

ӘОЖ 621.91.01=қаз

Қолжазба құқығында

Тусупова Саягуль Ораловна

«Термофрикциялық кесуші құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы және беріктігін қамтамасыз ету тәсілін зерттеу және жарату»

6D071200 – Машинажасау

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:

Т.Ғ.Д., профессор

Шеров К.Т.

Т.Ғ.Д., профессор

Насад Т.Г.

(Ю.Гагарин атындағы Саратов
мемлекеттік техникалық
университеті, Ресей)

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	5
АНЫҚТАМАЛАР	6
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	7
КІРІСПЕ	8
1 МӘСЕЛЕНІҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ	14
1.1 Металлкескіш құралдардың жалпы жұмыс қабілеттілігі мен тозу құрылымы туралы	14
1.2 Термофрикциялық өңдеу технологияларын өрбіту маңыздылығы	19
1.3 Термофрикциялық кесуші құралдардың тозуын зерттеу	22
1.3.1 Дәстүрлі термофрикциялық құралдардың тозуын зерттеу	22
1.3.2 Төмен жылдамдықпен өңдейтін термофрикциялық құралдардың тозуын зерттеу	25
1.4 Термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қаттылығы мен беріктігін арттыру үшін қолданыстағы балқымалау әдістерін зерттеу	27
1.4.1 Балқыма және балқымалау материалдары	27
1.4.2 Қолданыстағы балқымалау әдістерін зерттеу	31
1.5 Жұмыстың мақсаты мен зерттеу міндеттерін анықтау	38
Бірінші тарау бойынша қорытынды	39
2 ӘРТҮРЛІ БАЛҚЫМА МАТЕРИАЛДАРМЕН БАЛҚЫМАЛАУ КЕЗІНДЕ БАЛҚЫМА ҚАБАТТАРЫНЫҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ	41
2.1 Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалау кезінде балқыма қабаттарының қаттылығын зерттеу	41
2.1.1 Қаттылықты зерттеу әдістемесі және қолданылған жабдықтар	41
2.1.2 Әртүрлі балқыма материалдармен үлгілерді балқымалау	42
2.1.3 Балқытылған үлгілердің қаттылығын зерттеу	45
2.2 Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалап қаптастырылған қабаттардың сапасын металлографиялық зерттеу	51
2.2.1 Металлографиялық зерттеу әдістемесі және қолданылған жабдықтар	51
2.2.2 Әртүрлі балқыма материалдармен балқымаланған балқыма қабаттарының құрылымдарын зерттеу	54
Екінші тарау бойынша қорытынды	58
3 ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ БАЛҚЫМАЛАУ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК СЫНАУ	60
3.1 Экспериментті жоспарлау әдісімен балқымалау режимінің оңтайлы параметрлерін анықтау	60
3.2 Термофрикциялық құралдарды балқымалау және механикалық өңдеу	64
3.2.1 Табақшалы ротациялық-фрикциялық кескішті балқымалау және даярлау	64
3.2.2 Үйкеліс фрезасын балқымалау және даярлау	67
3.2.3 Дискілі арамен конустық үйкеліс фрезасын балқымалау және	69

даярлау	
3.3 Балқымаланған термофрикциялық құралдарды сынақтан өткізу	72
3.3.1 STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақшалы кескішті сынау	72
3.3.2 Балқымаланған үйкеліс фрезасының өңдеу қабілетін эксперименттік зерттеу және талдау	75
3.3.3 Балқымаланған дискілі араны зертханалық сынаудан өткізу	78
3.3.4 Балқымаланған конустық үйкеліс фрезасын зертханалық сынаудан өткізу	79
3.4 Балқымаланған табақшалы кескішпен конустық үйкеліс фрезасын бұзбай бақылаудан өткізу	82
Үшінші тарау бойынша қорытынды	83
4 БАЛҚЫМАЛАНҒАН ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРМЕН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛУЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН ЖӘНЕ КЕРНЕУЛІ – ДЕФОРМАЦИЯЛАНУ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ	84
4.1 Ротациялық-фрикциялық кеңейтежону кезінде кесу аймағында температураның тарқалуын және оның кернеулі – деформациялану жағдайын соңғы элементтер әдісімен зерттеу	84
4.2 Термофрикциялық фрезалап-жону кезінде дайындаманың беткі қабатының жылулық күйін модельдеу	88
4.3 Балқымаланған беттерді өңдеу кезінде жылулық процестерді математикалық үлгілеу	95
4.4 Орталық саңылауы бар тұрақты қалыңдықтағы дискінің кернеулі күйін аналитикалық есептеу	100
4.5 Орталық саңылауы бар тұрақты қалыңдықтағы дискінің беріктігін соңғы элементтік есептеу әдістемесі	104
Төртінші тарау бойынша қорытынды	113
5 ӨНДІРІСКЕ ЕНГІЗУ ҮШІН ҰСЫНЫСТАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ ЕСЕБІ	115
5.1 Балқыма кезіндегі температуралық режимді сақтау бойынша	115
5.2 Өртүрлі болат класстары үшін балқымалауды орындау бойынша	115
5.3 Балқыма материалдары бойынша қосымша мәліметтер	116
5.4 Технологияның экономикалық тиімділігін есептеу	118
Бесінші тарау бойынша қорытынды	122
ҚОРЫТЫНДЫ	123
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	124
ҚОСЫМША А ҚР патенттері және зияткерлік меншік объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы куәлігі	136
ҚОСЫМША Б Жұмыстың нәтижелерін «MEGA GROUPOKZ» ЖШС өндірісіне енгізу актісі	139
ҚОСЫМША В Жұмыстың нәтижелерін Торайғыров университетінің оқыту үдерісіне енгізу актісі	141
ҚОСЫМША Г ҚарТУ «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасының ғылыми семинар хаттамасынан көшірме	143

ҚОСЫМША Д ҚарТУ-дың 6D071200 «Машинажасау», 6D071300 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» мамандықтары бойынша докторлық диссертацияларды қорғау бойынша Диссертациялық Кеңестің ғылыми семинар отырысы хаттамасынан көшірме	145
ҚОСЫМША Е Д. Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университетінің «Машина жасау технологиясы» кафедрасының және оның филиалы Энгельс технологиялық институтының «Материалдарды өңдеу жабықтары мен технологиялары» кафедрасының ғылыми семинар отырысы хаттамасынан көшірме	150
ҚОСЫМША Ж Науайы мемлекеттік тау-кен институтының Энерго-механикалық факультетінің кеңейтілген ғылыми-техникалық семинар отырысы хаттамасынан көшірме	155
ҚОСЫМША И Самарқан мемлекеттік сәулет-құрылыс институтының «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және конструкцияларын өндіру» кафедрасының ғылыми семинар отырысы хаттамасынан көшірме	157
ҚОСЫМША К Хаттамадан көшірме («ИНТЕХКОМ» ЖШҰ)	159
ҚОСЫМША Л МЕСТ 26101-84 сәйкес шығарылатын және машинаның бөлшектерін қатайту үшін кеңінен қолданылатын ұнтақты сымдардың белгілