас, ішінара қайта ораумен және денелерді ұшумен;
- сарқырамалы (катарактылы), негізінен денелердің ұшуымен ($\psi < 1$);
- доңғалақ режимі.

Жұмыс режимі каскадты диірмендер үшін іске қосқаннан кейін аймақ ішіндегі тиеу табиғи еңістің бұрышына жақын шекті бұрышқа бұрылады (1.7-сурет). а), ал аралас режимде (1.7 сурет). Б) жүктеудің бір бөлігі еркін ұшу траекториясына ие, ал каскадты режимге тән траекторияның бір бөлігі. Бөліктердің еркін ұшуы бар аймақішілік жүктеменің жұмыс режимі сарқырама деп аталады (1.7 сурет). в) [9, с. 48].

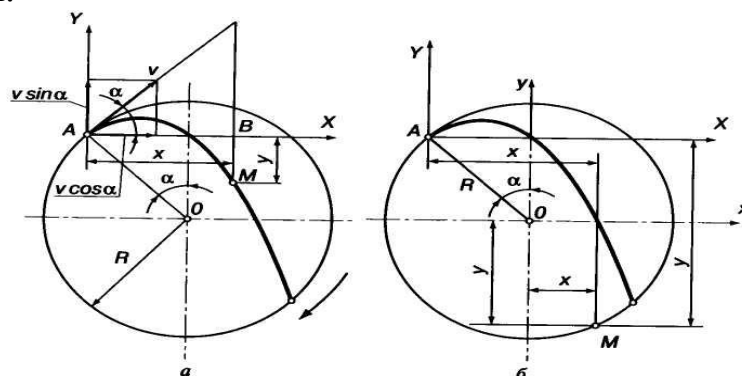


а - каскадтық б -аралас в -сарқырамалы.

Сурет 1.7–Жүктеу контуры

Барабанды диірмендерді шарлы жүктеменің қозғалыс теориясының негіздері Э. Дэвиспен әзірленген. Кейіннен олар В. А.Олевский, Н. П. Неронов, Л. В. Левенсон, В. П. Ромадин , М. Рооз Р. М. Сулливанмен және басқа да зерттеушілермен бірге нақтылап, толықтырып отырды.

Шарлы диірменнің кинематикасын зерттеу кезінде Дэвистің классикалық теориясының ережелері негізінде есептеу ретінде 1.8-суретте көрсетілген сызба қабылданды.



а-еркін ұшу траекториясының басындағы шар жылдамдығының құрамдас бөлігі; б-шардың еркін ұшу траекториясының тән нүктелері

Сурет 1.8 шарлар құлау траекториясының параметрлерін анықтауға арналған

Дэвис бойынша еркін құлау траекториясына көшкенде шардың салыстырмалы түрде көлденең бағытталған сызықтық жылдамдығы бар:

$$v_x = v \cos \alpha, \quad (1.6)$$

$$v_y = v \sin \alpha \quad (1.7)$$

Координаталардың осьтерін А нүктесінде ұшу басталғаннан бастап t уақыты үшін орналастыру кезінде М нүктесі мынадай координаталарға ие болады:

$$x = tv \cos \alpha, \quad (1.8)$$

$$y = tv \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad (1.9)$$

Бұл ретте бөлшек қозғалысының траекториясы парабола түріне ие:

$$x^2 + y^2 - 2xR \sin \alpha + 2yR \cos \alpha = 0 \quad (1.10)$$

Шар айналмалы траекторияға, сондай-ақ еркін ұшу кезінде параболаның шыңдарына көшудің тән нүктесі үшін (1.9-сурет) мынадай өрнектер әділ болады:

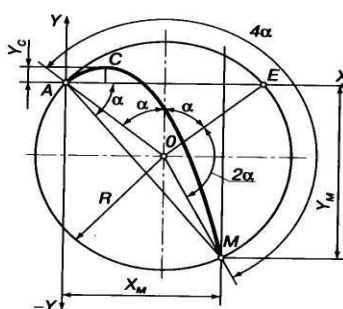
$$x_i = 4R \sin \alpha \cos^2 \alpha,$$

$$y_i = -4R \sin^2 \alpha \cos \alpha,$$

$$x_c = 4R \sin \alpha \cos^2 \alpha,$$

$$x_c = 0,25x_i$$

$$y_c = 0,125y_m. \quad (1.11)$$



Сурет 1.9–Бөлшектер қозғалысының траекториясының тән нүктелері

Каскад режимінде қуат мынадай формула бойынша анықталады:

$$N_0 = \frac{2L\gamma\psi g^{1.5} R^{2.5}}{3000} \sin^3 \frac{\Omega}{2} \sin \theta \quad (1.12)$$

Барабан көлемі Каскад режимінің пайдалы қуаты В. А. Олевскийдің жалпылама формуласының түрін қабылдайды:

$$N_0 = A_\gamma V \sqrt{D} S_0, \quad (1.13)$$

Айнарудың тұрақты жиілігінде және борлаушы ортамен толтырғанда, вимельникті жүктеменің қуаты ұсақталатын материал бойынша өнімділікке байланысты емес. Сонымен қатар, барабанның футеровкасы тозған кезде артады. Әр түрлі өлшемдегі диірмендер үшін бірдей толтыру және айналу жиілігі кезінде бұрыштар мен жүктеулер іс жүзінде тұрақты болып қалады. Бұл (1.12) келесі формуланы алуға мүмкіндік берді:

$$N_0 = k_0 D^{2.5} L \quad (1.14)$$

Мұндағы k_0 - коэффициент.

Сарқырама режимінде диірменнің пайдалы қуатын Д. К. Крюковтың графоаналитикалық әдісімен анықтауға болады. Бұл жағдайда барабанның футеровкасына қатысты жүктеменің сырғуы жоқ, ал қуат өрнегі бойынша болады. [18]:

$$N_0 = \sqrt{\frac{gD}{200}} \psi L \sum T \quad (1.15)$$

Мұндағы $\sum T$ -барабанның 1 м ұзындығына жиынтық тангенциалды күш, Н. Пайдалы қуат механикалық энергияның ұқсастық критерийі арқылы анықтау ұсынылады:

$$K_m = \frac{\pi N_{u\sqrt{D}}}{30\psi g^{1.5} \gamma_u} \quad (1.16)$$

Барабанның осіндегі толық қуат үш қоспадан тұрады, атап айтқанда:

$$N_\sigma = N_0 + N_{x.x} + N_{\sigma\sigma}, \quad (1.17)$$

Мұндағы N_0 -керекті қуат.

Қозғалтқыштың білігіндегі қуат:

$$N_e = \frac{N_0}{\eta}, \quad (1.18)$$

Мұндағы η -берілістің пайдалы қозғалысының коэффициенті

Екі сатылы беріліс үшін редуктор – тісті тістегермен ілінісуді құрайды $\eta = 0,9 \div 0,92$ бір сатылы беріліс үшін $\eta = 0,95$ [20].

Бос жүрістің қуатын анықтау үшін формула қолданылады:

$$N_{x.x} = 3\sqrt{2\sqrt{D_0 L_\psi}}, \quad (1.19)$$

Мұндағы D_0 -барабанның номиналды параметрі, м.

Ұсақтағыш орта болған кезде пайда болатын мойынтіректердегі үйкеліске қосымша шығындар бос жүрістің шығындарына пропорционалды. Бұл ретте пропорционал коэффициенті диірменнің толық жүктелу салмағының қалған айналмалы бөліктердің массасына қатынасы тең, яғни:

$$N_{don} = K_u N_{x.x}. \quad (1.20)$$

Коэффициент K_u диірменнің мөлшеріне толтырылу көлеміне байланысты. Егер $\varphi = 0,45$ болса, онда:

Ең кішісі үшін (МШР-900х900 дейін МШР-1500х1600) - 0,25;

Шағын (МШР-2100х1500 және МШР-2100х2200) - 0,4;

Орташасы (МШР-2700х2100 және МШР-2700х2700) - 0,5;

Үлкен диірмендер үшін - 0,6.

Жетектің орнату қуатын анықтаудың жақын эмпирикалық формулалары арасында келесі есептеу формуласы бар:

$$N_{об} = 6,77\varphi\gamma_n V\sqrt{D} \quad (1.21)$$

Мұндағы γ_n -диірменді тиеудің үйінді массасы, т / м3.

Шарлы диірменнің пайдалы қуаты тек ұнтақтау материалымен қозғалысқа қажетті қуат деп саналады.

1.4 Заманауи шарлы диірмендер және олардың кемшіліктері

Шарлы диірмендердің заманауи түрлері, олардың модернизациясы және қазіргі кездегі кемшіліктері және оны шешу жолдарына шолу ұсынылған. Сенімділік пен жұмысқа қабілеттілікті арттыру үшін шарлы барабанды

диірменнің құрылымын жетілдіру қажет. Бұл міндеттерді жүзеге асыру үшін қатты жүктелген элементтердің тозу себептерін, атап айтқанда оның жетегін зерттеу негізінде шешілді. Барабанда жетекті тісті тәжі бар шарлы диірмендерде тістердің қарқынды тозуы байқалады, бұл олардың жиі ауыстырылуы мен диірменнің істен шығуына әкеледі. Демек, шарлы диірменнің жетегі, ашық тісті берілісі және жұмыс ресурсын арттыру өзекті мәселе болып табылады.

Қазіргі уақытта шарлы барабанды диірмендер тау-кен байыту өндірісінде, пайдалы қазбаларды ұнтақтау үшін, цемент, гипс және т. б. өндірістерде кеңінен қолданылады. Барабанды шарлы диірмендер диаметрі 9 м-ге жететін ашық тісті берілістер мен тістерінің модульдері М 28 мм-ге дейін жабдықталған. Көптеген диірмендер бұрышы $\beta = 5 - 7^\circ$ болатын қиғаш тісті берілістерді қолданады. Конструкцияның қарапайымдылығы, жоғары сенімділік пен ұнтақтау деңгейін оңай реттеу мүмкіндігі шарлы диірмендерді өндірісте жылжар бойы белсенді қолдануға әкелді. Алайда, алғашқы шарлы диірменнің потентіне 180 жылдан астам болса да, ондағы құрылым жетілдіру, энергетикалық шығын және т. б. мәселелер әлі күнге дейін өзекті болып қалуда.

Заманауи шарлы диірмендер. Өндірістің күннен-күнге дамуы өзімен бірге техникалық жаңғыруды да ала келуде. Қазіргі шарлы диірмендердің түрлері өте көп кездеседі. Жұмыс істеу режимдерінің өзгелігі, нанотехнологиялар, жаңа қорытпалар көмегімен алынған материалдар және заманауи оңтайлы дизайн қолдануда. Сонымен қатар техникалық талаптарда жаңарып, берік конструкция, қызмет көрсету уақытының ұзаруы және тот басу секілді мәселелердің шешімі табылуда.

Қазіргі таңда шарлы диірмендерді жасайтын компаниялар және фабрикалар өте көп кездеседі. Өзара бәсекелестік, модернизация және жаңа инженерлік идеялар арқылы бір-бірінен басып озуда. Шарлы диірмендердің қазіргі түрлеріне кез-келген бағытта жұмыс жасап, нанотехнологиялық көмегімен жаңа ұнтақтарды өндіруде. Мәселен, кен және минералдар, бояулар мен пигменттер, барий ферриты мен алнико сияқты жұмсақ және тұрақты материалдарды ұнтақтауға қолайлы. Тегістеу дымқыл немесе құрғақ болуы мүмкін. Барлық диірмендер заманауи ұзақ қызмет мерзімі бар мойынтіректермен қамтылған. Корпус материалдары алюминий, тот баспайтын болаттар т. б. материалдардан өндірілуде.

Тіптен көптеген шарлы диірмен өндіруші фабрикаларға кез-келген ұнтақ өндірумен айналысқысы келетін жеке кәсіпкер өзіне сай шарлы диірменді тапсырыс жасай алады. Яғни, өндіріс қандай материалды ұнтақтайтыны, техникалық талаптарын білдірсе жеткілікті. Сонымен қатар оның дизайнын таңдауға және шарлы диірменді орнату алаңына байланысты өлшемдерінде таңдауға жағдай жасалған. Демек, тек кәсіпкерлер емес жеке қожалыққа қолдануға оңтайлы.

Шарлы диірмендердің кемшіліктері. Шарлы диірмен жетегінің тісті іліністерінің бұзылу себептері мен сипаты көптен бері зерттеліп келуде.

Шарлы диірмен барабанының жетекте тіс тәжінің тозуының тән белгілері көп кездеседі. Сондай-ақ өздігінен ұнтақтау диірменінің тиелген тораптарының істен шығуларын талдау зерттелген. Тісті берілістің негізгі ақаулары: ұзындығы бойынша тістердің сынуы, тістердің түп жақтарынан сынуы. Барабанның ішкі бетімен (футеровкамен) тиеу материалының өзара әрекеттесуін талдау негізінде жүктеме салмағынан қысым және үйкеліс күші, центрден тепкіш инерция күші және барабанның ішкі бетіне динамикалық қысым күші анықталған. Күштерді салыстырмалы талдау нәтижесінде барабан корпусының дірілінің пайда болу жағдайлары, дірілді тудыратын күштерді қолдану жиілігі және жетекті тістегершігі бар диірмен барабанында тәждің тісті ілінуінің динамикалық жүктелулері болатыны есептелген.

Шарлы диірмендердің жетегінің құрылымдарын талдау негізінде жалпылама есептік сызбалар және динамикалық модельдер, оның қозғалысының өтпелі режимдерінде жетектің серпімділік қасиеттерін есепке ала отырып, жүктелетін жетектің қозғалмалы моментінің өзгеруінің әртүрлі заңдарын тапсыруда параметрлік тербеліс жетегінің серпінді жүйесінде қозу жағдайларын және жетектің механикалық жүйесіндегі саңылаулардың оның динамикасына әсері бар екені белгілі болды. Шарлы диірмен барабанының динамикалық жүктелуі жетекті тісті тәждің тозуына әсерін тигізеді. Машина бөлшектерінің жылжымалы қосылыстарының беттерін тозумен байланысты тісті ілінісу параметрлері, шарлы диірмен жетегінің конструктивтік элементтерінің есептік деректері қарастырылды. Тозудың физикалық моделі мынадай: микронеровылықты сырғанау кезінде оның алдында қысу кернеулерінің әсерінен болатын, деформацияланатын материалдың алдыңғы білікше пайда болады. Үйкеліс күші салдарынан материал созылып кетеді. Демек, материал белгісіздік деформациялауды сынайды, оның бірнеше рет қайталануы онда микроқұрылымның зақымдануының жиналуына және материал бөлшектерінің бөлінуіне әкеледі.

Сыртқы беттерді өңдеу кезінде әрлеу операциясы ретінде кеңінен шариктер және роликтермен домалату қолданылатын болды. Қаттылығы өңделетін материалдың қаттылығынан жоғары шариктің немесе роликтің әсерінен өңделетін беттің шығыңқы тегіс еместігінің деформациясы болады: микронеровкалардың шығыңқы металдары аралас ойықтарды толтыра отырып, екі жаққа "ағады"; бұл ретте беттің кедір-бұдырлығы азаяды. Бөлшектің нығыздалған қабатының тереңдігі үлкен шектерде, бірнеше микрометрден миллиметрдің ондық үлесіне дейін ауытқуы мүмкін. Нығыздау дәрежесі және 14 қалдық кернеулердің шамасы нығыздалған қабаттың тереңдігі бойынша өзгереді. Беттік қабаттың қаттылығын өлшеу нәтижелері бойынша бөлшектің нығыздау дәрежесі туралы айтуға болады. Беттік-пластикалық деформациялаудың басқа түрі ұсақтағышты өңдеу болып табылады. Біз тісті доңғалақтарды беріктендіру әдісін әзірледік, ол арнайы құрылғының көмегімен соққылау бөлшектерімен жүзеге асырылады. Шарлы диірменнің тісті дөңгелектерін бекітуге арналған құрылғы тік жазықтықта, тістің ойпатының енін бойлай және эвольвентаның траекториясын бүгуге

арналған тербелмелі қозғалыстар мүмкіндігі бар бытыраңқы саптама болып табылады. Құрылғы шар диірменінің негізінде құрастырылған және оны тісті ілініс тәжіне қатысты бағдарлауға мүмкіндік береді. Тісті доңғалақтарды беріктендіру әдісі мынадай түрде жүзеге асырылады: шар диірменінің корпусына тәж құрастырылады және шар диірменінің айналу режимінде бос болғанда тісті беріліс іске асырылады.

Шарлы диірмендердің ұнтақтау түрлері де аз емес. Мысалы, егер бір мезгілде барлық эвольвентті қисық және тістердің ойпаттары (барлық профиль) және іліну ұзындығы бойынша өңделсе, бірінші ойықты өндегеннен кейін диірмен дөңгелегі бір тіске айналады. Нығайту рәсімі қайталанады. Бұл тістің барлық эвольвентінде нығыздау жасауға мүмкіндік береді. Өндеуден кейін беті тазартылады. Бұл өндеу тістің шаршау беріктігіне оң әсер етеді, осылайша жұмыс ресурсы 30-40% - ға артады. Тозудың сипатты түрлерінде алдыңғы тістегершіктер ұсақтағышты өндеуді қайталауға болады. Сондай-ақ, өнертабысқа инновациялық патент беру туралы қорытынды алынған ауыр тиелген тісті доңғалақтардың жұмыс бетіне қорғау жабындарын салу әдісі ұсынылады. Тәсіл былайша жүзеге асырылады: ауыр жүктелген тісті доңғалақтардың өңделетін бетінің пластикалық деформациясы 10-12 сағат ішінде ашық жұптың тісті доңғалақтарын алдын ала өндегеннен кейін шар диірмен барабанының жұмыс режимінде және мыстың хлоридінің жоғары мөлшері бар майлайтын-салқындатқыш сұйықтықты бір мезгілде бергеннен кейін тісті доңғалақтардың түйіспе аймағына және бұл ретте қорғаныш триботехникалық қабатының 15 - үлгісінде жүзеге асырылады.

1.5 Шарлы диірмендердің тісті беріліс тістерінің тозуы

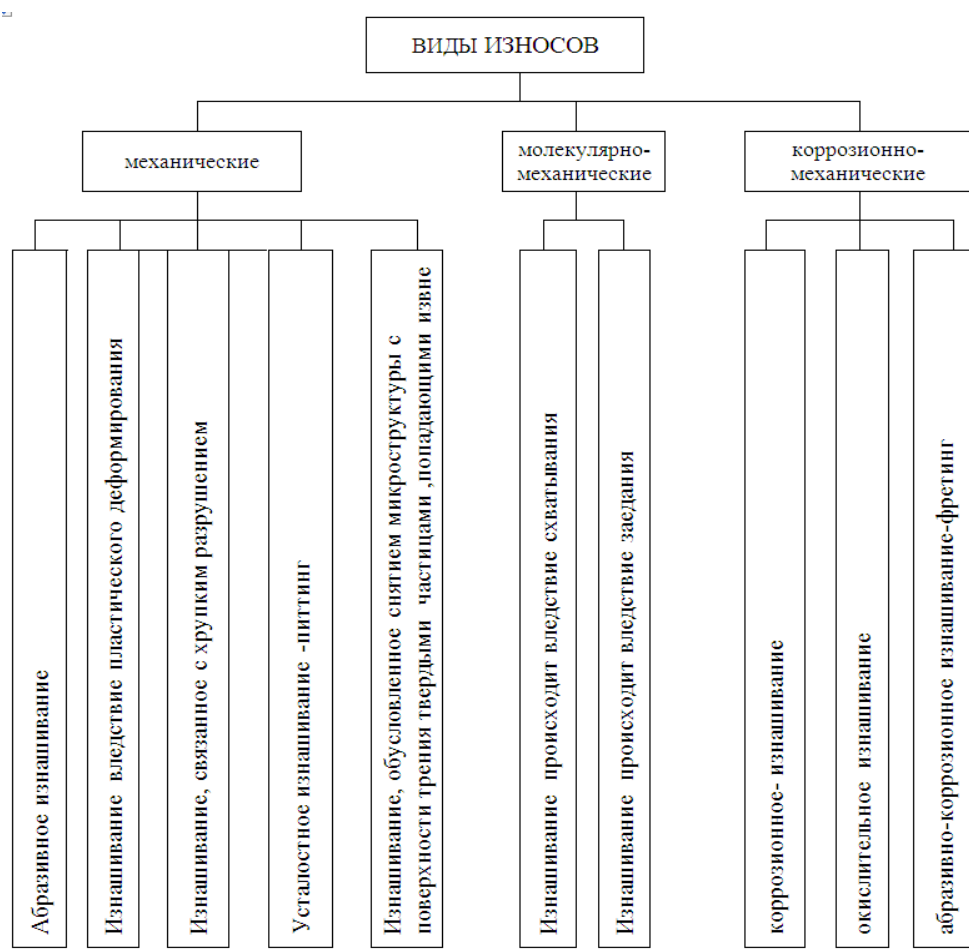
Технологиялық жабдықты қанағаттандыруы тиіс негізгі шарттардың бірі берілген уақыт кезеңі ішінде пайдаланудың техникалық шарттарына сәйкес қажетті сенімділікпен оның тоқтаусыз жұмысы болып табылады. Бөлшектердің істен шығуының негізгі себептері тозу болып табылады, оның үлесіне тораптар мен бөлшектердің істен шығуының жалпы санының 60-80% келеді және шаршаңқы бұзылулар. Сондықтан, Материалды дұрыс таңдауға, сенімділік пен төзімділікті арттырудың технологиялық, конструкторлық және басқа да әдістеріне, әртүрлі факторлардың әсер ету заңдылығына байланысты олардың тозуға төзімділігі мен шаршағыштық беріктігін арттыруға ерекше назар аудару қажет.

Қазіргі кезде үйкеліс кезінде болатын құбылыстардың толық түсіндірілуі Б. В. Дерягин және И. В. Крагельский әзірлеген молекулалық-механикалық теорияда келтірілген [24]. Бұл теория бойынша үйкеліс Қос молекулалық – механикалық табиғатқа ие. Ол материалдың көлемді деформациялануына және үйкелетін беттердің жақындасқан учаскелері арасындағы жанасу дақтарында пайда болатын молекулааралық байланыстарды жеңуге байланысты. Молекулалық өзара әрекеттесу адгезия

және ұстасу түрінде көрінеді, механикалық деформация және сығылған беттердің элементтерінің өзара енгізілуімен байланысты.

И.В. Крагельский бойынша тозу механизмі материалдың үстіңгі қабатының физикалық-химиялық өзгерістерімен асқынған механикалық бұзылу процесі болып табылады. Түйісетін бөлшектердің беттерінің бұзылуы түйісетін аймақта кернеу мен деформацияның пайда болуын тудыратын үйкеліс беттерінде кедір-бұдырлықтың болуы салдарынан болады.

Қирату үшін қажетті жүктеме саны материалдың бастапқы беріктігіне, оның шаршау кедергісіне және жүктеу жағдайларына байланысты. Жалпы түрде, жүргізілген зерттеулер негізінде М. М. Хрущев және М. А. Бабичев [25, 26] тозудың келесі жіктелуін ұсынды 1.10 сурет.



Сурет 1.10 – Тозу классификациясы

Сонымен қатар, Б.И. Костецкийдің [27, 28] жұмыстарында машина бөлшектерінің беткі қабаттарында өтетін құбылыстардың мәнін талдау негізінде тозу бес түрге бөлінеді: бірінші түрді ұстамамен тозу, тотығу тозуы, жылу тозуы (екінші түрді ұстамау), абразивтік тозу және шешек тәрізді (шаршаңқы) тозу.

Тозу нәтижесінде жанасу бөлшектерінің өлшемдерінің біртіндеп өзгеруі орын алады. Тозу шарасы бөлшектің сызықтық өлшемдерінің, оның көлемінің

немесе салмағының азаюымен анықталатын бұзылудың жиынтық бірлігі болып табылады. Тозудың негізгі шарасы-үйкеліс бетіне норма бойынша бөлшектің өлшемдерінің өзгеруімен анықталатын сызықтық тозу. Тозудың уақыт функциясы болып табылатындықтан, оның сандық сипаттамасы үшін тозу жылдамдығы, яғни тозу анықталатын уақытқа қарай бөлшектің сызықтық тозуының қатынасы қолданылады.

Ауыр жүктелген үйкеліс тораптарының механикалық және коррозиялық-механикалық тозу түрлерінің шаршау сипатын талдау [29, 30] жұмыстарда келтірілген. Зерттеу барысында авторлар тістегершік тістерін бояуға әкелетін шаршаған жарықтар тереңдіктен емес, беткі қабаттан дамитынын анықтады. Сұйық май болған кезде жанасатын беттерде жарықшаққа май енеді және үйкелетін бөлшектердің салыстырмалы қозғалысы кезінде жарықшақтың ашық ұшы жабылады, жарықшақты сындыратын жоғары қысым пайда болады. Уақыт өте келе кейінгі жүктеулер кезінде жарықтар тереңдей түседі және материал бөлшектерінің бетінен ойықтар (питтингтер) түседі.

Ауыр жүктелген үйкеліс тораптарының қысқа созылуының негізгі себептерінің бірі-бөлшектердің қарқынды абразивті тозуы, яғни металлдың көптеген қатты дәндердің сызылуы. Нәтижесінде, металдар бетінің абразивті бөлшектермен тозуы серпімді аймақта фрикциялық түйіспелердің бұзылуы және бірнеше рет қайта қалыптау (қайта қалыптау) кезінде кесу, ұзу, шаршаңқы бұзылу жолымен жүреді.

Режимдердің қатаюына және жабдықтың жұмыс ресурсының артуына байланысты көптеген ақаулар мен сынулар ауыр жүктелген тісті берілістердің үлесіне тиеді. Олардың жұмыс істемеуінің себептері:

- құрылымдық кемшіліктер;
- дайындау және монтаждау дәлдігі жеткіліксіз;
- доңғалақ конструкциясы элементтерінің жоғары діріл кернеулігі;
- механикалық өңдеу және құрастыру технологиясының ақаулары;
- контактілі жұптың конструктивтік ерекшеліктерін және пайдалану

шарттарын ескерместен көлемді және Үстірт беріктендіруді қолдану.

Қатты денелердің (құм, шаң, ластанған май және т.б.) үйкеліс торабына енуі микропластикалық деформациялар мен металды абразивті денелермен кесудің салдарынан үйкелетін беттердің қарқынды бұзылуына әкеледі.

Тісті берілістердің абразивтік тозу процесінде әртүрлі факторлардың үлкен саны әсер етеді, олардың негізгілері қаттылық, беріктік, мөлшері және абразивті дененің пішіні, тістің бетінің механикалық қасиеті, абразивтік бөлшектер мен металдың қаттылық қатынасы, салыстырмалы қозғалу жылдамдығы және үйкеліс беттеріндегі үлестік қысымның шамасы.

Үйкеліс тораптарының ұзақ мерзімділігіне, әсіресе олардың жұмысының бастапқы кезеңіне, технологиялық өңдеу кезінде алынған бетінің сапасына үлкен әсер етеді.

Д.Н. Гаркунов және басқалары үйкеліс үйкелгенде жұмыс бетінің бастапқы кедір-бұдырлығына қарамастан, өңдеу соңында үйкеліс жұбы беттерінің әрқайсысы үшін материалдардың осы үйлесіміне және үйкеліс

жағдайларына тән үйкеліс тұрақты режимінде тұрақтылықты сақтайтын кедір-бұдырлықтың анықталғанын анықтады. Ауытқу екі және одан жоғары сынып тазалығын кедір-от оңтайлы әсер етеді, тозуға төзімділігін, өйткені процесінде приработки артады тозуы байланыста болатын кезінде жоғары үлестік қысым грубошероховатых беттерін.

Өңдеу ұзақтығы соғұрлым қысқа және тозған металдың көлемі пайдалану кедір-бұдырлығының сыныбы бойынша бастапқы кедір-бұдырлығы неғұрлым жақын болса, соғұрлым аз болады. Және бұл жерде донғалақтар тістерінің шөгуге қарсы тұруы олардың беттерінің кедір-бұдырлығымен, өңдеуден кейін алынатын кедір-бұдырлығымен, кедір-бұдырлығымен анықталатынын ескеру қажет. Осының салдарынан үйкелетін элементтердің бастапқы жұмыс кезеңі тұнуға қатысты аса қауіпті.

Шарлы диірмендер жетегінің тістерін бұзу, ұзақ жұмыс кезінде, негізінен, екі түрге бөлуге болады:

1) кернеулердің жоғары концентрациясы орын алатын оның обод-қа өту аймағында иілуден тістің сынуы (1.11-сурет));

2) тістің жұмыс бетінің зақымдануы, ол әдетте бояудан басталады және тістің жиырылуына, бітелуіне және сынуына әкелуі мүмкін (1.12-сурет).

Тістің тереңдігіне және оның түбіне бірте-бірте таралып, бұзылуына әкелетін шаршаған сызат пайда болады.



Сурет 1.11–Тістің иілуден сынуы



Сурет 1.12–Тіс бетін бояу

Ашық берілістер зардап шегеді абразивті тозуға салдарынан тістердің арасында қатты бөлшектер шаң немесе кір.

Тозу тістің батуымен және оның бетінің бұзылуымен жүреді.

Тістер: а) иілу кезіндегі шыдамдылық пен статикалық беріктікке; Б) белсенді беттердің байланыс төзімділігіне (бояуға) есептейді.

Тісті берілістердің жұмыс беттерінің типтік зақымданулары конструкциямен және пайдалану ерекшеліктерімен анықталады. Тістерге әсер ететін күштер олардың иілуін, қысылуын және жанасу аймағындағы үйкеліс есебінен тангенциалды деформациялануын тудырады.

Тістердің асқын кернеуі дұрыс монтаждаудан (көбінесе біліктердің параллельсіздігінен), сондай-ақ тістердің ойпаттарының бетін өрескел өңдеуден, берілістің қызуы кезінде тістердің сыналануынан және бүйір саңылауларының жеткіліксіз шамасына байланысты тістің ұзындығы бойынша жүктеме концентрациясын тудыруы мүмкін. Ең жиі жүктеме концентрациясына байланысты тістердің бұрыштарының үзілуі байқалады.

Тістердің абразивті тозуы-ашық берілістердің бұзылуының негізгі түрі. Беттік түрі-дөңгелектің осіне перпендикуляр ұсақ параллель жолақтар қатары. Ең жоғары қаттылығы бар беткі қабаттың тозуы тозу жылдамдығының айтарлықтай ұлғаюына әкеледі. Тозу процесінде тістің қалыңдығы бойынша мөлшері азаяды, іліністегі саңылаулар артады, тіс профилінің жұмыс учаскесінің эволюенттілігі бұзылады.

Жұмыс беттерінің ең тозуы тістердің аяқтарында байқалады, онда барынша сырғу орын алады. Ең жедел дамушы бүліну түрі – қирауы басталады жарықтар аяқталады сколом немесе поломкой тістерді. Сызаттар созылған талшықтардың жағында тістердің негізінде пайда болады және тістердің жұмыс беттеріне перпендикуляр орналасады. Жарықтардың пайда болуы уақыт өте келе тістердің бұзылуына және механизмнің басқа да бөлшектерінің оларға тістер бөлшектерінің түсуіне байланысты зақымдануына

әкеледі. Тістердің жұмыс беттерінің кедір-бұдырлығын азайту байланыс аймағындағы лезде температураны айтарлықтай төмендетеді, ұзақ мерзімділігін арттырады және тісті берілістің жұмыс жағдайын жақсартады.

Тозу критерийі ретінде байланыс беттерінің үйкелуін еңсеруге жұмсалатын меншікті қуатты пайдалану ұсынылды. Үйкеліс күштерінің жұмысына көлемдік тозудың тәуелділігі де энергетикалық тозу теориясын әзірлеуде Флейшермен қолданылды.

В.Онищенко профиль формасы тістерінің тозуы нәтижесінде бұрмалану салдарынан ауыспалы беріліс санының динамикалық моделіне енгізді.

Осы және басқа да жұмыстардың материалдарын жинақтай отырып, тісті доңғалақтардың зақымдануының келесі түрлерін атап өтуге болады:

-тістердің сынуы (шаршаған, статикалық, бөгде заттың түсуінен, жарылған, ұштарының сынуы, ұштарының сынуы);

-тістердің жанаспалы зақымдануы (шаршаған бояу, беткі қабаттың қабаттары);

- тістердің тозуы (абразивті-механикалық, тұндыру, иілу);

- тістердің жұмыс беттерінің пластикалық деформациялары;

- коррозия.

Шар диірмендерінің жұмысы және олардың жұмыс ресурсын арттыру бойынша шаралар бойынша авторлардың орындалған зерттеулерін, сондай-ақ машинақұрылыста бөлшектердің тозуға төзімділігін арттыру және ауыр жүктелген тісті берілістердің тозуға төзімділігін бағалау саласындағы зерттеулерді талдай отырып, біз қазіргі уақытта кен айырғыш диірмендердің ауыр жүктелген тісті берілістерінің ресурсын арттыру бағытында зерттеуді жалғастыруға мүмкіндік беретін зерттеу сипатындағы, есептік және технологиялық бағыттағы бірқатар міндеттердің бар екендігін анықтадық.

Шарлы Диірмендер мен диірмендер жетегінің тісті берілістерінің жұмыс ресурсын арттыру бойынша зерттеудің негізгі бағыттары мыналар болып табылады:

- жобалау кезеңінде тозуға төзімділікке әсер ететін тісті берілістердің эволюенттік ілінісудің тиімді геометриялық параметрлерін таңдау қажет;

- тісті ілгіштердің беттерінің тозуға төзімділігіне елеулі әсер ететін диірмен жұмысының динамикалық параметрлерін есепке алу;

- беріліс тістерін беттік беріктендіру әдісін таңдау;

- үлкен модуль мен өлшемдегі Тісті дөңгелектерді жасаудың прогрессивті технологиясын әзірлеу.

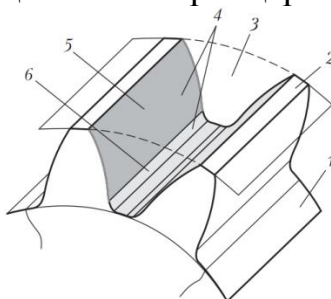
Бірінші бөлімде тау-кен байыту өндірісінде минералды шикізатты ұнтақтауға арналған шарлы диірмендердің конструкциялары мен пайдалану сипаттамалары қарастырылды, шарлы диірмендердің жұмысының кинематикалық параметрлеріне талдау және бағалау жүргізілді, ұзақ жұмыс нәтижесінде тісті беріліс тістерінің тозу себептері мен сипатына талдау жасалды.

2 Шарлы диірмендердің тісті берілістерінің конструктивтік параметрлерін теориялық зерттеу

2.1 Тісті берілісті геометриялық есептеу

Бұл бөлім эвольвентті тісті ілгектердің геометриялық теориясын жасаған белгілі ғалымдардың классикалық еңбектерінің негізінде жасалған және кен айырғыш диірмендер жетегінің ауыр жүктелген тісті берілістеріне қолданылатын тісті ілгектердің тозуға төзімділігіне әсер ететін геометриялық параметрлерді бағалау үшін қажетті әдістемелік бірізділікпен жазылған.

(Сурет 2.1) тісті доңғалақ элементтерін қарастырайық.



Сурет 2.1-тісті доңғалақ элементтері

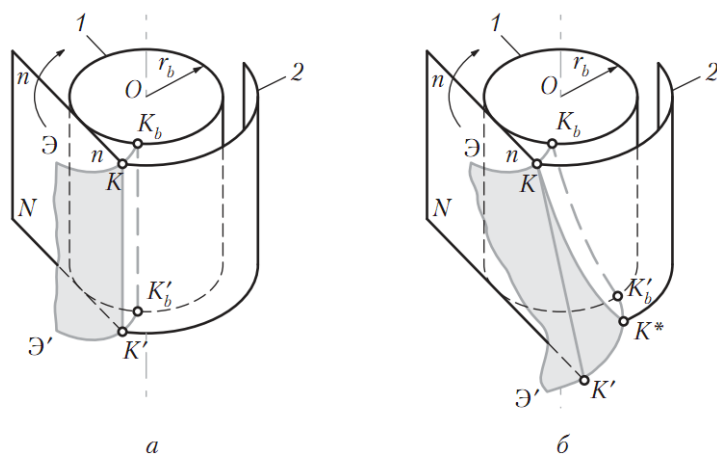
Тістерді тісті дөңгелектің денесінен бөлетін беті (1) тістердің ойпаттарының беті деп аталады. Тісті дөңгелектің денесіне қарама – қарсы жағынан тістерді шектейтін беті (2) - тістердің жоғарғы беті. Екі көршілес тістердің арасындағы кеңістік (3) - ойпат. Ойық жағынан (4) тістің бүйір беті деп аталады.

Бүйір беті негізгі (5) және өтпелі (6) беттен тұрады. Басты бет-тістің бүйірлік бетінің бөлігі, ол басқа тістің басты бетімен өзара әрекеттеседі, берілген беріліс қатынасын қамтамасыз етеді. Өтпелі бет Басты бетті ойпаттың бетімен қосады.

Басты бет көбінесе эвольвенттік бет болып табылады, өйткені цилиндрлік берілістер арасында эвольвенттік цилиндрлік берілістер ерекше таралған.

Сонымен қатар, басқа да берілістер жіберілмейді және жақсы пайдалану қасиеттеріне ие болады, ол беріліс қатынасының тұрақтылығын сақтай отырып, осьаралық қашықтықты белгілі бір шектерде өзгертуге мүмкіндік береді. Эвольвентті дөңгелектерді және оларды кесу құралын жасау өте қарапайым, бұл өте маңызды практикалық мәнге ие.

Тікелей және қисық тістердің басты беттері болып табылатын эвольвенттік беттердің пайда болуын қарастырайық. Сурет 2.2, ал изометрияда тік тістің басты беті көрсетілген, оны дөңгелектің осіне перпендикуляр жазықтықта орналасқан мүлдем бірдей эвольвент жиынтығы ретінде елестетуге болады. Бұл эвольвенттер 1 негізгі цилиндр бойынша сырғымайтын жазықтыққа тиесілі түзу түзетін нүктелердің траекториялары болып табылады.



Сурет 2.2–Қисық тістің беті

Дөңгелектің маңызды элементі-бөлу шеңберінің қадамы. Дөңгелек тістерінің саны мен қадам арқылы бөлу шеңберінің ұзындығын анықтайық: $2\pi r = pz$. Осыдан бөлгіш шеңбердің диаметрі $d = (p/\pi)z = mz$. Модуль стандартталған, ал стандарт модульдің бірқатар мәндерін қамтиды. Модуль арқылы бөлгіш шеңбердің радиусы және дөңгелектің де, берілістің де барлық сызықтық өлшемдері:

$$r = mz/2 \quad (2.1)$$

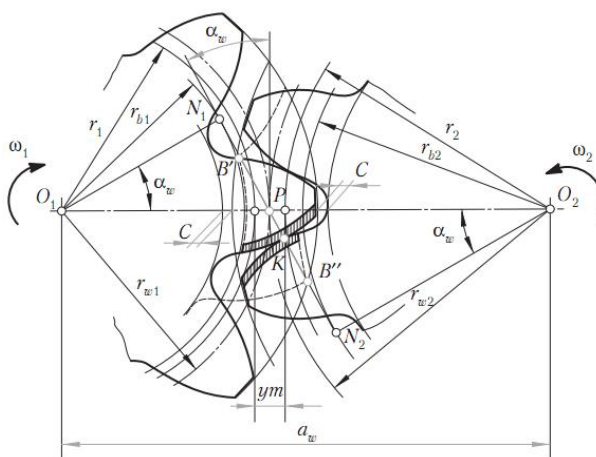
$$p = \pi m \quad (2.2)$$

Кез келген шеңбер бойынша дөңгелек тістерінің қадамы тіс қалыңдығының жиынтығы ретінде елестетуге болады, және тістің ені e_y ,

$$p_y = s_y + e_y,$$

$$p = s + e = \pi m \quad (2.3)$$

Эвольвенттік тісті беріліс элементтері. 2.3 суретте сыртқы ілінісудің тісті берілісі көрсетілген α_w (ілінісу бұрышы), ілінісу полюсі P , ось аралық арақашықтық a_w , бастапқы дөңгелектеу радиусы r_{w1} және r_{w2} .



Сурет 2.3 – Тісті берілістің сыртқы ілінісуі

B' және B'' нүктелерінде ілініс сызығы дөңгелек тістері шыңдарының шеңберімен қиылысады; B' нүктеде ұштасқан профильдер зацепировкаға кіреді, ал нүктеде B'' ілінісуден шығады.

Берілген айналу бағытында тістің бір жағы ғана күш береді және қабылдайды; оны тістің жұмыс жағы (профилі) деп атайды. Ілініске тістердің жұмыс жақтарында орналасқан тістердің белсенді профильдері қатысады, олар ілінісудің белсенді сызығына сәйкес келеді. Сурет 2.3-белсенді профильдер штрихталған.

Бір дөңгелектің жоғарғы шеңбері мен екінші ойпаттың шеңбері арасында радиалды Саңылау деп аталатын қашықтық бар. Сурет 2.3-радиалды Саңылау әріппен белгіленген, оның көлемі модульге коэффициентті шығару арқылы көрсетіледі, яғни $C = c^* m$, где $c^* = 0,25$.

Ілініс бұрышын және осьаралық қашықтықты анықтау үшін тендеулерді жасау кезінде осы шамалардың номиналды мәндері Бір доңғалақтың тістері басқа ойпатына бүйір саңылаусыз тығыз кірген жағдайда есептеледі. Мұны ескере отырып, сондай-ақ бастапқы шеңберлер бір-біріне сырғып кетпейді, $s_{w1} = e_{w2}$ және $s_{w2} = e_{w1}$, мұнда s_{w1} және s_{w2} — тістер қалыңдығы, e_{w1} және e_{w2} — ойпаттардың ені тісті беріліс дөңгелектерінің бастапқы шеңбері бойынша.

Бастапқы шеңберлер сырғып кетпегендіктен, қадамдар мен осы шеңберлер бір-біріне тең: $p_{w1} = p_{w2} = p_w$.

Шаг $p_w = s_{w1} = e_{w1}$ немесе $s_{w2} = e_{w1}$:

$$p_w = s_{w1} + s_{w2} \quad (2.4)$$

Екінші жағынан, бастапқы шеңбер бойынша кадам $p_w = \pi m \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w}$.

Ось аралық арақашықтық тісті беріліс кезіндегі:

$$a_w = r_{w1} + r_{w2} \quad (2.5)$$

Немесе басқаша ось аралық арақашықтық тісті беріліс кезіндегідей (сурет 2.3):

$$a_w = r_1 + r_2 + ym \quad (2.6)$$

мұндағы ym - бөлгіш шеңберлері арасындағы қашықтық. Ол қабылданатын ығысу деп аталады;

а-шама;

y - қабылданатын ығысу коэффициентімен.

Қабылданатын ығысу коэффициенті мынадай формула бойынша анықталады:

$$y = \frac{\sum^z \cos \alpha}{2 \cos \alpha_w} \quad (2.7)$$

Тісті берілістің теңдеуші жылжуын анықтаймыз. Берілісті геометриялық жобалау кезінде екі шарт орындалуы тиіс:

1) дөңгелектердің тістері теориялық жағынан бүйір саңылаусыз бір-бірімен ілінуі керек;

2) тісті доңғалақтардың шыңдары мен ойпаттарының шеңберлері арасында стандартты радиалды саңылау болуы тиіс $C = c^* m = 0,25m$.

Бірінші шартты орындау осьаралық қашықтық (2.6) формула бойынша қабылданатын ығысу арқылы білдірілетіндігімен қамтамасыз етіледі. Екінші шарт талап етеді:

$$a_w = r_{a1} + c^* m + r_{f2} \quad (2.8)$$

Теңдеулерді бірлескен шешу (2.6) және (2.8) береді:

$$r_1 + ym + r_2 = r_{a1} + c + r_{f2}$$

немесе

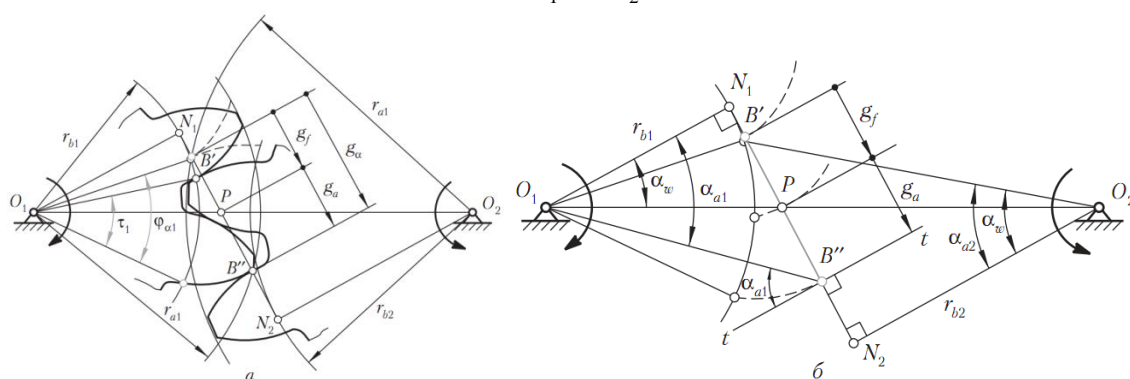
$$r_1 + ym + r_2 = r_{a1} + c + r_{f2} - h$$

2.2 Тісті берілістің сапалық көрсеткіштерін талдау

Тістердің тозуы мен беріктігіне, сондай-ақ сол көрсеткіштер бойынша берілістер қатарын салыстыруға мүмкіндік беретін сапалы көрсеткіштерді қарастырайық. Мұндай бағалау тісті берілістерді жобалау кезінде ығысудың есептік коэффициенттерін ұтымды тағайындау үшін маңызды.

Жабу коэффициенті берілісте ілінудің үздіксіздігі мен бірқалыпты болуын ескереді. Мұндай беріліс сапасы бір жұп тістің жұмысын екінші жұптың жұмысымен жабумен қамтамасыз етіледі. Ол үшін тістердің әрбір келесі жұбы алдыңғы жұп ілінісуден шыққанға дейін ілгекке кіруі керек. Жабудың шамасы туралы жабудың коэффициенті бойынша есептеледі, ол бұрыштық жабудың бұрышының бұрыштық қадамға қатынасын көрсетеді. Бүйір жабу бұрышы φ_α – бұл дөңгелектің нүктесіне тиген кезде ілініске кіру кезінде тістердің қалпынан бұрылу бұрышы B' , ілінісуден шыққан кезде тістің орнына дейін, олар нүктеде тигенде B'' (сурет 2.4, а). Демек, тікелей берілісті жабу коэффициенті.

$$\varepsilon_a = \frac{\varphi_{a1}}{\tau_1} = \frac{\varphi_{a2}}{\tau_2} \quad (2.21)$$



а, в – графикалық көрінісі

Сурет 2.4 – Бұрылу кезіндегі тіс берілістерінің өзгеруі

Мұнда $\tau_1 = 2\pi/z_1$ – бұрыштық қадам; $\varphi_{a1} = g_a/r_{b1}$, $g_a = g_f + g_a$ – ілінісу ұзындығы:

$$g_f = r_{b2}(tg\alpha_{a2} - tg\alpha_w) \quad (2.22)$$

$$g_a = r_{b1}(tg\alpha_{a1} - tg\alpha_w) \quad (2.23)$$

(2.22) және (2.23) формулалары (2.21) формуласына тік тісті берілісті жабу коэффициентін анықтау үшін формуланы береді:

$$\varepsilon_a = \frac{z_1 tg\alpha_{a1} + z_2 tg\alpha_{a2} - (z_1 + z_2) tg\alpha_w}{2\pi} \quad (2.24)$$

Айта кету керек, ε_a жабу коэффициенті ығысу коэффициенттері ұлғайған кезде азаяды. Сондықтан, беруді жобалау кезінде алмастыру коэффициенттерін 1,05-тен кем болмайтындай етіп тағайындау керек.

Қисық тісті берілісінде тістердің бір жұбы ілінісуінің ұзақтығы тік тістіге карағанда көп. Сондықтан қисық тісті берілісті жабу коэффициенті үлкен және мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_\alpha / \varepsilon_\beta \quad (2.25)$$

Екінші есептелінетін $\varepsilon_\beta = b / p_t$. Мұндағы $b = \psi m$ – тісті дөңгелектің ені; ψ – тістің беріктігі мен тозуға төзімділігі шарттарынан тағайындалған тісті доңғалақ енінің коэффициенті; $p_t = \pi m / \sin \beta$ – қиғаш тістің осьтік қадамы:

$$\varepsilon_\beta = \psi \sin \beta / \pi \quad (2.26)$$

Сырғанау коэффициенті геометриялық және кинематикалық факторлардың ілінісу процесінде профильдердің сырғанау шамасына әсерін ескереді. Бір Профильді басқасына бір мезгілде басқан кезде сырғанаудың болуы профильдердің тозуына әкеледі. Сырғанау коэффициенттері формулалармен көрсетіледі:

$$\lambda_1 = v_{ck} / v_{k1-k};$$

$$\lambda_2 = v_{ck} / v_{k2-k}$$

мұндағы v_c -сырғанау жылдамдығы;

Тістері аз дөңгелектің бір айналымы уақытында екінші дөңгелегі толық айналымды аяқтамайды. Демек, оның тістері бірінші дөңгелектің тістеріне карағанда, бір есе аз байланысқа түседі, сондықтан аз тозады. Тістердің тозу қарқындылығын сырғанау коэффициенттері бойынша салыстыру үшін, біз λ_2 на $u_{12} = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$:

$$\lambda_1 = v_{ck} / v_{k1-k}$$

$$\lambda_2 = v_{ck} / (v_{k2-k} u_{12})$$

Есептеу формуласы:

$$\lambda_1 = \left(1 + \frac{1}{u_{12}}\right) \frac{l_k}{l_k + l_{p1}}, \quad \lambda_2 = \left(1 + \frac{1}{u_{12}}\right) \frac{l_k}{l_k + l_{p2}} \quad (2.27)$$

Мұндағы l_k – ілініс полюстерінен тістер жұптарының байланыс нүктесінің ағымдағы жағдайына дейінгі қашықтықты білдіретін алгебралық шамасы (2.3-сурет);

l_{p1} және l_{p2} – кесінділер ұзындығының абсолюттік мәндері PN_1 және PN_2 .

Үлестік қысым коэффициенті тістер геометриясының (олардың бейіндерінің қисық радиустары) тістердің жанасу орындарында пайда болатын байланыс кернеулерінің шамасына әсерін ескереді. Шамадан тыс жүктеме кезінде байланыс кернеулері соншалықты маңызды болуы мүмкін, бұл тістердің жұмыс бетінде материалдың боялуын тудырады.

Байланыс кернеуі Герц формуласы бойынша анықталады:

$$\sigma = 0,148 \sqrt{\frac{Q}{b}} E \frac{1}{p} \quad (2.28)$$

мұндағы Q – тістердің өзара әрекеттесу күші;

- тісті доңғалақтардың ені;

- олардың материалдарының серпімділігінің келтірілген модулі;

- байланыс нүктесіндегі эвольвентті профильдердің қисықтығының келтірілген радиусы, ол арқылы тіс геометриясының байланыс кернеулеріне әсері анықталады.

Тістерді ілінісудің ағымдағы сәті үшін:

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} = \frac{p_1 + p_2}{p_1 p_2} \quad (2.29)$$

немесе эвольвенттік профильдердің қасиеттеріне сәйкес:

$$\frac{1}{p} = \frac{N_1 N_2}{N_1 K \cdot N_2 K}$$

Салыстырмалы қысым коэффициенті деп аталады:

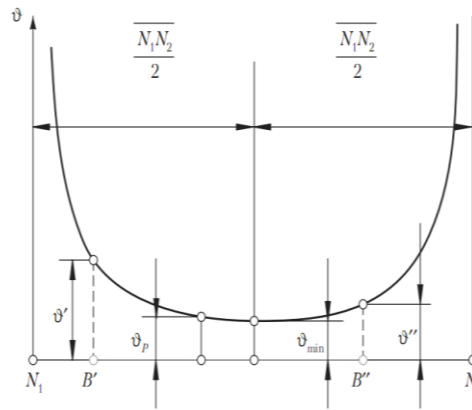
$$g = \frac{m}{p} = \frac{m N_1 N_2}{N_1 K \cdot N_2 K} \quad (2.30)$$

Коэффициент g – модульге тәуелді емес өлшемсіз мән, себебі модульге пропорционалды.

Герц формуласына коэффициент қойып, аламыз:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{Q}{b}} \frac{E}{m} \cdot \sqrt{g}$$

Меншікті қысым коэффициенті ығысу коэффициенттері ұлғайған кезде азаяды. Сондықтан, конструктор ығысу коэффициенттерін тағайындай отырып, байланыс кернеуін төмендетуі мүмкін. осылайша, коэффициент аз болуы мүмкін.



2.5 сурет – ығысу коэффициентінің ұлғаюы кезіндегі меншікті қысым коэффициентінің өзгеруі x_1 және x_2 .

Көрсетілген шектердің ішінде ығысу коэффициенттері және олардың қасиеттерін (жүрістің бірқалыптылығы, тозуға төзімділігі, беріктігі) сипаттайтын берілістің сапалық көрсеткіштері оңтайлы мәнге ие болатындай етіп тағайындау қажет.

2.3 Геометриялық параметрлерді зерттей келе тісті дөңгелектерді жасау

Қазіргі уақытта тісті дөңгелектерді көшіру және бұғу әдістерімен жасалады.

Бірінші әдіс бойынша Тісті дөңгелектерді негізінен бірдей қадаммен ғана жасайды. Бұл ретте олардың көпшілігі қателікпен орындалады. Екінші әдіс – иілу-мұндай маңызды кемшіліктер жоқ: бұл әдіс түрлі Тісті дөңгелектерді жасауға болады және теориялық тұрғыдан дәл. Сондықтан иілу әдісі кеңінен таралып, ерекше қызығушылық тудырады.

Тісті дөңгелекті жасайтын дайындаманы ию әдісімен және тісті пішінді (бұрамдық фреза, тарак, долбяк) бар кесетін аспапты бір-біріне қатысты осындай қозғалыстар станокта хабарлайды. Бұл ілгек станок деп аталады.

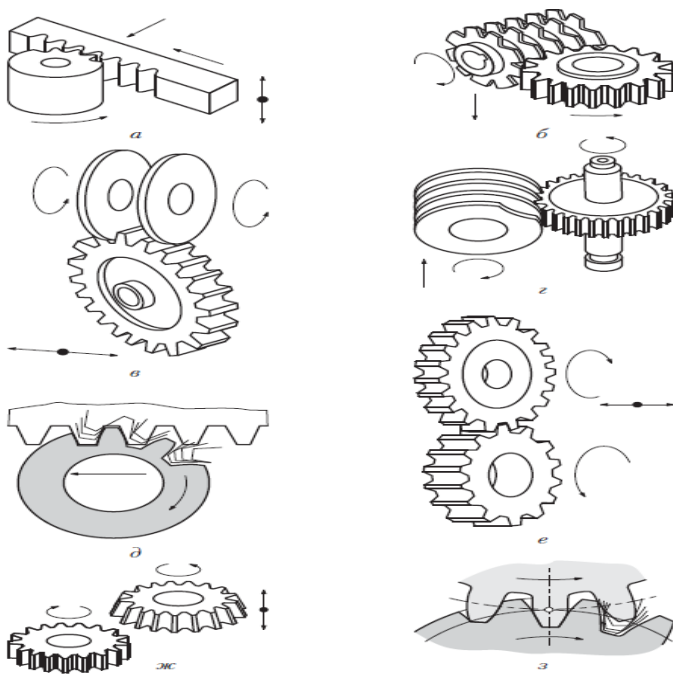
Ілінісу процесін ойнататын қозғалыстардан басқа, құралға кесудің технологиялық қозғалысы хабарланады.

Жоғары кинематикалық жұп элементтерінің геометриялық параметрлерін есептеу кезінде қалыптаушы станоктарда бөлшектерді жасаудың технологиялық мүмкіндіктерін ескереді. Тиісті пішін түзуші құралдың геометриясы өндіруші беттермен тығыз байланысты. Кескішті кесу арқылы пішін жасау процесін жүзеге асыратын құралдар үшін мұндай өндіруші бет құрал-сайманның кесетін жиектері бар немесе кесу үшін қажетті олардың басты қозғалысы кезінде пайда болатын елестететін бет болып табылады.

Кесетін құралдың шығаратын беті бар кесіктердің жобаланатын бетінің ілінісі кесетін дөңгелектің ілінісуімен ұқсас, станоктық ілініс деп аталады. Бұл термин в.а. Гавриленко – 56-ші пәнің эвольвенттік беріліс теориясының негізгі ережелерін жинақтаған және дамытқан ірі ғалым.

Цилиндрлік Тісті дөңгелектерді кесу кезінде өндіруші доңғалақтың осі (яғни, бүйір беті өндіруші беттерге ие болатын ойылған тісті доңғалақ) және жобаланатын ("кесілетін") доңғалақтар өзара параллельді және аксоидтар цилиндрлер болып табылады. Жеке жағдай-тіс кескіш тарақ деп аталатын құрал (2.6, а сурет) немесе тарелкалы тегістеу шеңберінің жұбы (2.6, в сурет). Дөңгелектің аксоид шексіз үлкен радиусымен құрал тістердің шексіз үлкен санына ие болуы керек, яғни рейкке айналуы керек. Бұл жағдайда құрал әдетте құрт фрезасы (күріш. Сурет 2.6-сурет 2.7-сурет Егер өндіруші доңғалақтың тістерінің соңғы саны болса, онда кескіш құралдар абразивті хон (сурет 2.6, Е), долбьяк (сурет 2.6, ж) болып табылады, олар тістердің әр түрлі сандары бар дөңгелек тістерінің бүйір беттерін өндеуге болады (сурет 2.6, З). Долбьякта, тарақта және абразивті Хонда кесудің басты қозғалысы – үдемелі қозғалыс, ал құрт фрезасы мен тегістеу дөңгелектерінде-57.1 айналмалы қозғалыс.

Иілу (сыну) қозғалысы процесінде бейінді норма бойынша құралдың негізгі қадамы жобаланатын дөңгелектің негізгі қадамына сәйкес келеді. Бір тістің қалыптан екіншісіне ауысу процесі жүргізу процесінде үздіксіз салыстырмалы қозғалыс кезінде автоматты түрде жүзеге асырылады (2. 6, д, з сурет).



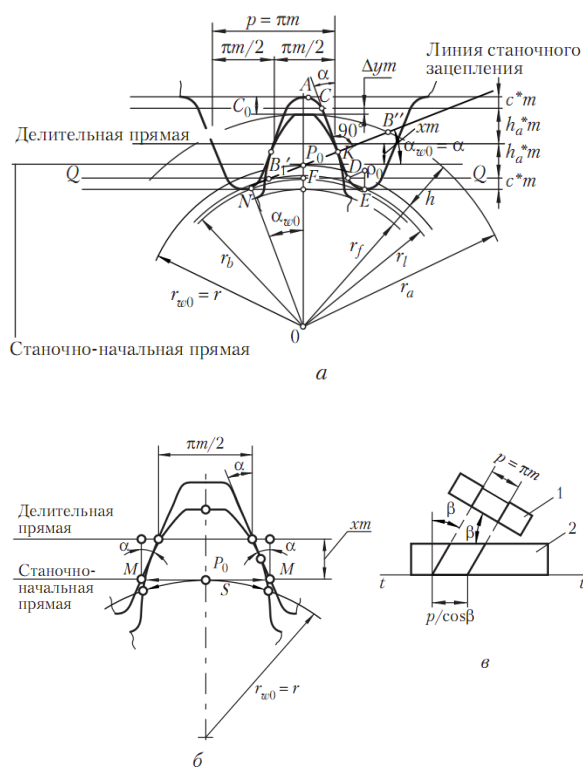
Сурет 2.6 – Әдістері тісті дөңгелектерді кесуге арналған

Егер өндіруші бетті кесілетін дөңгелектің осіне перпендикуляр жазықтықпен бөлсе, онда қимада бастапқы өндіруші контурды (ИПК) аламыз. Станок ілінісі бар зацепление ИПК профиль тістің кесілетін дөңгелегі.

Қарастырайық реечное станоктық зацепление, т. е. мұндай кезде БАИ бар кескінге тісті рейкалар. Бұл ИПК-ның эвольвенттік жиектері түзу сызықты. Негізгі қозғалысымен эвольвентті рок-ті құрайтын кескіш құрал (құрт фрезасы немесе тарақ) өте құнды қасиетке ие: ол салыстырмалы түрде арзан және дәл жасалуы мүмкін. Кесілетін доңғалақ тістерінің геометриясы кескіш құралдың

ИПК параметрлерімен және оның доңғалаққа қатысты орналасуымен анықталады.

Эвольвенттік рейк аспабының бастапқы контуры. БАИ нысаны мен өлшемдері стандартталған. Тістері бейінінің эвольвентті бөліктері (2.7, а сурет) тік сызықты және бұрышпен тіс осіне еңкейген. Тістің тік сызықты бөлігінен ойпаттың негізіне және төбесіне өту радиус доғасы бойынша жүзеге асырылады $p_0 = pf$. Жұптасу нүктелері БАИ-да әріптермен белгіленген А, С, D, E. CD тік сызықты бөлігі эвольвентті болып табылады, ал AC және DE дөңгелектеу контурдың эвольвентті бөлігі емес. Тістің биіктігі бойынша екі тең бөлікке бөлетін түзу және тістердің ойпаттарының негіздері бойынша, олардың шындары бойынша және С және D жанасу нүктелері арқылы өтетін түзу деп аталады. $h_a^* = h_a^* m$ и $C = c^* m$, мұндағы h_a^* – тіс биіктігінің коэффициенті; c^* – радиалды саңылау коэффициенті. Стандарт бойынша $h_a^* = 1,0$; $c^* = 0,25$.



Сурет 2.7 - тісті дөңгелекті кесу кезінде білдек ілінісі

Бөлгіш түзу бойымен өлшем-қадам, тіс қалыңдығы және ойпаттың ені. Кез келген түзу, параллель бөлумен өлшенген бастапқы өндіргіш контурдың қадамы тұрақты, тең, мұнда – стандартты модуль. Бак тісінің қалыңдығы ойпаттың еніне тең $s_0 = e_0 = \pi m / 2$. Тіс профилінің бұрышы стандартталған: $\alpha = 20^\circ$. Дөңгелектеу радиусы (доға DE)

$$p_f = \frac{c^* m}{1 - \sin \alpha} \approx 0,4m \quad (2.31)$$

Осылайша, БАИ құралы төрт стандартты параметрлермен сипатталады: m, α, h_a^*, c^* .

Станокта құралды кесу дөңгелегіне қатысты әртүрлі орналастыруға болады. Сондықтан, станок ілгішінде бөлгіш тікБАИ дөңгелектің бөлгіш шеңберіне қатысты әртүрлі түрде орналасуы мүмкін:

- 1) бөлу шеңберіне қатысты болуы мүмкін – құралды нөлдік орнату;
- 2 – одан жылжу - оң орнату;
- 3) оны кесіп өту – теріс орнату.

Бөлгіш түзу мен бөлгіш шеңбер арасындағы қашықтық құрал-сайманның ығысуы деп аталады. Оны ығысу коэффициентіне модульдің туындысы түрінде білдіреді және оған белгі беріледі. Нөлдік орнату кезінде ығысу $mx = 0$, $x = 0$.

Сурет 2.7, және оң ығыстырылған тісті дөңгелекті кесу кезінде рейкалық станок ілінісі бейнеленген және бастапқы контурдың, кесілетін дөңгелектің және станок ілінісінің барлық элементтері көрсетілген.

Түзу станок ілініс сызығы нүктеде басталады N және полюс арқылы P_0 шексіздікке кетеді.

Доңғалақ тісінің профилі эвольвентті және эвольвентті емес бөлікке ие. Эвольвенттік профильдің эвольвентке ауысуы радиусы дөңгелектің шекаралық нүктелерінің шеңберінде орналасқан $r_1 = OB_1'$.

Сыртқы тістері бар жасалған тісті дөңгелектің өлшемдері. Диаметрі шыңдары прямозубого дөңгелектер 2.5, а суретте көрсетілген.

$$d_a = 2r_a = m(z + 2h_a^* + 2x - 2\Delta y) \quad (2.32)$$

Сол суреттен тіс биіктігі:

$$h = m(2h_a^* + c^* - \Delta y) \quad (2.33)$$

Егер $x = 0$ (құралды ауыстыру жоқ) және $\Delta y = 0$ $\Delta y = 0$, то $d_a = m(z + 2h_a^*)$, $h = m(2h_a^* + c^*)$, және стандартты мәндер үшін $h_a^* = 1,0$ и $c^* = 0,25$ аламыз $d_a = m(z + 2)$ и $h = 2,25m$.

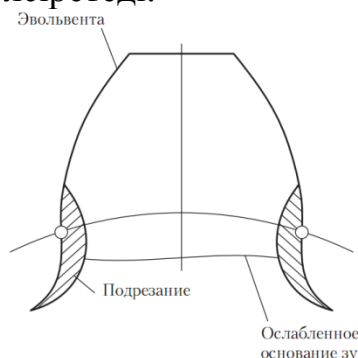
Кескіш дөңгелекті кесу кезінде бастапқы өндіргіш контурдың профиль бұрышы стандартты шамамен салыстырғанда артады $\alpha = 20^\circ$, биіктігі бойынша өлшемдер өзгермейді, ал бүйір қимасындағы қадам артады. Қисық тісті дөңгелектерді кесу кезінде бастапқы өндіргіш контурдың профилінің есептік бұрышы мынадай формула бойынша анықталады:

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (2.34)$$

Эвольвентті ілінісудің қасиеттеріне сәйкес тік сызықты, яғни эвольвентті, ИПК бөлігі және тісті профильдің эвольвентті бөлігі бір-біріне қатысты

нүктеде басталатын станоктық ілініс сызығында ғана орналасады . Осы нүктенің сол жағында ИПК тік сызықты бөлігі дөңгелек тісінің эвольвенттік профиліне қатысты емес, оны кесіп өтеді. 2.8-сурет.

Кесу доңғалақ тісінің профилінің эвольвентті бөлігін азайтады және оның қауіпті қимасында тісті әлсіретеді.



Сурет 2.8 – Тісті кесу

Кесу станокты ілініс сызығының белсенді бөлігінің шекарасы 2.5 суреттен оңға орналасқан кезде, яғни шарт орындалған кезде болмайды.:

$$P_0N \geq P_0B_1' \quad (2.35)$$

Шамасын көре тұра P_0N және P_0B_1' шартында (2.15) z шешеміз, сонда:

$$z \geq 2(h_a^* - x) / \sin^2 \alpha \quad (2.36)$$

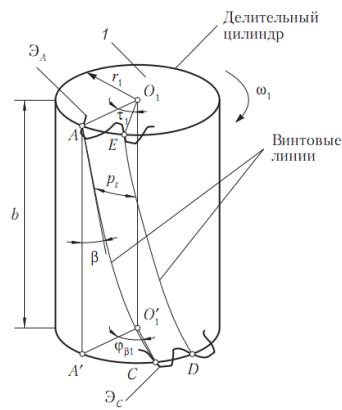
Егер $x = 0$ болса:

$$z_{\min} = 2h_a^* / 2 \sin \alpha \quad (2.37)$$

Ауыстырусыз дөңгелектерді жобалау кезінде тістердің санын тең немесе одан да көп алу қажет z_{\min} . Стандарт құрал жағдайында ($h_a^* = 1,0; \alpha = 20^\circ$): $z_{\min} \approx 17$

2.4 Тісті есептеу мен жасаудың кейбір аспектілерін талдау

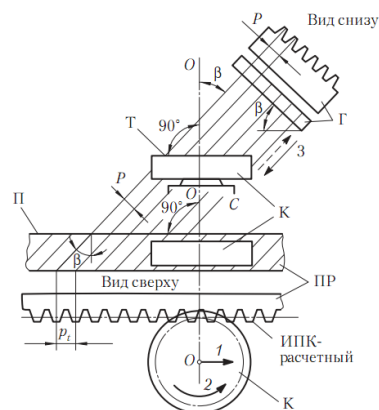
Ең алдымен, қисық тістер бұрандалы сызықтармен екі доңғалақтың цилиндрлерінде орналасқанын ескеріңіз (2.9 сурет). Егер цилиндрлер жазықтыққа қойылса, онда қисық тістер (қашықта) көлбеу параллель тік орналасқан болады. Сонымен қатар орналасады және бүйір тістерінің рейкалар.



Сурет 2.9 – Дөңгелек цилиндрінде қиғаш тістердің орналасуы

Қисық тісті доңғалақтар, тік тісті сияқты, станокты ілінісу процесі негіз болатын өңдеу әдісімен жасалады. Кесу үшін бірдей стандартты құрал қолданылады, бірақ ол бұрышпен көлбеу орнатылады (сурет 2.9). Сондықтан, технологиялық қозғалыста құралдың Кесу жиектерін сипаттайтын тіс бетін өндіретін тарақтар да көлбеу болады. Сурет 2.9-суретте өндіруші бет қисық проекциялаушы сызықтар түрінде схемалық түрде көрсетілген. бұл бет (егер оны ақыл-оймен материалдық жасаса) ойлап шығарған рейканың тістерін құрайды, демек, рейканың тістері қисық болады. Көрнекі өңдеу процесі бұрышта еңкейген қиғаш тістері бар өндіруші рейка бойынша жасалған дөңгелектің тербелісі ретінде елестете аласыз.

2.8 және 2.9 сурет салыстыру кезінде тік тісті, сондай-ақ қисық тісті доңғалақтарды дайындау кезінде 1 және 2 айналмалы қозғалыстар бірдей көрінеді. Осыдан өте маңызды қорытынды керек: өндіруші рейкамен тік тісті дөңгелектің станок ілінісуіне қатысты барлық қағидаттық ережелер, сондай-ақ өндіруші рейкамен косозубой бар косозубой дөңгелектің станок ілінісуі үшін әділ.



Сурет 2.10–Қисық тісті доңғалақтарды жасау кезінде станоктық ілінісулер

Құралдың еңістігі арқасында алынған ИПК параметрлері өндіруші бетінің жазықтықпен қиылысқан кезде пайда болатын стандартты ИПК параметрлерінен өзгеше болады l .

Барлық бұрын жасалған формулалардың математикалық құрылымы сақталады, бірақ оларды жазу стандартты параметрлердің орнына барлық жерде бірдей ерекшелікке ие болады m, α, h^*, a, c^* оларға есептеу параметрлерін кою керек $m_t, \alpha_t, h_t^*, a_t, c_t^*$, β бұрышына тиесілі:

Мысалы:

Түзу тісті беріліс

$$r_b = \frac{mz}{2} \cos \alpha$$

$$h = m(2h_a^* + c^* - \Delta y)$$

Қисық тісті беріліс

$$r_b = \frac{m_t z}{2} \cos \alpha_t$$

$$h = m_t(2h_{at}^* + c_t^* - \Delta y)$$

Стандартты параметрлерден есептік параметрлерге көшу формуласын көрсету:

$$m_t = \frac{m}{\cos \beta};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (2.38)$$

Тістердің қисық бағыты цилиндрлік берілісті ерекше қасиеттерге ие етеді. Тістің еңкейтуінің арқасында ол бірден толығымен емес, біртіндеп. Профиль ілінісуден шыққаннан кейін, 1 тісті доңғалағы профильдің ілінісуінен шығу сәтіне дейін бұрышқа айналады ЭС (сурет 2.8).

Қисық тіс беру жабу коэффициентінің қатынасы деп аталады $\varepsilon_y = \varphi_{y1} / \tau_1 = \varphi_{y1} / \tau_1 + \varphi_{y2} / \tau_2$. Ашып жазсақ:

$$\varepsilon_y = \varphi_{y1} / \tau_1 = \varphi_{\alpha 1} / \tau_1 + \varphi_{\beta 1} / \tau_1 = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$$

Бұл ε_α , шеткі жабу коэффициенті деп аталады. Және ε_β – осьтік жабу коэффициенті-осылай анықталады: $\varepsilon_\beta = \varphi_{\beta 1} / \tau_1 = AC / AE = b \cdot \operatorname{tg} \beta / p_t$ (2.8 суретке қарасақ). $p_t = \pi m_t$:

$$\varepsilon = \frac{b \operatorname{tg} \beta}{\pi m_t} \quad (2.39)$$

Енді қисық тісті беру жабу коэффициентін анықтау үшін формуланы жазамыз:

$$\varepsilon_t = \frac{z_1}{2\pi} (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_w) + \frac{z_2}{2\pi} (\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_w) + \frac{b \operatorname{tg} \beta}{\pi m_t} \quad (2.40)$$

Қисық доңғалақтар үшін теңдеуі (2.37) түрге ие болады:

$$z_{\min}^{koc} = \frac{2h_{at}}{\sin^2 \alpha_t}$$

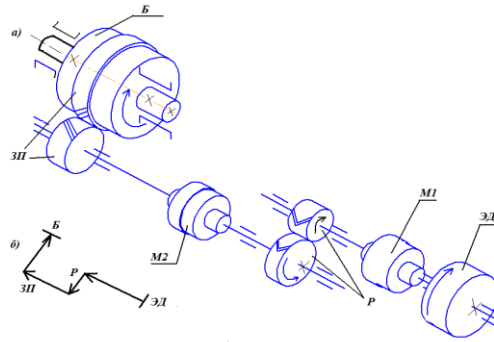
2.5 Шарлы диірмендердегі жетектің динамикалық параметрлерін зерттеу

Шарлы диірменнің электр жетегі барлық күштерді ескеретін өте күрделі жүйе болып табылады. Сондықтан басты міндет негізгі инерциялық элементтерді, байланыс пен күштерді есепке алатын электромеханикалық есептеу схемасы негізінде басты факторларды бағалау болып табылады.

Динамикалық процестерді зерттеу кезінде қозғалтқыштың сәті тұрақты немесе тәуелсіз уақыт функциясына сенуге болады. Бұл жағдайда есептік электромеханикалық схеманы құрастыру жетектің механикалық бөлігіндегі басты инерциялық элементтер мен байланыстарды анықтауға азаяды. Мысалы, диірмендердің кинематикалық схемалары 3.1 және 3.2 суретте көрсетілген.

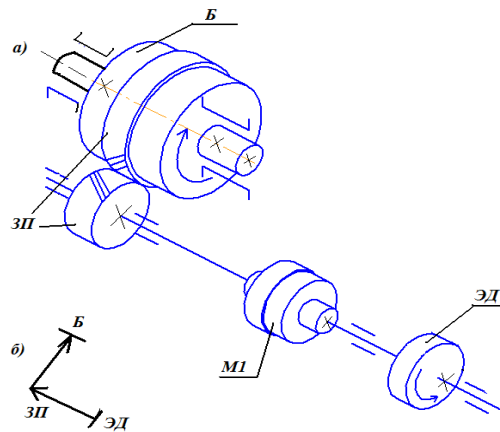
3.6 - суретте көрсетілген шарлы диірмен барабанының айналу механизмінің кинематикалық схемасы ЭД қозғалтқышын және Р редукторынан және ЗП ашық тісті жұбынан тұратын беріліс құрылғысын қамтиды, оның көмегімен айналу сәті тікелей Б қондырғысының жұмыс органына беріледі. Жүктеме бойынша біліктердің иілу деформациясын, сондай-ақ тіректер мен мойынтіректердің деформациясын тудыратын радиалды күштер пайда болады, бұл массалар арасындағы серпімді байланыстарды одан да күрделі етеді.

Алайда, көз жеткізуге болады, бұл кезде үлкен инерциялы қабылдайтын барлық айналуы барабанды шарлы диірмен есептеу схемасы, бұл жағдайда, қабылдануы мүмкін жеткілікті қарапайым. Есептеу сұлбасын жасау үшін кинематикалық тізбек элементтерінің инерция және қаттылық сәттері бір білікке әкелу қажет. Көбінесе қозғалтқыштың білігіне белгілі арақатынас немесе жұмыс органына келтіру ыңғайлы.



а - қозғалыс және энергия ағынын беру схемасы;
 б - қозғалыс беру схемасы

Сурет 2.11 -
 МШР 2100x2200 шарлы диірменнің барабанының айналу механизмі



а - қозғалыс және энергия ағынын беру схемасы,
 б - қозғалыс беру схемасы

Сурет 2.12 – МШЦ 2800x4400 шарлы диірменнің барабанының айналу механизмі

Диірмендердің жұмысына серпімділік күші, теңгерілмеген барабанның инерция күші, жетек біліктері мен барабан тіректерінде, тісті іліністерде және муфталарда, бұралу кезінде беріліс біліктерінің материалында үйкеліс күші және т. б. әсер етеді.

Шарлы диірмендердің жетегі механизмдерінің кинематикалық тізбектері жалпы жағдайда, негізінен муфталар мен тісті ілінісулер арасында бөлінген беріліс элементтерін жасау мен тозуының дәлсіздіктерімен шартталған саңылаулардан тұрады. Жетектің әрбір бөлігі өз өлшемдері мен массасына ие. Егер барлық нақты конструктивтік ерекшеліктерді ескеретін болсақ, онда машина агрегатының есептік схемасы серпімді байланыстары мен саңылаулары бар көп массалық механикалық жүйе ретінде қарастырылуы тиіс.

Мұндай жүйенің қозғалысы мен динамикасын зерттеу күрделі және қиын шешілетін есепті құрайды.

Алайда, егер мұндай жүйелер қозғалысының негізгі заңдылықтары ең үлкен массалармен және саңылаулармен және байланыстардың ең кіші қаттылықтарымен (серпінділермен) анықталатынын ескерсек, онда бұл барлық агрегаттың есептік сызбасын үш немесе екі массалық, не келтірілген массалар мен инерция моменттері бар бір массалық динамикалық жүйеге, балама серпімді байланыстармен және жиынтық саңылаумен (немесе онсыз) келтіруге мүмкіндік береді.:

- жетек қозғалтқышына, егер оның қозғалысы мен жүктелуін зерттеу міндеті болса;
- машинаның, агрегаттың жұмыс бөлігіне, егер оның қозғалысы мен динамикасын зерттеу қажет болса.

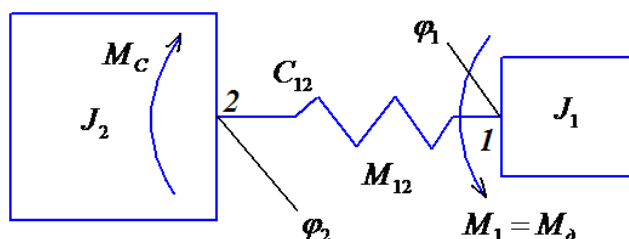
Құрамыз жинақталған есептік схемасын шарлы диірмен (сурет 2.13), мұндағы φ_1, φ_2 - ротор барабанының бұрылу бұрыштары;

J_1, J_2 - қозғалтқыш роторы мен барабанның Инерция сәттері;

C_{12} - қозғалтқыш пен барабан арасындағы тығыз байланыстың қаттылығы;

M_c, M_1 - барабан және ротор жүктейтін күштер сәттері,

мұндағы $M_1 = M_{ном}$, $M_2 = M_c$.



Сурет 2.13-шарлы диірмендердің жалпыланған есептік сұлбасы

Есептік схемасы жасалды деген кезде, развиваемый, қозғалтқышпен байланысты емес динамикалық процестерді жұмыс органында-диірмен – барабанда, өйткені жеткілікті қатаң механикалық сипаттама, бұл ретте сәтте оның білігіндегі тәуелді емес бұрылу бұрышының және бұрыштық айналу жылдамдығын, оның роторының. Бұл жағдайда жетектің механикалық бөлігіндегі өтпелі процестер серпімді жүйе жүктемесінің тербелістерімен және бұрыштық жылдамдық ω_1 тербелістерімен сүйемелденеді.

Қозғалтқыш моментінің әсері кезінде серпімді механикалық екі массалық жүйеде пайда болатын процестерді сипаттаймыз $M_o = M_2 = f(t)$, сонымен қатар, механикалық байланыстардың қаттылығы тұрақты болып табылады.

Қозғалтқыш білігіне үйкеліс күшін және диссипативті күштерді елемей, 3.3 суретте бейнеленген жүйенің қозғалысын келесі дифференциалдық

теңдеулер жүйесімен сипаттауға болады, екі еркіндік дәрежесі бар механикалық жүйе ретінде:

$$\left. \begin{aligned} M_1 - M_{12} &= J_1 \dot{\omega}_1 \\ M_{12} - M_C &= J_2 \dot{\omega}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.41)$$

мұндағы $M_{12} = C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2)$ - 1 қозғалтқышы мен 2 барабанның арасындағы серпімді байланыс жүктемесінің сәті ;

φ_1 - қозғалтқыш білігінің бұрылу бұрышы;

$\dot{\varphi}_1 = \omega_1$ - оның бұрыштық жылдамдығы;

$\ddot{\varphi}_1 = \dot{\omega}_1$ - бұрыштық жеделдету;

φ_2 - қозғалтқыш білігіне келтірілген барабанның 2 бұрыштық қозғалысы;

J_1, J_2 - 1 қозғалтқыш роторының инерция моменттері және 2 барабан.

Бірқатар түрлендірулер арқылы қозғалтқыштың айналу жылдамдығына қатысты шешілген жүйе қозғалысының теңдеуі алынды:

$$\frac{\ddot{\omega}_1}{p_{12}^2} + \dot{\omega}_1 = \varepsilon_{cp} \quad (2.42)$$

мұндағы $\varepsilon_{cp} = \frac{(M_1 - M_2)}{(J_1 + J_2)}$ - қозғалтқыштың орташа жеделдетілуі;

$p_{12} = \sqrt{\frac{c_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}}$ - екі массалық серпімді жүйенің еркін тербелісінің жиілігі [75, б.23].

Шешім (2.42) бастапқы жағдайда

$$\omega_{10} = \omega_{20} = 0; M_{10} = M_C$$

Мынадай түрде:

$$\omega_1 = \varepsilon_{cp} t + \frac{J_2 \varepsilon_{cp}}{J_1 p_{12}} \sin p_{12} t \quad (2.43)$$

Серпімді байланыс жүктемесі (2.41) и (2.43):

$$M_{12} = M_1 - J_1 \dot{\omega}_1 = J_2 \varepsilon_{cp} (1 - \cos p_{12} t) + M_C \quad (2.44)$$

Осылайша, $M_\delta = M_1 = const$ болғанда, электржетектің іске қосылуы (өтпелі процесс) серпімді механикалық жүйеде тербеліспен жүреді. Тербеліс есебінен

берілістің максималды жүктемесі орташадан едәуір асуы мүмкін. Бұл асып кету динамикалық коэффициентпен сипатталады:

$$k_q = \frac{M_{12}}{M_{12cp}} = \frac{M_c + 2J_2\varepsilon_{cp}}{M_c + J_2\varepsilon_{cp}} \quad (2.45)$$

Серпимді тербелістер орта есеппен өтпелі процестердің ұзақтығына әсер етпейді және төменде тоқтайтын ерекшеліктерді қоспағанда, диірмендердің өнімділігін төмендетпейді. Алайда, олармен тура келеді, өйткені олар пайдасыз жүктемені көбейтіп хабарлар мен жұмыс құрал-жабдықтарын және тездетеді, олардың тозуы. Сондықтан динамикалық коэффициент механикалық жабдықтың жұмыс істеу шарттарының маңызды көрсеткіші болып табылады, ал оның төмендеуі практикалық қызығушылық тудырады.

(2.45) қарастырудан динамикалық коэффициент механизмнің үдеуі мен инерционалдығын арттырумен ұлғаяды деп қорытынды жасауға болады. Үлкен инерция моменті бар механизмдер үшін көптеген жағдайларда статикалық жүктеме елеусіз аз, ал динамикалық коэффициент = 2 мәніне жетеді.

Matlab бағдарламасы бойынша есептелген динамикалық коэффициентті есептеу мысалы, онда шарлы диірмен жетегінің тісті ілінісуінің негізгі динамикалық параметрлері анықталған, механикада белгілі есептеу әдістерін қолдану, қатты дауыстылыққа байланысты А қосымшасында келтірілген.

Шарлы диірмендердің жетектеріне қойылатын талаптар, атап айтқанда, жетектің беріліс механизміне айналу моментінің біркелкілігін қамтамасыз ету немесе кіріс және шығыс біліктердің жылдамдығының лездік мәндері арасындағы белгіленген кинематикалық байланыстың қатаң тұрақтылығымен, яғни беріліс санының тұрақтылығымен қамтамасыз ету. Бірақ тісті беріліс элементтерін жасаудың шектеулі дәлдігі оның жұмысының мінсіз шарттарын іске асыруды жоққа шығарады.

Нақты тісті беріліс әрдайым өндірістің дәлсіздіктерімен байланысты бірқатар қателіктерге ие. ГОСТ 1643 -56 "тісті цилиндрлік берілістер" сәйкес тісті цилиндрлік беріліс жүрісінің бірқалыпты болуын бұзатын келесі негізгі қателіктерді көрсетуге болады.

Дәл дөңгелегі бар бір Профильді ілінісуде дайындалған тісті дөңгелектің бұрылу бұрышының қателігі бір айналым шегінде орын алады. Максималды жиынтық қателік дөңгелектің кинематикалық қателігі деп аталады және осы дөңгелекті жасаудың барлық дәлсіздіктерімен анықталады.

Кезеңі дөңгелектің бір айналымға бұрылу бұрышымен анықталатын кинематикалық қателіктің құраушысы тәждің (эксцентриситеттің) соғылуы және қоршаған қадамның жинақталған қатесі салдарынан пайда болады. Оған келтірілген циклдік қателік көршілес шеңберлі қадамдардың әртүрлілігімен және ең бастысы, тістер профилінің идеалдан ауытқуымен байланысты. Соңғы жағдайда циклдік қателіктің жиілігі тістен тіске ілінісудің өту жиілігіне сәйкес келеді.

Сонымен, жұмыс кезінде редуктор электржетегі беріліс жағынан әртүрлі жиіліктегі механикалық ауытқуларды бастан кешіреді, қозғалтқыш элементтерінің динамикалық жүктемелерін ұлғайтады, Шу мен дірілдеуді тудырады. Техникадағы беріліс жүрісінің біркелкі еместігінің қолайсыз көріністері бұрыннан белгілі және оларды механикада зерделеуге айтарлықтай көңіл бөлінген. Мысалы, ғылыми еңбектерде цилиндрлік тік тісті беріліс қателіктерін дайындау дәлдігі кезінде оның параметрлерінің өзгеруінің кең диапазонында зерттеу келтірілген және осы қателіктермен негізделген берілістердің қосымша жүктемелерін бағалау үшін жақын арақатынас берілген.

Жаңа тісті доңғалақтар үшін беріліс санының орташа мәннен ықтимал ауытқуларын сандық бағалау МЕСТ 1643-56 регламенттелген оларды дайындауға тиісті рұқсаттардың көмегімен жүргізілуі мүмкін.

Берілетін санның айналымдық пульсациясы рұқсатнамамен анықталады E_{σ} тәждің радиалды соғуына және қоршаған қадамның жинақталған қателігіне рұқсатпен δ_{Σ} . Осы рұқсатнамалардың берілген мәндері бойынша есептеулер 11 - ші дәрежелі дәлдіктегі айналым пульсациясын бағалауға мүмкіндік береді $\Delta i_m = 0,003 \div 0,01$, ал 8 –ші дәлдік дәрежесіне $\Delta i_m = 0,0007 \div 0,003$. Дөңгелектің диаметрін ұлғайтумен бұл пульсациялар азаяды. Беріліс санының тісті пульсациялары циклдік кинематикалық қателікке рұқсатнамалармен анықталады δF , тіс профилінің идеалдан ауытқуына және обкаттың қателігіне $\delta \varphi_{\Sigma}$. Тиісті бағалаулар, сондай-ақ беріліс санының тісті пульсациясының шамасы 1% - ға жетуі мүмкін, бірақ оларды жасаудың дәлдігін арттырумен тез төмендейді. Дөңгелектің осы диаметрінде рұқсатнама ілініс Модулінің ұлғаюымен тез өседі, сәйкесінше тіс қателігі артады Δi_m .

2.6 Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерінің беріктігін арттырудың технологиялық тәсілдері

Ауыр жүктелген тісті дөңгелектердің беріктігін арттыру өте күрделі және әртүрлі проблемалардың өзара байланысқан кешені болып табылады. Оларды дайындау мен пайдаланудың барлық кезеңдерінде дөңгелектердің қызмет ету мерзіміне әсер ететін факторларды жете бағаламау тұтастай жабдықтың қызмет ету мерзімін күрт төмендетеді. Ұзақ мерзімділікті пайдалану проблемаларын шешу жұмыс беттерінің жоғары сапасын қамтамасыз ету мақсатында технологиялық құралдардың барлық арсеналын пайдалануды талап етеді, өйткені дәл сол үстінгі қабат олардың пайдалану сипаттамаларына үлкен әсер етеді.

Берілістің бірқалыпты жоғарылауы, осылайша динамикалық жүктемелер мен шуды төмендету әртүрлі тәсілдермен қол жеткізуге болады. Беріліс жұмысының бірқалыптылығына белгілі әсер ететін ілініс қаттылығы тісті доңғалақтың h_0 жиегінің қалыңдығына байланысты. Доңғалақтар денесінің

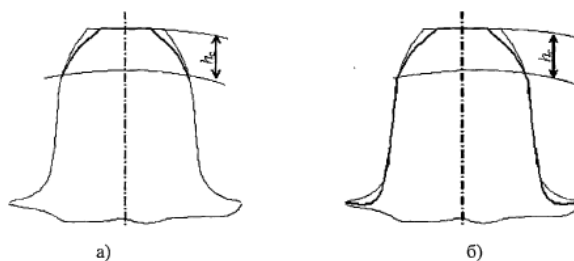
конфигурациясын өзгертумен ілініс қаттылығының төмендеуіне қол жеткізуге болады, бірақ тәждің қалыңдығы мен қалыңдығының едәуір азаюы олардың беріктігінің төмендеуіне әкеледі [82].

Жұмыс барысында жүйенің параметрлік тербелісінің төмендеуі және беріліс жұмысының бірқалыпты жоғарылауы тістердің қатты деформациялану шамасының азаюына қол жеткізуге болады. Е жабу коэффициенті бүтін санға тең болуы керек, содан кейін ілгекте тістердің жұптарының бірдей саны болады. Алайда, тістер жиектерінің тозуы, доңғалақтар конструкциясы элементтерінің серпімді деформациясы және басқа да факторлар салдарынан жабу коэффициентін санға дәл тең ұстау өте қиын. Сондықтан тісті берілістердің пайдалану көрсеткіштерін арттыратын тиімді және тәжірибеде кеңінен таралған әдіс тістердің профилін өзгерту болып табылады.

Модификацияның екі ұғымы бар: табиғи және тістің профилінің әдейі өзгеруімен алынған. Тістердің профильдерінің табиғи модификациясы деп доңғалақтардың жұмыс процесінде тістердің басының кейбір тозуы немесе доңғалақпен ілінісуден оның шығу сәтіндегі тегістеу шеңберінің сығылуының азаюынан туындайтын бастағы профиль бөлігінің кейбір тегістеуі түсініледі. Алайда, ғылыми жұмыста атап өтілгендей, берілістің пайдалану көрсеткіштерін жақсарту тәсілі ретінде тістердің бейінінің әдейі өзгеруінің модификациясы тиімдірек болып табылады. Профильді модификацияны қолдану тістің ені бойынша жүктеменің біркелкі таралуын төмендетуге мүмкіндік береді және белгілі бір дәрежеде дайындау қателіктерінің және серпімді деформациялардың әсерін өтейді, осылайша беріліс жұмысының бірқалыптылығын арттырады.

Дөңгелектердің Профильді модификациясының бірнеше түрі бар, бірақ іс жүзінде 2.14 - суретте көрсетілген жетекші және бұрыштық дөңгелектердің модификациясының екі түрі қолданылады-бұл тістердің бастарын, сондай-ақ тістердің бастарын және аяқтарын фланкирлеу. Эксперименталды зерттеулер тіс басының кесу биіктігі сияқты параметрді ұлғайту нәтижесінде бейінді модификацияның тиімділігі артады.

Профильді модификацияның тиімділігіне тек параметрлер ғана емес, фланкирлеу нысаны да әсер етеді. Профильді модификацияның әртүрлі нысандарының тиімділігі, атап айтқанда түзу және қисық сызықты (дөңгелек нысаны), авторлар меншікті айналадағы динамикалық күш пен тісті дөңгелектердің шу деңгейін төмендету бойынша бағалады. Ауыр жүктелген доңғалақтар үшін айналмалы нысан неғұрлым тиімді болып табылатыны анықталды, өйткені бұл нысан үшін айналмалы динамикалық күштің төмендеу коэффициентінің мәні тік сызықты формаға қарағанда жоғары модификациядан кейін бейінді модификацияға дейін қатынасты білдіреді.



а-тіс басының бейінді модификациясы,
б-тіс басы мен аяқтарының бейінді модификациясы

Сурет 2.14-бейінді модификацияның параметрлері

Профильді модификациялаумен қатар, доңғалақтар тістерінің беріктілік сенімділігіне, әсіресе, рұқсат етілген иілу кернеулеріне әсер ету модульдің мәні m . Алайда ірі модульді доңғалақтар артық жүктемелерге аз сезімтал, ал материалдың біртектілігі және дайындау қателіктері тістердің беріктігіне аз дәрежеде әсер етеді. Сондықтан ауыр жүктелген тісті берілістер үшін ірі модульді доңғалақтарды қолдану ұсынылады, бірақ модульді күшейткен кезде олардың байланыс төзімділігі мен антигизирге қарсы төзімділігі төмендейді.

Тәждің салыстырмалы енінің ұлғаюымен b/m бұзылудың барлық түрлеріне тістердің кедергісі төмендейді. Тісті тәждің ені бойынша жүктеме біркелкі бөлінеді, бұл тістердің деформациялануына, жиектер мен біліктердің бұралуына, біліктердің иілуіне және т. б. байланысты.

Жоғарыда айтылғандай, тістердің профильдерін табиғи түрлендіру кезінде тістердің бастапқы кезеңінде кейбір тозуын түсінеді. Әйтпесе, бұл кезеңді өнімді жасау процесінің соңғы кезеңі немесе оның технологиялық өңделуі ретінде елестетуге болады.

Қазіргі заманғы машиналарда тісті дөңгелектерге жоғары талаптар қойылады. Дөңгелек диірмендердің тісті дөңгелектері ауыр жүк бөлшектері болып табылады. Доңғалақтардың тістері байланыс аймағында жоғары қысымды сезінеді. Байланыста үлестік қысым 0,025-0,035 МПа жетеді.

Жұмыс барысында тісті дөңгелектердің көпшілігі симметриялық белгі жүкті немесе асимметриялық белгі жүкті цикл бойынша өзгертін динамикалық жүктемелерді сезінетіні анықталды. Берілістердегі тістердің өзара орналасуы мен пішінінің сөзсіз ақаулары беріліс тістерінде, сондай-ақ жетек тораптарында пайда болатын Шумен, дірілмен және қосымша динамикалық жүктемелермен сипатталатын беріліс механизмінің бос емес жұмысын тудырады.

Тісті дөңгелектерді алудың ең көп таралған жолы-Тісті кескіш станоктарда құрт фрезасын кесу. Мұндай өңдеу тісті доңғалақтардың 7-8 - ші дәлдік дәрежесі үшін 22-25 мк дейін жетуі мүмкін барлық ұштасқан беріліс тістерінде негізгі қадамның ауытқуына әкеледі. Сондықтан, тісті доңғалақтардың беріктігін және материалдың энергетикалық қорларын толық және дұрыс бағалау үшін циклдық және соққы-циклдық жүктемелерге материалдардың қарсыласуын бағалау қажет.

Тісті дөңгелектердің пайдалану беріктігі тістің шаршаңқы беріктігімен анықталған жағдайларда үстіңгі қабаттың жай-күйі аса маңызды мәнге ие болады. Тістің шаршаған сынуы нәтижесінде 10-40% тісті доңғалақтардың істен шығуы туралы әдебиетте келтірілген деректер мәселенің шынайы жағдайын толық көрсетпейтінін атап өткен жөн. Бұл жұмыстардың авторлары бөлшектердің конструктивтік өзгерістерін, неғұрлым легирленген болаттарды қолдануды, тісті доңғалақтар Модулінің ұлғаюын ескермейді. Осы шаралардың барлығы тісті будың шаршаған сынықтарының пайызын төмендетуге мүмкіндік берді, бірақ конструкциялардың айтарлықтай қымбаттауына және ауырлауына әкелді. Доңғалақтар Модулінің жоғарылауы, сонымен қатар бірқатар жағдайларда тістердің түйіспелі беріктігінің төмендеуіне, олардың тұнбаға қарсы төзімділігінің төмендеуіне әкелді.

Ауыр жүктелген тісті доңғалақтардың беріктігіне конструктивтік және технологиялық кернеу концентраторлары айтарлықтай әсер етеді, мысалы, галтельдің пішіні және ойпаттарды өңдеудің тазалығы сияқты.

Тісті дөңгелектерді жобалау және кесу кезінде тістердің галтельдерінің оңтайлы формалары мен өлшемдері әрдайым таңдалмайды. Тісті өтпелі галтельдің оңтайлы радиусын таңдау шаманы 20-25% - ға төмендетуге мүмкіндік береді. Тіс галтелі радиусының аз мөлшері галтельдегі кернеудің жоғары концентрациясына әкеледі ($K_p = 1,9 - 2,15$) және тістің тез бұзылуы.

Тісті доңғалақтар тістерінің беріктігі галтель радиусына ғана емес, тіс галтелі бетінің кедір-бұдырлығына да байланысты. Галтельдің кедір-бұдырлығы мен оның бетіндегі ақаулардың әсері галтельдің өзіне қарағанда, әсіресе қатты материалдар үшін әлдеқайда күшті болуы мүмкін. Тіс дөңгелектерін 7-8-ші дәрежелі дәлдік дайындау кезінде галтель бойынша тегістеу жиі жүргізілмейді, тістердің галтельдерінде тәуекелдер қалады, бетінің кедір-бұдырлығы 12,5-6,3 сәйкес келеді.

Тісті дөңгелектерді өңдеу жасырын ақауларды анықтау және жою мақсатында пайдалануға жақын жағдайларда олардың салыстырмалы қысқа жұмысын білдіреді және пластикалық түйіспелі деформацияның немесе түйіспелі беттердің тозуының нәтижесінде болады. Технологиялық өңдеу жүктемені бөлудің біркелкі емес дәрежесіне, жұмыс беттерінің қаттылығына, айналмалы жылдамдыққа, жұмыс уақытына, майлау материалдарына және басқа да факторларға байланысты болады. Әдетте жұмыс тәждің ені бойынша жүктеме ең біркелкі таратылған кезде беріліс жұмысының алғашқы сағаттарында қарқынды болады.

Пайдалану кезінде ауыр жүктелген тісті берілістердің сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету, регламенттейтін саңылауларды сақтау және үйкелетін жанасулардың зақымдануынан қорғау үшін үйкеліс буын сынатуды оларды біртіндеп жүктеу арқылы жүргізеді.

Өңдеу кезеңінің мәні ауыр жүктелген тісті берілістер үшін әсіресе үлкен, өйткені олар жоғары үлестік жүктеме, жоғары температура жағдайында және майлау жеткіліксіз болғанда жұмыс істейді. Осының салдарынан жағар май қажетті мөлшерде үйкеліс торабына оның жұмыс жағдайын жақсарту және

тиісінше, тұтастай алғанда жабдықтың ұзақ мерзімділігін арттыру мақсатында үздіксіз түсуі тиіс.

Барлық осы технологиялар жұмыс істеуді жақсартып алады және тісті дөңгелектердің беріктігін біршама арттыра алады, бірақ олар жағдайды түбегейлі өзгерте алмайды. Шамасы, олар басқа технологиялармен, атап айтқанда, құрылым бойынша да, физика-механикалық қасиеттері бойынша да бөлшектер бетінің жай-күйін толығымен өзгертетін Үстірт нығыздау технологияларымен бірге пайдалану кезінде орынды.

Жүктемелердің барлық негізгі түрлерінде металдың үстіңгі қабаттары ең кернеулі болады. Сонымен қатар, бұл қабаттар ең әлсіреген, өйткені тісті дөңгелектердің жұмыс бетінде кернеу концентраторларының ең көп саны шоғырланған (тәуекелдер, кесінділер, галтельдер және т. б.).

Сондықтан тісті доңғалақтардың жұмыс бетін механикалық беріктендірумен байланысты және олардың иілгіш беріктігінің жоғарылауын тудыратын технологиялық процестер қазіргі заманғы машина жасау үшін перспективалы болып табылады.

Тісті доңғалақтардың беттік деформациялық беріктігі әдістерінің бірі кең таралған. Көптеген эксперименттер мен зауыттық тәжірибе қара және түсті металдардан жасалған түрлі бөлшектерді ұсақтап беріктендірудің жоғары тиімділігін дәлелдеді. Әсіресе деформациялық беріктендіруді бөлшектермен тиімді қолдану кернеудің үстіңгі концентраторлары бар және циклдық жүктеме кезінде жұмыс істейтін көміртексіз беті бар бөлшектерге әсер етті.

Бұл сұрақтарға М.М. Саверин, алмен, И. В. Кудрявцев, И. М. Шашин, Н. А. Карасев және т. б. арналды. Бөлшектермен жапсыру процесінің мәні түпкілікті дайындалған бөлшектің беті шойын немесе болат ұнтақпен соққы импульсі арқылы суық пластикалық деформацияға ұшырайды, диаметрі 0,3-тен 2,5 мм-ге дейін.

Химиялық – термиялық өңдеуге ұшыраған болаттардың беттік деформациялық беріктігінің оң әсері пластикалық деформация нәтижесінде металдың өздігінен беріктенуімен және детальдардың беттік қабаттарындағы сығу кернеулерінің қозуымен түсіндіріледі.

Тойтарыс процесінде мартенситтің (дисперсиялық қатаю) сапалы өзгеруі және карбидтердің түсуі үлгінің барлық көлемінде емес (босату нәтижесінде), сырғанау жазықтықтары бойынша орын алады. Түсіп қалған дисперсиялық карбидтер жазықтықтар сыналанады, жаңа жазықтықтар бойынша сырғанауды тудырады, нәтижесінде металл нығыздалады.

Беттік қабаттағы құрылымдық түрленулер, сондай – ақ тойтарыс кезінде пайда болатын осы қабаттың пластикалық деформациясы оның көлемінің ұлғаюына және формаланбаған ішкі қабаттар жағынан қарсыласу салдарынан беткі қабаттарда қалдық қысу кернеулерін, ал бөлшектің ішінде қалдық созылу кернеулерін тудыратын серпімді қысуға әкеледі. Қысу кернеулері, жұмыс созылғыштарымен бірге, соңғысының зиянды әсерін азайтады.

Тісті доңғалақтардың өндірісіне бытырамен деформациялық беріктендіру процестерін кеңінен енгізу циклдық бүгілу жағдайында жұмыс істейтін

беріктігі жоғары болаттарға қолданылатын, бытырамен жапсырудың үлкен беріктендіруші әсерімен түсіндіріледі.

Қолда бар деректер цементтелген үлгілер мен тісті дөңгелектердің төзімділік шегінің, ұзақ мерзімділігінің және соққы – шаршаңқы беріктігінің айтарлықтай артқанын көрсетеді. Мысалы, 18ХГТ, 12ХНВА болаттан жасалған цементтелген үлгілердің төзімділік шегі, бытырамен жапсыру нәтижесінде жапсыру режимдеріне байланысты 6 - 60% – ға өсті; бытырамен жапсыру кезінде 3ОХГТ болаттан жасалған ұқсас үлгілердің соққы-циклдік беріктігі 2 есе өсті.

Нығыздалмаған және нығыздалған тісті дөңгелектерде жүргізілген зерттеулер тістердің төзімділік шегі бөлшектермен жапсыру нәтижесінде 10-18% - ға артатынын көрсетті.

Бөлшектермен бекіту тиімділігі цементтелген тісті доңғалақтардың пайдалану төзімділігінің артқанын көрсетеді. 20ХНМ, 25ХГМ және 3ОХГТ болаттан жасалған тісті дөңгелектерде жүргізілген зерттеулер жапсыру нәтижесінде пайдалану ұзақтығы 2,5-3 есе артатынын көрсетеді.

3 Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерді дайындау технологиясын зерттеу

3.1 Шарлы диірмендердің тісті берілістерді жасаудың технологиялық ерекшеліктері

Күш беретін берілістерге қойылатын негізгі талаптар-беріліс жұмысының тозуға төзімділігі, біркелкілігі және шусыздығы. Дөңгелек жылдамдығы соғұрлым жоғары болса, соғұрлым олар дәл жасалуы керек, себебі әйтпесе үлкен тозу мен шу болады.

Өнеркәсіптің түрлі салаларында пайдаланылатын ірі модульді тісті берілістердің жұмысы ұқсас жоғары динамикалық және таңбалы жүктемелерді, қысым мен температураның ауытқуын, шаңдануды және ауаның ылғалдылығын бастан кешіреді. Бұл жағдайда нақты тісті берілістердің жұмыс қабілеттілігі бірқатар технологиялық және құрылымдық ерекшеліктерге байланысты болуы мүмкін:

- механикалық өңдеудің немесе құрастырудың дәлсіздігімен байланысты тістердің түйіспелі жүктелуі берілісте қисаюмен және тістердің ұзындығы бойынша ішінара түйісумен байланысты;

- тістердің теориялық эвольвенттік бейінінен ауытқуы есебінен берілудегі жоғары жүктеме, Жаңа қалыптастыру кезінде өңдеудің жеткіліксіз дәлдігіне, тозудың жоғары қарқындылығына байланысты жиі туындайды;

- машиналардың атқарушы механизмдерінің жұмысы кезінде пайда болатын жоғары жүктемелер қатты тісті беріліске беріледі (мысалы, кенді ұнтақтау үшін байыту өндірісінде қолданылатын шарлы диірмендердің тісті тәжі).

Циклдік контакттілі кернеулер қателіктерге байланысты күшейтіледі; берілісті дайындау. Негізгі қадамның қателігі ілініске кіру кезінде тістердің соғылуының күшеюіне алып келеді және жоғарыда көрсетілген себептер кезінде 3-5 есе өсуі мүмкін.

МЕСТ 1643-81 бойынша тісті беріліс дөңгелектерінің дәлдігінің 12 дәрежесі орнатылған (дәлдіктің кемуі ретімен): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

Доңғалақтардың конструкциясы олардың қызметтік тағайындауымен тікелей байланысты. Тісті берілістердің жұмыс қабілеттілігін арттыруға конструкторлық, технологиялық және пайдалану әдістерімен көптеген зерттеулер арналған. Бұл салада А.И.Беляев, Н.Н.Каменев, В. Н. Кудрявцев, М. М. Машнев, В. В. Орлов, А. и. Петрусевич Э. В. Рыжов, Н. Ф. Хлебленный, Д. Л. Юдин және т. б. елеулі жұмыстар атқарылды.

Тісті берілістердің сенімділігі мен технологиялығын арттыру саласындағы ірі теориялық және эксперименттік жұмыстар Ресей ғалымы И.А. Болотовский, Э. Б. Булгаков, В. А. Гавриленко, В. Н. Кудрявцев, С. И. Лашнев, Б. А. Тайц және т. б.

Конструктивтік және технологиялық бағыттарды таңдау жағдайында әрқашан жалғыз дұрыс шешімге келе алмайды. Ең жиі Тісті дөңгелектерді дайындау кезінде дәстүрлі өңдеу әдістері қолданылады, оның ішінде құю немесе штамптау, алдын ала және соңғы токарлық өңдеу, жүзді құралмен тістерді кесу, HRCэ 50-62 дейін эвольвенттік Профильді ТВЧ шыңдау және кейінгі тісті тегістеу.

Ауыр жүктелетін берілістердің кепілді жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін жиі әрлеу операциясы ретінде теріс: шеңбердің байланыс аймағындағы жоғары жергілікті температуралардың арқасында тұқым қуалаушылық. Сондықтан, тістерді тегістеу, әдетте, шұңқырдың түбіне тимей, тістердің жұмыс беттерінен ғана жасалады. Негіздегі фрезермен тістерді фрезерлеу жүктемеде кернеу концентраторлары, яғни пайда болуы мүмкін ойпаттың бойында терең тәуекелдермен жоғары кедір-бұдырлықты жасайды. шаршау жарықтарының пайда болу орны.

Тістердің ППД-ны әрлеу-нығайтатын өңдеу ойпаттың бүкіл контуры бойынша да, тек эвольвентті беті бойынша немесе тек ойпаттың негізінде ғана тісті тегістеуден кейін тісті берілістің сенімділігі мен ұзақ мерзімділігіне оң әсер етуге мүмкіндік береді.

Тісті дөңгелектерді алу үшін пайдаланылатын ең көп таралған болат маркалары мыналар:

- көміртекті 35, 40, 45, 50;

- молибденді 20ХНМ, 30ХМ, 38ХМЮА, 38Х2МЮА және басқалары бар хромомолибден және хромоалюминийлер.

Тісті тәжі және шарлы диірменнің білік-тістегеріші ($z = 260$, $x = 0,085$; $m = 16$ мм; $B = 600$ мм) 35ХМЛ МЕСТ 977-88 көміртекті конструкциялық болаттан және 20ХНМ МЕСТ 4345-71 қоспаланған конструкциялық болаттан жасалады, олар тиісінше мынадай механикалық қасиеттері бар:

- беріктік шегі $\sigma_{\text{п}} = 830$ МПа и $\sigma_{\text{п}} = 835$ МПа;

- ағымдылық шегі: $\sigma_{\text{т}} = 400$ МПа и $\sigma_{\text{т}} = 700$ Н/мм²;

- салыстырмалы ұзаруы $\sigma = 12\%$ және $\sigma = 11\%$;

- салыстырмалы тарылуы $\Psi = 20\%$ и $\Psi = 50\%$.

Өңдеу барысында алынған технологиялық тұқым қуалаушылық тісті тәждің дәл және берік параметрлеріне әсер етеді және аналитикалық зерттеуді талап етеді. Бұл параметрлер дайындаманы алу, токарлық өңдеу, тісті қалыптастыру және өңдеу процестерінде технологиялық процестің басында салынады.

МЕСТ 1643-81 базалық беттердің қателіктерінің шамаларын анықтамайды, олардың рұқсат етілген ауытқулары тәжірибе мен рұқсат етілген қателіктердің нормативтері бойынша МЕСТ 8.051-81 қабылданады. Бұл жағдай жиі дөңгелектің тісті профилінің және оның отырғызу беттерінің дәлдігінің кейбір сәйкессіздіктеріне әкеледі.

Технологиялық жүйе элементтерінің қателіктерін тісті тәжге өтуді анықтау үшін, құрт модульдік фрездермен тісті кесу процесін талдаймыз.

Тісті тәждің бүйір беті өңдеу кезінде және жинау кезінде еркін орнату және технологиялық база болып табылады. Технологиялық базаны құрастыру базасымен біріктіру жиі мүмкін емес, демек, тесік осінің негізгі шетіне перпендикуляр болуының жоғары дәлдігін сақтау қажет.

Құралдың кептелуі эвольвенттік учаскелерді де, тістердің түбіндегі өтпелі беттерді де бұрмалауға әкеледі. Бұл кезде пайда болатын тойтарыс әсері күтпеген қалдық кернеуді қалдырады, олар кейінгі термиялық өңдеу кезінде тісті тәждің қабаттану әсерін күшейтеді. Барлық аталғандар таза өңдеуге біркелкі емес әдісті жасауға әкеледі және қателікті тудырады

$$\partial \Sigma = \partial_{\delta} + \partial_{\delta} + \partial_{\delta A \times}, \quad (3.1)$$

мұндағы T_T - токарлық өңдеу кезіндегі қателік;

T_{ϕ} – тіс жоңғылап өңдеу кезіндегі қателік;

$T_{ТВЧ}$ – жоғары жиілікті токтармен шыңдау кезіндегі қабаттанудан туындаған қателік.

Көптеген ірі модульді тісті доңғалақтардың тістері ТВЧ контурлы шыңдауға ұшырайды, ол белсенді учаскелерде қалыңдығы 4 мм және ойпаттың негізінде 1,5 мм кем емес берік қабат құруға мүмкіндік береді. Соңғы өңдеу көшіру әдісі бойынша немесе обката әдісі бойынша эвольвентті беттерді тісті тегістеу болып табылады. Обкат әдісі бойынша өңдеу кезінде уақыт жоғалтуы 3-4 есе өтеледі: жоғары сапалы көрсеткіштермен, өйткені профиль дәлдігі және тістің беттерінің кедір-бұдырлығы көп дәрежеде салынған конструктивтік талаптарға сәйкес келеді [118].

Доңғалақ материалдары ретінде, әдетте, болат пайдаланылады 20ГСЛ, 25Л, 30ГЛ, 35Л, 45Л, 45, 55Л, 40Х, 34ХН3М35ХНЛ, 35ХМЛ, 35ХНВ, 15ХМЛ, 18Х2Н4МА, 35ХН2МЛ, 35ХН2ВЛ, 45Х2МЛ және тағы басқасы.

Соңғы уақытта тістері көп жауапты Тісті дөңгелектерді өндіру кезінде цементтелетін болаттар (мысалы, 20ХНЗА Болат) қолданыла бастады. Бұрын бұл болаттар жетекші алты дөңгелектерді өндіру кезінде ғана қолданылған. Цементтеуді тістердің контуры бойынша одан әрі шыңдай отырып пайдалану олардың беріктігін айтарлықтай арттыруды көздейді.

Беттік қабаттың аталған тұқым қуалайтын ақауларын өңдеу технологиясында ұсынылған режимдерді сақтай отырып, бейтараптандыру іс жүзінде мүмкін емес. Демек, технологиялық тұқым қуалаушылықтың теріс салдарын жеңілдетуге мүмкіндік беретін тістерді түпкілікті өңдеу тәсілі қажет. Зерттеулер көрсеткендей, бұл әдіс РРД-ді әрлеу-нығайту өңдеуі болуы мүмкін. Тістердің ППД өңдеудің жоғары өнімділігін ескере отырып, оны жұмыс циклінің уақытын және өзіндік құнын ұлғайтпай, Тісті дөңгелектерді жасаудың технологиялық процесінде қосымша операция ретінде қолдануға болады. Тістің дөңгелек Бетінің дәлдік дәрежесі мен га кедір-бұдырлығы параметрінің шамамен байланысы оның қоршаған жылдамдығына байланысты 3.1-кестеде көрсетілген.

Кесте 3.1-дәлдік дәрежесі мен Ra тісті дөңгелектің айналмалы жылдамдығына тәуелділігі

Шеңбер жылдамдығы, м/с	Дәлдік дәрежесі	Ra, мкм
2,5 дейін	8/-	(2,5-1,25)/-
2,5-6	7/8	(1,25-0,63)/(2,5- 0,25)
6,0-16	6/7	(1,25-0,63)/(1,25-0,63)
16-40	5-6/6	(0,63-0,32)/(1,25-0,63)

Рұқсатнамалар доңғалақтардың дәлдік дәрежесіне байланысты анықталады, мысалы МЕСТ 1643.1 81 бойынша. Бөлу шеңберінің диаметрі 4180 мм-ге дейінгі тісті доңғалақ бойынша F_r қадамының жинақталған кателігіне және дәлдіктің 8 - ші дәрежесі үшін 16 мм модулімен-67 мкм рұқсат етіледі. Бөлу шеңберінің диаметрі 4180 мм - ге дейін және дәлдіктің 8 - ші дәрежесі үшін 16 модулімен доңғалақтың F_P тісті тәжінің радиалды соғуына рұқсат-53 мкм. Цилиндрлік тісті доңғалақтардың дайындамаларын өңдеу кезінде базалық беттер бірінші кезекте доңғалақтардың конструктивтік формаларына, техникалық шарттар мен шығару масштабы бойынша дәлдікке қойылатын талаптарға тәуелді беттер болуы мүмкін. Осылайша, Тісті дөңгелектерді дайындау базалық шетін (тірек базасы) өңдеуден басталады, содан кейін олардың базасында көптеген операциялар жүзеге асырылады: токарлық, тісті кесу және тіс тегістеу. Демек, Тісті дөңгелектерді дайындау кезінде алғашқы операцияларда бірінші кезекте көптеген операцияларда технологиялық база ретінде пайдаланылатын беттер өңделеді. Дәлдік 7-8 дәрежелі Тісті дөңгелектерді дайындау кезінде қалыпқа келтіру және босату көбінесе дайындаманы құйғаннан кейін (алғашқы токарлық өңдеусіз) бірден жүргізуге болады. Бұл термиялық өңдеуден туындаған қабаттар осы дәлдік дәрежелері үшін рұқсат етілген шектерде болады.

3.2 Шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерін жасаудың технологиялық процесі

Тісті дөңгелекті өңдеудің технологиялық процесін жобалау үшін келесі бастапқы деректер болуы керек: бөлшектің жұмыс сызбасы, доңғалақтың дәлдік дәрежесі, тісті доңғалақ орнатылған түйіннің Құрастыру сызбасы, бөлшектердің жылдық шығарылымы, сондай-ақ әр түрлі басшылық және анықтамалық материалдар мен өңдеудің типтік технологиялық процестері және т.б... тісті дөңгелекті өңдеудің технологиялық процесі екі бөлікке бөлуге болады: дайындаманы механикалық өңдеу және тісті өңдеу.

Дөңгелектің мөлшері кесу әдісін және тісті кесу жабдығын таңдау кезінде анықтаушы факторлардың бірі болып табылады. Бұл ретте, модульдің

өлшемімен анықталатын тістердің өлшемдері мен дайындаманың өлшемін ескеру қажет.

Дайындау сапасы кесу әдісін және технологиялық процестің құрылымын таңдауға айтарлықтай әсер етеді. Тісті доңғалақтардың жоғары дәлдігі мен төмен кедір-бұдырлығы базалық беттерді және тістердің профильдерін өңдеу кезінде қосымша өңдеу операцияларын талап етеді. Станоктар мен технологиялық жабдықтардың дәлдігі жоғары болуы тиіс. Жоғары сапалы тісті дөңгелектердің дәл және тегіс айналуы үшін қажет.

Тісті доңғалақтың құймасының өлшемдерін есептеу әдіптерді есептеу әдістемесіне сәйкес жүргізіледі.

Дәнекер-бөлшектің өңделетін бетінің берілген қасиеттеріне қол жеткізу мақсатында дайындаманың бетінен шығарылатын материалдың қабаты.

Қарама-қарсы беттерді параллельді өңдеу кезінде ең аз дәнекер (екі жақты дәнекер)

$$2z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \Delta \sum_{i-1} + \varepsilon_i] \quad (3.2)$$

мұндағы $R_{z_{i-1}}$ -өткен өткелдегі профиль бұдырлықтарының биіктігі;

h_{i-1} -алдыңғы ауысудағы ақаулы беткі қабаттың тереңдігі (көміртегі немесе ағартылған қабат);

(параллельден, перпендикулярлықтан, осьтіліктен, симметриялықтан, осьтердің қиылысуынан, позициялық ауытқулар) және кейбір жағдайларда беттің пішіні ауытқуы (плоткиялықтан, алдыңғы орындағы тік сызықтықтан ауытқулар);

ε_i -орындалатын ауысуда дайындаманы орнату қателігі.

Беттерді өңдеуге номиналды әдіптер: сыртқы

$$z_i = z_{i\min} + e_{i-1} + ei_i \quad (3.3)$$

$$2z_i = 2z_{i\min} + e_{D_{i-1}} + ei_{D_i} \quad (3.4)$$

мұндағы e_{i-1} , $e_{D_{i-1}}$, ei_i және ei_{D_i} -алдыңғы және орындалатын ауысуларға сәйкес өлшемдердің төменгі ауытқулары.

Беттерді өңдеуге максималды жіберу: сыртқы

$$Z_{i\max} = z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i \quad (3.5)$$

$$2Z_{i\max} = 2z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i \quad (3.6)$$

мұндағы Td_{i-1} және TD_{i-1} -алдыңғы ауысудағы өлшемдердің рұқсат берулері орындалатын ауысудағы өлшемдердің рұқсат берулері.

Карта есептеу жіберу және өңдеуге арналған шекті мөлшерлерін технологиялық мәртебесі дайындау жартысы тісті доңғалақтар $m=16$, $z=260$

ұсынылған кесте 3.1, ал картасы есептеу жіберу және өңдеуге арналған шекті мөлшерлерін технологиялық мәртебесі ені дөңгелектер көрсетілді арналған.

Тісті тәжді және оның жартысын металл кесетін станоктарда (өсімдік, фрезерлік және бұрғылау операциялары) және тістерді кесуге арналған тістіафрезерлік станоктарда өңдеудің ұтымды режимдері $m=16$, $z=260$ анықтамаларда жазылған әдістеме бойынша таңдалған.

Тісті тәждің жартысы мен тістегершігінің сызбасы Б қосымшасында ұсынылған.

Тәждің жартысын дайындаудың технологиялық бағыты:

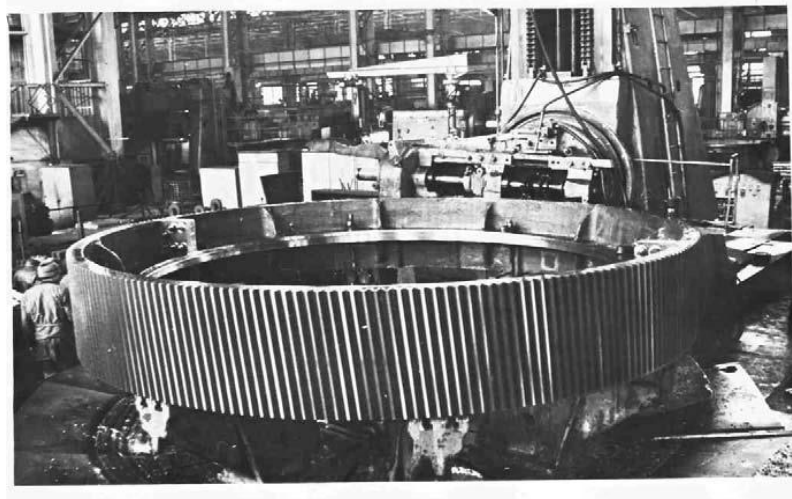
- белгілеу, оң және сол жақтағы жиектерді 600 өлшемге белгілеу, күпшектің жиектерін 90 өлшемге;
- фрезерлік, пайданы фрезерлеу, 5 мм мөлшері жағына қарай 610 мм тесік шеттерін фрезерлеу;
- слесарлық, қылшықтарды кесу;
- таңбалау, осьті бөліктің орталығы арқылы орнату; 2 тікелей қосқышты белгілеу;
- фрезерлік, екі тік қосқышты өлшемде фрезерлеу 2000+2000;
- слесарлық, қылшықтарды кесу;
- расточная, координаттар бойынша қосқыштарда бұрғылау 8 тесік $\varnothing 46$; жоспарлау $\varnothing 85$;
- слесарлық, қабыршақтарды кесу; екі жартыдан жасалған жиынтықта түпкілікті өңдеу.

Тісті дөңгелекті жасаудың технологиялық бағыты:

- слесарлық, түйреуіштерге, гайкаларға 2 жартыдан тәжді жинау;
- бұрғылау, 2 тесік $\varnothing 40A_5$, жоспарлау $\varnothing 60$. Білікшелерді орнату, 4 орнату;
- қайрау 3 әдіппен екі жақтап: бүйір жақ өлшемі 606 (600+3+3), сыртқы $\varnothing 4242$ мм дейін ($\varnothing 4235,37 + 6$ әдіп), тесік. $\varnothing 2844$ мм дейін ($\varnothing 2850 - 6$ әдіп), 2 орнату;
- карусельдік, қорытынды қайрау: бүйіржақ өлшемдері 600, сыртқы $\varnothing 4235,37_{-0,450}$, тесік. $\varnothing 2850^{+0,370}$, фаска, 2 орнату;
- СББ білдектері арқылы 0,2 мм дәлдікпен өңдеу;
- тісжоңғылау, $m16$, $z260$ (угол $50^{\circ}6'50''$ сол бағытта) 1 қаралай өңдеу дәлдікпен 0,7 модуль кезінде;
- тісжоңғылау $m16$, $z260$ (угол $50^{\circ}6'50''$ сол бағытта) 2 қаралай өңдеу 0,8 әдіппен;
- жоңғылау, қисық тісті кесіп алу $m16$, $z260$ (угол $50^{\circ}6'50''$);
- слесарлық, тістегендерді кесу;
- орналастыру 44 тесік $\varnothing 40$; тесік $\varnothing 90$;
- бұрғылау, орналастыру 44 тесік $\varnothing 40$; тесік $\varnothing 90$.

Тісті тәждің жартысын және тісті дөңгелекті өңдеудің технологиялық баптаулары В қосымшасында берілген.

Сурет 3.1 және 3.2-суретте үлкен диаметрлі тісті тәжді өңдеу фрагменті көрсетілген.



Сурет 3.1-тәждің тістерін тазалай кесу
 $m=20$ мм; $z_k=268$; $b=700$ мм нна-750А білдек моделінде

Өңдеу (3.2 сурет) вертикальды-тісжоңғылау білдегінде жүргізіледі. Білдек моделі ННА-750А «Шибатура» (Япония) фирмасынікі. Тәжді тазалай кесіп өңдеу үшін $m=20$ мм; $z_k=268$; $\beta=5^{\circ}15'$; $b=700$ мм; Болат 35ЛШ, НВ=140-160 кесу режимі кезінде бір өту үшін жүзеге асырылады: $t=0,9$ мм; $S=4,72$ мм/об; $n_{фгр}=30$ айн/мин; $V_{рез}=32$ м/мин.

3.2-кесте – есептеу Картасы жіберу және өңдеуге арналған шекті мөлшерлерін сыртқы диаметрі жартысы тісті доңғалақтар $m=16$, $z=260$

Қарапайым беті бөлшектер және технологиялық оны өңдеу бағыты	Элемент әдібі, мкм				Есептеу әдібі $2z_{\min}$, мкм	Минималды есептеу өлшемі, мм	Шақтама T_d , мкм	Қабылданған өлшемдер, мм	Алынған шекті әдіптер, мкм			
	Rz	H	Δ	ε					d_{\max}	d_{\min}	$2z_{\max}$	$2z_{\min}$
Құйылған	320	320	200	-	-	4253,53	21000	4263	4261	-	-	
Қаралай өңдеу	250	250	150	80	9180	4244,35	5000	4261	4237	21000	5000	
Жартылай тазалай өңдеу	100	100	100	40	5820	4238,53	1630	4237	4235,37	5000	1163	
Тазалай өңдеу	25	25	80	30	3614	4234,92	450	4235,37	4234,92	1163	450	

Кесте 3.3-өңдеуге әдіптер мен доңғалақ еніне технологиялық өту бойынша шекті өлшемдерді есептеу картасы

Қарапайым беті бөлшектер және технологиялық оны өңдеу бағыты	Элемент әдібі, мкм				Есептеу әдібі $2z_{min}$, мкм	Минималды есептеу өлшемі, мм	Шақтама T_d , мкм	Қабылданған өлшемдер, мм		Алынған шекті әдіптер, мкм	
	Rz	h	Δ	ε				d_{max}	d_{min}	$2z_{max}$	$2z_{min}$
Құйылған	320	320	200	-	-	618,60	10000	620	619,5	-	-
Қаралай өңдеу	250	250	150	80	9180	609,43	8000	610	609,5	10000	8000
Жартылай тазалай өңдеу	100	100	100	40	5820	603,61	2000	602	601,5	8000	2000
Тазалай өңдеу	25	25	80	30	3614	600	500	600	599,50	2000	500

Бір тәжді өндеудің машиналық уақыты 24 сағатты құрайды, бұл "НКМЗ"ЖАҚ-тың тез кесетін фрезамен өндеуден 1,8 есе аз.



Сурет 3.2-КУ-306 тіс фрезерлік станогында тісті тәжді өңдеу

3.3 Тіс кесу құралдарын қолдану

Тіс өңдейтін құралды дұрыс жобалау және таңдау үшін Тісті дөңгелектерді дайындау үшін пайдаланылатын материалдар және дайындамаларды алу әдістері туралы түсінік болуы қажет.

Тіс кескіш құралдар ең күрделі және қымбат болып табылады, өйткені олар жоғары сапалы вольфрам жылдам кесетін болаттан жасалады, олардың тістерінің профилі жасау және бақылау кезінде жоғары дәлдікті және еңбек сыйымдылығын талап етеді.

Тіс кесетін құрал-саймандарға арналған дайындамалар механикалық өңдеу алдында карбидті біртекті емес баллды төмендету үшін ыстық соғу рәсіміне жатады.

Жұмыс әдісі бойынша цилиндрлік Тісті дөңгелектерді өңдеуге арналған құралдар мынадай түрлерге бөлінеді:

- құрал тісінің кескіш бөлігінің профилі өңделетін дөңгелектің тістері арасындағы ойық профилінің көшірмесі болып табылатын көшіру әдісі бойынша жұмыс істейтін, сондықтан әдіс цилиндрлік тік Тісті дөңгелектерді кесу кезінде дискілі және саусақты модульдік фрезалар, тісті қашау бастары, эвольвентті созғыштар, эвольвентті профильмен тегістеу дөңгелектері жұмыс істейді;

- құрал мен өңделетін доңғалақтың центроидтары кесу процесінде бір-біріне сырғусыз домалайды, ал доңғалақ тісінің эвольвентті профилі аспап тістерінің кескіш жиектерінің көптеген орналасуын майыстыратын ретінде

алынады.

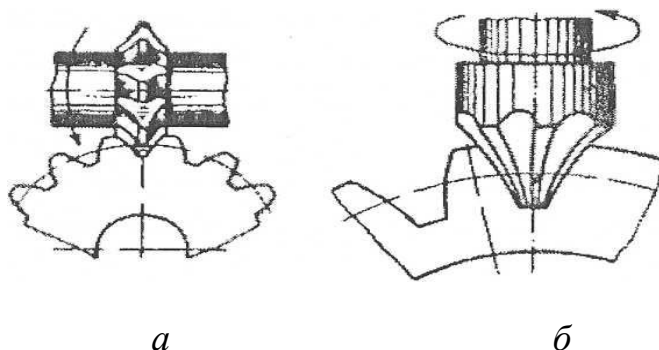
Тіс кесу құралдарын жасау үшін дайындамаларды алу материалдары мен әдістерін таңдау Әдістемеде, жалпы машина жасау бөлшектерінен тәсілдемелерде айтарлықтай ерекшеленеді. Ең алдымен, тіс кескіш құралдар үшін материалдар тек аспаптық разрядқа қатысты болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Тіс кесу құралдары жоғары дәлдіктегі, өндірісте еңбекті қажет ететін екенін ескере отырып, олардың өзіндік құны үлкен.

Осылайша, тіс кескіш құралдың материалына қойылатын негізгі талаптар қаттылық, тозуға төзімділік, бояуға төзімділігі, механикалық беріктігі және суық және ыстық күйінде жақсы өңдеу болып табылады. Бұл талаптар аспаптық материалдардың салыстырмалы аз тізбесін қанағаттандырады: бұл P6 - P18, P6M5 маркалы вольфрамомолибденді тез кесетін болат және қатты қорытпалар.

Тістерді дискілі және әсіресе саусақ модульдік фрездермен кесу 3.3 суретте көрсетілген дәл емес және өнімсіз әдіс болып табылады.

Төмен өнімділіктің себептері:

- шағын сыртқы диаметрлер, демек, фрез тістерінің аз саны;
- нөлдік алдыңғы бұрыштары;
- бүйірлік кесу жиектеріндегі шағын артқы бұрыштары;
- әр ойпатты өңдегеннен кейін дайындаманы бөлу бұрылыстарына және фрезаны бастапқы қалпына қайтаруға уақыт жоғалту.



Сурет 3.3-көшіру әдісі бойынша дөңгелектерді дискілі (а) және саусақпен (б) жоңғышпен кесу схемасы

Төмен дәлдіктегі өңдеу себептері:

- бөлу қателігі;
- дайындаманың тік осіне қатысты фрезаны орнату қателігі;
- фрезерлеу тереңдігі бойынша фрезаны орнату қателігі;
- фрезаның тіс профилін жасау қателігі;
- тісті кескіштің профилін өзгерту.

Бұл құралдар тістердің радиалды желкелері бар фасонды фрезалар разрядына жатады. Дизайн бойынша олар тұтас, Құрама және пісірілген пышақтар болуы мүмкін. 0,3-тен 26 мм-ге дейінгі модульмен құрал-сайманның шығуы үшін (орталықсыз иілу әдісі) тік тісті (көшіру әдісі), арықтары бар

қиғаш және Шеврон дөңгелектерін алдын ала және түпкілікті кесу үшін қолданылады. өңдеу бөлгіш құрылғысы бар әмбебап-фрезерлік станоктарда орындалады.

Өңдеу процесінде фреза өз осінің айналасында айналады және доңғалақ ойығының толық тереңдігіне кесіледі. Бұл ретте бөлгіш бастиекте орнатылған дайындама тістің бүкіл ұзындығына ось бойымен беру қозғалысын жасайды. Бір ойпатты өңдеу аяқталғаннан кейін дайындау бөлгіш құрылғының көмегімен тістердің бір қадамына бұрылады және келесі ойпатты өңдеу жүргізіледі.

Модульдік фрездер үшін жұмысты азайту мақсатында ірі модульдік дөңгелектерді өңдеу үшін ойпаттарды өңдеу алдымен тік сызықты профильмен дискілі фрезалармен орындалады. Бұл өңдеу мақсаты тістердің арасындағы ойыстан металдың ең жоғары мөлшерін алып тастау.

Тіс кескіш тістердің профилі кескіш жиектің эвольвентті бөлігінен тұрады, ол дөңгелек тістерінің арасындағы ойпаттың түбін өңдейді.

Центроидтік бұғу әдісі бойынша жұмыс істейтін бұрамдық фрезалар өңдеу үшін қолданылады: аспаптың шығуына арналған канавкалары бар тік, қиғаш және Шеврон тістері бар сыртқы ілгекті цилиндрлік тісті доңғалақтар, бұрамдық доңғалақтар, шлицті біліктер, эвольвентті емес профильдер (шынжыр жұлдызшалары, көп қырлы, жұдырықшалар, эксцентриктер және т.б.).

Бұрама кескіштері өндірістің барлық түрлерінде қолданылуы мүмкін. Құрт фрездерінің артықшылықтары:

- әмбебаптығы - бір фрезамен белгілі бір модульдің дөңгелектерін және түрлі тістері бар профиль бұрышын өңдеуге болады;
- жоғары дәлдік және өңдеу өнімділігі;
- кесу процесінің үздіксіздігі.

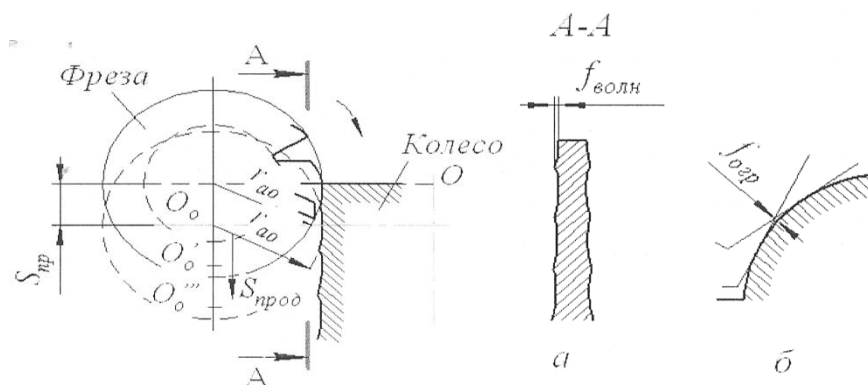
Цилиндрлі Тісті дөңгелектерді өңдеуге арналған бұрамдық фрезалар: бұрамдардың кіру саны бойынша – бір және көп жүрісті; орамдардың бағыты – оң және сол; бекіту әдісі бойынша – саптама және соңғы; конструкциялар – тұтас және құрама; өңдеу технологиясы – кесетін тістердің тегістелмеген және қырланған беттерімен бөлінеді.

Тісті дөңгелектерді құрт фрезамен кесу процесін өңделетін дөңгелекті кесу бұрыштарымен және жоңқа жырауларымен жабдықталған құртпен ілу процесімен салыстыруға болады.

Мұндай ілу процесін дұрыс жүзеге асыру үшін дөңгелектің және бұраманың рейкаларының бастапқы контурлары бірдей болуы және доңғалақ тісінің сызығына қалыпты қимасында орналасуы қажет. Сондықтан қалыпты қимадағы бұрамдық фрезалар мен доңғалақтардың модульдері тең болуы тиіс, Профильді бұрыштары және тістердің қадамдары, ал фрезаның осі дөңгелек тік тісті кезінде бұрыштық бұрышына тең айқастыру бұрышымен доңғалақ осіне қатысты немесе егер ол қисық тісті болса, доңғалақ тістерінің еңіс бұрышын ескере отырып орналасуы тиіс.

Егер фрез бір жүрісті болса, онда оның бір айналымы үшін дайындаманың бір қадамға бұрылады, бұл ретте доңғалақ тісінің әрбір ойысы оның орауында

орналасқан фрезаның барлық тістерімен өңделеді. Көп жүрісті фрезалар жұмыс істеген кезде фрезаның айналымынан бір уақытта бірнеше қатар орналасқан ойыстар өңделеді, олардың саны кіру санына тең. Фрезаның кіру саны ұлғайған кезде оның өнімділігі артады, бірақ өңдеу дәлдігі төмендейді. Соңғысы фрезаның тұрақты диаметрі кезінде бұрыштың көтерілу бұрышының ұлғаюына және жақын профильге байланысты қателіктің тиісті ұлғаюына байланысты. Сонымен қатар, кесілген тістердің профилін құрайтын кесу саны азаяды. Сондықтан таза құрт фрезалары бір жүрісті. Қара фрезалар екі және үш жақты болуы мүмкін. Дәлдік бойынша бұрамдық фрезалар болады: дәлдік - дәлдік дәрежесі 5-7 дәрежелі және жалпы мақсаттағы - А, В, С, Д сыныпты доңғалақтарды өңдейтін ААА және АА дәлдік класы. Сондықтан, бұл тістердің бүйір беттерінде кескіштің тік сызықты кескіш жиектерінің бір қатары ретінде эвольвент қалыптастыру нәтижесінде пайда болады, және бойлық беру шамасымен қозғалыс нәтижесінде ойпаттың түбінің бойында толқындық пайда болады (3.4 сурет). Теориялық тұрғыдан дұрыс эвольвентті тісті доңғалақпен тек эвольвентті құрт ілінуі мүмкін. Сондықтан цилиндрлік дөңгелектерге арналған құрт фрезаларын жобалау эвольвенттік құрт негізінде жасалуы керек. Дегенмен, эвольвентті құрт негізінде жобаланған фрезаның кескіш жиегінің профилі осьтік және қалыпты қималарда қисық сызықты пішінге ие.



Сурет 3.4-тісті кесу кезінде доңғалақ профилінің қателіктерінің пайда болуы

Іс жүзінде, бұл фрезаны, тістерін желке және олардың профилін бақылау кезінде үлкен қиындықтар тудырады, сондықтан жақын профильдеудің келесі 2 әдісі қолданылады:

- осьтік қимасы түзу сызықты нысаны бар Бұрамдық Архимед негізінде дәлірек әдіс;
- тік сызықты қалыпты қимасы аз дәл тәсілі болып табылатын конвалюта құрты негізінде.

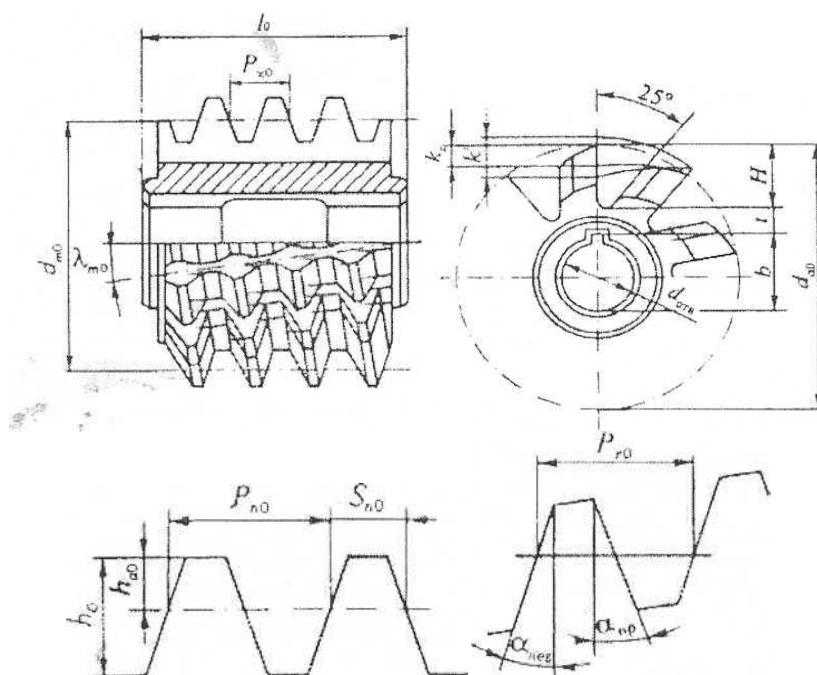
Осылайша, Бұрамдық Архимед негізінде кескіндеу жиі пайдаланылады, ал қалыпты қиманың қисықтары түзу сызықтармен ауыстырылады (сурет 3.5). Нәтижесінде бастапқы бұрамдық профиль бұрышы өзгереді, ауытқу шамасы

орамдардың көтеру бұрышына байланысты және оның мәні аз болса, ауытқу шамасы аз болады.

Желкеден кейін фрезаның тістерінің артқы беті негізгі бұрамдықтың бетінен ерекшеленеді. Сондықтан, бұрама фрезасы тістерінің осьтік қимасы келесі параметрлерден қалыпты:

- тіс қадамы;
- кескіштің оң және сол жақтарына арналған профиль бұрыштары.

Сыртқы диаметрдің шамасын таңдауға әсер ететін негізгі фактор кесілетін дөңгелектердің дәлдік дәрежесі болып табылады. Бұрама фрезінің сыртқы диаметрінің ұлғаюы бұранда сызығының көтеру бұрышын азайтуға әкеледі, демек, бұрама фрезінің жақын профилімен байланысты кесілетін доңғалақтардың тістері профилінің қателігінің мөлшерін азайтуға әкеледі. Кесілетін доңғалақтардың тістері бейінінің дәлдігі сыртқы диаметрінің ұлғаюымен жоғарылайды, сондай-ақ бұрама фрезасы тістерінің саны артады, демек, кесілетін доңғалақтардың тістерінің профилін қалыптастыру үшін кескіштердің саны, бұл толқындық пен қыртысты азайтады.



Сурет 3.5—Архимед типтегі бұрамды фреза

Максимальное значение наружного диаметра должно быть увязано с паспортными данными зубофрезерного станка, на котором выполняется операция нарезания зубьев цилиндрических колес.

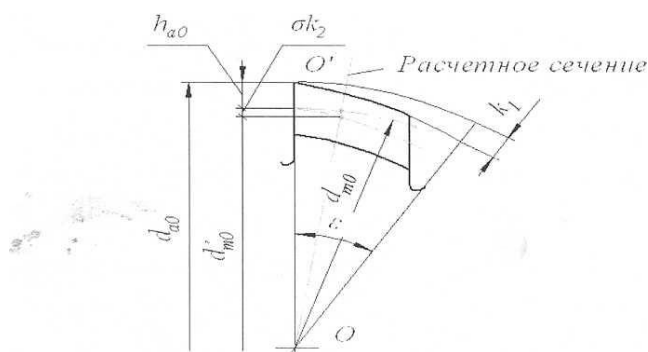
Необходимо иметь в виду, что с увеличением наружного диаметра уменьшается допустимая, при заданной скорости резания, частота вращения шпинделя и увеличивается время на врезание, что снижает производительность обработки. Для сокращения времени на врезание при большом наружном диаметре червячных фрез желательно применять, если позволяет зубофрезерный станок, врезание в радиальном направлении. На практике

наружные диаметры фрез выбираются в виде целых чисел и в зависимости от модуля они составляют от 40 до 250мм.

Расчетный диаметр делительного цилиндра(средний расчетный диаметр) является условным параметром, по которому находятся значения угла подъема витков фрезы, угла наклона стружечных канавок и ряда других основных параметров фрезы.

Необходимость использования среднего расчетного диаметра вызвана тем, что по мере переточек фрезы с затылованными зубьями по передней поверхности из-за наличия задних углов ее наружный диаметр уменьшается, а угол подъема витков фрезы возрастает, что приводит к увеличению погрешности изготовления колес.

С целью сокращения влияния этих факторов расчетное сечение 0-0 (рисунок 3.6), которое используется для определения диаметра делительного цилиндра и других параметров фрезы, принимают отстоящим от передней поверхности на расстоянии, равном $0,1 - 0,25$ мм углового шага между зубьями фрезы.



Сурет 3.6 – Фреза диаметрінің саналған орташа орналасуы

Осылайша, фрезаның негізгі параметрлері есепті мәндерге жақындап, тісті дөңгелектерді өңдеудің дәлдігі артады. Тісті дөңгелекті өңдеудің дәлдігін қамтамасыз ету кезінде дәл осындай шамада және есептік қимадан кейін де сүйреуді орындауға болатынын атап өткен жөн.

Құрттық фрездегі тістердің саны өңдеу өнімділігіне және тістердің бүйір бетіндегі қырлау мөлшеріне әсер етеді, бірақ оны таңдағанда желке кескіштің, тегістеу шеңберінің, тістің беріктігінің жұмыс істеу үшін жеткілікті кеңістікті қамтамасыз ету қажеттілігін есте сақтау керек, сүйреудің рұқсат етілген санын арттыру. 12 - 16 прецизионды фрездерде тістердің санын, құрама конструкциядағы фрездерде 12 және 8 - 9 жалпы мақсаттағы фрезаларды таңдау ұсынылады.

Құрт дөңгелектерін өңдеу үшін құрт фрезаларының ерекшеліктері келесідей:

- тісті рейканың бастапқы контуры осьтік жазықтықта орналасқан, сондықтан модуль, Профильді бұрыш, тістердің қадамы анықталады;

- есептік қимада бұл шамалар кесілетін құрт дөңгелегімен жұпта жұмыс істейтін фреза мен Құртқа тең;

- фрезаның сыртқы диаметрі құрттың диаметріне тең қабылданады, ол радиалды саңылауды ескере отырып, кесілетін дөңгелегі бар жұпта жұмыс істейтін болады;

- фрезаның кіру Саны құрттың кіру санына тең болуы тиіс;

- өңдеу процесінде фреза мен доңғалақ арасындағы ара қашықтық құрт пен доңғалақ арасындағы ара қашықтыққа тең болуы тиіс;

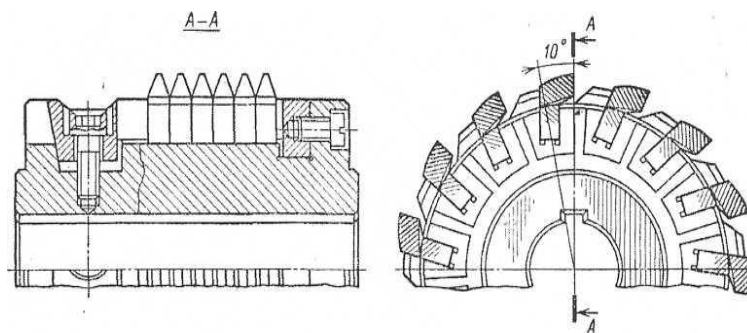
- фрезаны есептеу үшін тек нақты әдіс қолданылады;

- құрт фрезасы нақты құрт дөңгелегін өңдеуге арналған арнайы құрал болып табылады;

-сыртқы диаметрі аз фрезалар конструкциясы бойынша жиі тіс Фрезер станогына орнату үшін жақтаумен тұтас жасалады.

Өңдеудің жылдам әдістерін дамытуға байланысты қатты қорытпалармен жабдықталған бұрамдық фрезалар жасау бойынша жұмыстар жүргізілуде. Мұндай фрездерді қолдану үлкен өндірістік әсер етуі мүмкін. Мысалы 3.7-суретте көрсетілген қатты қорытпадан жасалған жеке тістері бар, корпусқа салынған және оған сына тәрізді "кептірілген нан"бекітілген таза қатты қорытпа фрезаның тәжірибелік конструкциясы.

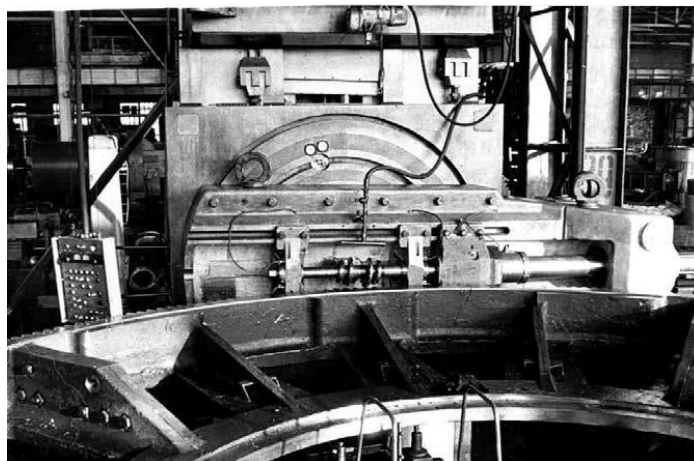
Жиналмалы бұрамдық фрезалар өзінің негізгі элементтері бойынша (профиль, бөлу диаметрі, ұзындығы және т.б.) тұтас фрезалар сияқты есептеледі. Сыртқы диаметрін, тесік диаметрі мен тарақтың өлшемдерін анықтау үшін ғана фрезаны табиғи мөлшерде бұрап алу қажет.



Сурет 3.7-Бұрамдық қатты балқитын желке фрезасы

Қатты қорытпа фрездерін қолдану жылдам кесетін стандартты фрездермен салыстырғанда ірі габаритті тәждерді таза тісті кесудің өнімділігін бір уақытта тістердің бағыты бойынша дайындау дәлдігін арттырған кезде 1,5 есе арттыруға мүмкіндік береді.

3.8-суретте бұрамдық фрезасы бар тісжоңғылау білдегінде тәжді өңдеу фрагменті көрсетілген.



Сурет 3.8–Тазалай тіз жоңғылау $m=28$ мм; $z_k=284$; $\beta d=6025'$; $b=1000$ мм, КУ-306модельді білдекте

Шыңдалған тістерді өңдеу кезінде кесу режимдері мынадай:

- кесу тереңдігі: бір өту үшін $t=0,5 - 0,8$ мм;
- фрезаны беру: $S=1.5-3$ мм/айн;
- фрезаның айналу жиілігі: $n=10-20$ мин-1;
- кесу жылдамдығы: $V=10 - 20$ м/мин.

3 жыл бойы 250-ден астам тісті доңғалақ өңделеді. Фрезді қолдану термоөңдеуден кейін тістердің деформациясын жоюға және тістің жағына қарай 1 - 2,5 мм - ден 0,3-0,5 мм-ге дейін төмендетуге мүмкіндік берді.

3.4 Цилиндрлі тісті дөңгелектерді бақылау әдістері мен құралдары

Қазіргі заманғы машиналар мен механизмдерде тісті берілістер мөлшері аз, үлкен беріктігі, жоғары жылдамдықпен айналуға, баяу және үнсіз және өзара алмасуға тиіс. Бұл талаптар Жоғары дәлдіктегі тісті берілістер арқылы қанағаттандырылуы мүмкін. Тісті доңғалақтардың жоғары сапасын бақылаудың дұрыс әдістері мен құралдарын қолдану шартымен, сондай-ақ дайындамалардың базалық беттерін, тісті кескішті кесуден, тісті кесуден, термиялық өңдеуден, финишалық операциялардан және құрастырудан кейін тісті доңғалақтардың базалық беттерін бақылауды қоса алғанда, дайындаудың барлық технологиялық циклы бойына жүйелі бақылау шартымен қамтамасыз етуге болады.

Тісті доңғалақтар әдетте бақылаудың үш кезеңінен өтеді: өндірістік, зертханалық және соңғы (қабылдау). Дәл Тісті дөңгелектерді алудың алғашқы қадамы-жақсы дайындамалар. Қатты шақтамаларға төзімді дайындамалардың маңызды беттері-тіс өңдеу және бақылау кезінде пайдаланылатын негізгі беттер (тесіктер, мойындар, шеттер). Бұл беттердің дәл өлшемдері болуы керек және

дөңгелек осіне перпендикуляр және концентрлі орналасуы керек. Тіс өңдеудің алдында дайындаманың негізгі беттері, әдетте, 100% бақылаудан өтеді.

Тісті берілістің өзара алмасуын және сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін тісті доңғалақтар мен берілістерді жасаудың қателіктері МЕСТ 1643-81 орнатылған рұқсатнамалармен шектеледі. Стандарт бойынша дәлдіктің 12 дәрежесі орнатылған, дәлірек дөңгелектердің алғашқы нөмірлері бар, дәлірек.

Әрбір дәлдік дәрежесі үш нормадан тұрады; кинематикалық дәлдік, жұмыстың бірқалыптылығы және берілісте тістердің түйісуі, сондай-ақ жанасулардың алты түрі және бүйір саңылауға рұқсаттардың сегіз түрі. Стандарт белгілі бір шектеулермен нормалардың үш түрі бойынша дәлдік дәрежелерімен біріктіруге жол береді. Дәлдік нормаларының әрбір тобы (кинематикалық, жұмыстың бірқалыптылығы және байланыс дақтары), сондай-ақ бүйірлік Саңылау бойынша Жанасу тең құқықты болып табылатын бірнеше кешенге ие. Тісті дөңгелектерді бақылау үшін өндіруші зауыт беріліс шарттарына, өлшеу құралдарының қажетті дәлдігіне, доңғалақтардың өлшеміне және т. б. байланысты кешендерді таңдай алады.

Беріліс жұмысының бірқалыптылығы кинематикалық қателіктің құраушыларын сипаттайды, оның бір айналымында мезгіл-мезгіл қайталанатын. 3-8 дәлдік дәрежесі үшін тістер жұмысының бірқалыптылық көрсеткіштері f_p - ге тәуелсіз 9,12 дәлдік дәрежесі үшін 1,25 - 3,0 тең осьтік жабынының коэффициентіне байланысты белгіленеді. Жұмыстың бірқалыптылығы жоғары жүктелген және жылдам тісті берілістер үшін маңызды, өйткені доңғалақ айналымынан бірнеше рет қайталанатын қателіктер айналу, Шу және дірілдің әркелкілігін тудырады.

Дөңгелектің циклдік қателігі оның айналымынан бірнеше рет қайталанатын дөңгелектің кинематикалық қателігін құраушы. Әдетте кең қисық дөңгелектерді тісті кесу кезінде пайда болатын циклдік қателіктер тістің профилі мен бағыты бойынша толқудың пайда болуына әкеледі. Толқындылық оны тістің бойымен жылжыту кезінде толқынмен өлшенеді.

Тіс профилінің қателігі. Теориялық дұрыс эвольвент түзу сызықты қояды, іс жүзінде тістің профилі түзу сызықтан плюс немесе минус ауытқуларға ие немесе түзетілген пішінге ие. Кескіннің қателіктері түзу сызықтан ауытқу түрінде көрінеді.

Эвольвенттік Профильді өлшеу профильді және тістің бағытын бақылау үшін эвольвентомерлер мен құрамдастырылған аспаптарда іс жүзінде алынған Профильді теориялық немесе түзетілген пішінін салыстыру жолымен жүзеге асырылады.

Ілініс қадамы (негізгі қадам) – тістердің екі көршілес аттас профильдеріне қатысты екі параллель жазықтықтардың арасындағы қашықтық. Негізгі қадам станокты немесе жапсырма типті қадаммен өлшенеді. Өлшеу алдында аспап негізгі қадамның номиналды өлшеміне орнатылады.

Тексерілетін доңғалақтың тістеріндегі түйісу дағын бақылау өзара жүзеге асырылады: шағын тежеу кезінде номиналды осьаралық арақашықтықта па бақылау-айналдыру станогында жанасқан немесе өлшеу дөңгелегімен

жұптасып домалату. Жүктелетін берілістер үшін контактiнiң ұзындығын аз жүктемелерге қарағанда қысқа таңдайды. Контактiнiң дақтары ортадағы, профильдiң ұзындығы мен биiктiгi бойынша үзiлiп барлық тiстерде бiрдей орналасуы тиiс. Тiстiң дұрыс модификациясы тiстiң жиегiндегi түйiсу дағының шығуын жүктемемен ұстайды. Дұрыс емес байланыстар жоғары шуды тудырады және беру мерзiмiн қысқартады.

Жабдықты жаңғырту және оны жұмысқа қабiлеттi күйде ұстау жөнiндегi жұмыстарды жүргiзу жабдықтың өнiмдiлiгi мен қызмет ету мерзiмiн ұлғайтуды, техникалық қызмет көрсету (ТҚК) кезiндегi уақыт пен шығындарды қысқартуды, адами фактордың әсерiн азайтуды көздейдi.

Тәжiрибе көрсеткендей, Автоматты орталықтандырылған майлау жүйелерiн (АЦС) пайдалану айтарлықтай дәрежеде жабдықтың тиiмдiлiгiн арттыруға және пайдалану шығындарын төмендетуге мүмкiндiк бередi. Әрбiр нақты торапқа майлау беретiн жинақы құбырлардың болуы майлау процесiне персоналдың араласу қажеттiлiгiн болдырмайды, үйкелiс тораптарында майлау материалдарының жеткiлiктi мөлшерiн үнемі болуын қамтамасыз етедi.

Қазiргi уақытта АЦСС-ны импорттық, сондай-ақ отандық өндiрiстiң техникасы мен жабдықтарында пайдаланудың айтарлықтай тәжiрибесi жинақталған. Бүгiнгi күнi ашық тiстi берiлiстердi майлаудың бiрқатар негiзгi әдiстерi бар. Тiстердiң iрi емес модулі бар шағын айналмалы беру жылдамдықтары үшін "Май-ауа" майлау тәсiлi немесе сұйық маймен жетек тiстi тiкелей суару неғұрлым қолайлы.

Бұл әдiстер барабанды диірмендердiң ашық тiстi берiлiстерiн және экскаваторлардың бұрылыс құрылғыларын тиiмдi майлау үшін қолайлы емес, өйткенi берiлiс тiстерiнiң жұмыс беттерiнде май пленкасының кепiлдiк сақталуын қамтамасыз етпейдi. Паразиттiк тiстi майлауды пайдалану тиiмдi емес, дизайнды қиындатады және арнайы майлауды қажет етедi.

Мұндай ашық тiстi берiлiстер үшін ең тиiмдi майлау әдiсi-сығылған ауамен бүрку (шүмектер) арқылы бүрку. Бұл әдiс қалғандармен салыстырғанда, ашық берiлiс жетегiнiң жұмыс мерзiмiн айтарлықтай арттыруға мүмкiндiк бередi.

Тозу процесiне әсер ететiн маңызды фактор пайдаланылатын майдың сорты болып табылады, пайдаланудың экстремалды жағдайларында үйкелiс тораптарының жұмыс қабiлеттiлiгiн қамтамасыз ететiн майлардың ассортиментiн құруға мүмкiндiк бердi. Майлау қасиеттерiн жақсарту үшін күрделi химиялық қосылыстар болып табылатын әртүрлi қоспалар пайдаланылды. Антикоррозияға қарсы қоспа ретiнде натрий бензонаты, аммелин және натрий нитритi пайдаланылды.

Модульдiк фрездердi қолдана отырып, тiстi тәждi дайындаудың бiр даналы уақыты 35650мин құрайды, ал бiз әзiрлеген технология бойынша дайындаудың бiр даналы уақыты 10860мин құрайды немесе үнемделдi:

Тшт.с-Тшт.н=35650-10860=24790мин немесе 413ч.

Балқаш тау-кен байыту фабрикасында тiстi тәждердi дайындау қажеттiлiгi 10-нан астам тәждi құрайды.

АЗТМ зауытының мәліметтері бойынша барлық материалдық және энергетикалық шығындарды есепке алғанда бір сағаттың құны-600т.

10 тәжді дайындау бойынша күтілетін экономикалық тиімділіктің жиынтығы– $413*600*10=2\,478\,000$ теңге/жыл.

Ауыр жүктелген тісті берілістерді дайындаудың қолданыстағы технологияларына талдау жасалды, қазіргі уақытта Қазақстанның байыту комбинаттарының шарлы диірмендерінің жетектерінде қолданылатын 35Л Болаттың орнына 35МЛ болатты қолдану шарлы диірмен жетегінің жұмыс ресурсын 20-25%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді, прогрессивті жабдықтарды (КУ-306 тіс фрезерлік станогы) және қатты балқитын ендірмелері бар құртты фрезаларды қолдану арқылы шарлы диірменнің тісті тәжін дайындау технологиясы зерттелді., үлкен молуласы бар ірі габаритті тісті доңғалақтарды дайындаудың қолданыстағы технологиясынан тісті тәжді дайындаудың еңбек сыйымдылығын 24790минге төмендетуге мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Тау-кен байыту комбинаттарында шарлы диірмендердің жетектерін пайдалануды талдау диірменнің қызмет ету мерзімін төмендететін әлсіз буындардың бірі динамикалық жүктеудің және абразивті тозудың ауыр жағдайларында жұмыс істейтін жетектің тісті іліністерінің тозуы болып табылатынын көрсетеді, қатты қорытпамен жабдықталған, бағдарламалық басқарылатын прогрессивті жабдықты және тозуға төзімді кескіш құралды пайдалана отырып, дайындаудың ұтымды режимдерін таңдауға мүмкіндік беретін шарлы диірмендердің жетегін дайындаудың ресурс үнемдеуші технологиясы зерттелді және талданды.

Диірмендердің зерттелген модификациялары өнімнің сапасын бір уақытта арттырғанда өзіндік құнын төмендетуді қамтамасыз етуге, шикізатты қайта өңдеуге арналған жалпы шығыстардың едәуір бөлігін құрайтын пайдалану шығыстарын қысқартуға мүмкіндік береді.

Диссертацияда теориялық және эксперименттік зерттеулер орындалды, шарлы диірмендердің технологиялық мүмкіндіктері анықталды, шарлы диірмендердің тісті дөңгелектерін дайындаудың технологиялық процесі әзірленді, тісті берілістің сапалық көрсеткіштері талданды, Тісті дөңгелектерді жасауға геометриялық параметрлердің әсері зерттелді, шарлы диірмендердің тісті берілістерін жасаудың технологиялық ерекшеліктері ашылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие. – Тамбов: Тамбовский Государственный Технический Университет, 2004. – 75 с.
2. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1980. – 415с.
3. СергоЕ.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. –282с.
4. Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И., Пилов П.И., Кириченко В.В. Измельчение. Энергетика и технология: учебное пособие для вузов. – М.: Руда и Металлы, 2007. – 296 с.
5. Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
6. Девис Э. Тонкое дробление в шаровых мельницах. Теория и практика дробления и тонкого измельчения. – М.: ГНТИ, 1932. – С.153-170.
7. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик: Справочное пособие по расчету и эксплуатации шаровых и стержневых мельниц. – М.: Госнаучтехиздат, 1963. – 418 с.
8. Ромадин В.П. Пылеприготовление. –Л.: Госгортехиздат, 1953. – 411с.
9. Гольдман С.М. Мощность, потребляемая мельницей сухого самоизмельчения // Обогащение руд. – 1971. –№2. – С.37-39.
10. Златкин В.И. Об общей для барабанных мельниц закономерности // Обогащение руд. – 1975. – №1. – С.9-11.
11. Морозов Е.Ф. Упрощение формулы для определения полезной мощности шаровых мельниц // Горный журнал. –1969. – №12. – С. 53-55.
12. Хетагуров В.Н, Гегелашвили Н.В. К определению ресурса рабочих элементов центробежных мельниц. // Сб. науч. тр. СКГТУ.– Владикавказ, 2000. – № 7. – 249с.
13. Штепа В.П. О практическом использовании теории дробления // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 1966. – №3-4. –С.55-56.
14. Шинкоренко С.Ф. О мощности, потребляемой мельницей на движение шаровой загрузки // Обогащение руд черных металлов. – М.:Недра, 1973. – Вып.2. –С.254-260.
15. Шинкоренко С.Ф., Белецкий Е.П., Ширяев А.А. Справочник по обогащению руд черных металлов. – М.:Недра, 1980. – 528с.
16. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1977.
17. Schwedes W.H., Owen E. I. How to choose electric drives for large grinding mills //Eng. and Mining J. – 1982. – Part.I –№7681. – P. 299-327.
18. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц. – М.: Машиностроение, 1965. – 183с.
19. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 408

20. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование изнашивания металлов. – М.: АН СССР, 1960. – 315 с.
21. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
22. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техшка, 1970. – 395 с.
23. Костецкий Б.И. Классификация видов поверхностного разрушения и общая закономерность трения и изнашивания // Вестник машиностроения. – 1984. – № 11.
24. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 320 с.
25. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 266 с.
26. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. – М.: Машиностроение, 1984. – 223 с.
27. Аистов И.П. Оценка динамических нагрузок, действующих в зубчатом зацеплении шестеренного насоса авиационного назначения // Известия вузов. Машиностроение. – 2005. – № 2. – С. 23-27.
28. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 335 с.
29. Виноградов В.Н., Червяков И.Б., Леви СМ. Абразивное изнашивание в потоке твердых частиц // Вестник машиностроения. – 1984. – № 12. – С. 27-30с.
30. Долинская М.Д., Таран В.А. Технологические испытания промышленной продукции. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 104 с.
31. Фролов К.В., Дроздов Ю.Н., Пинегин СВ. Свойства поверхности в проблеме износостойкости машин // Машиноведение. – 1979. – № 5. – С. 55-62.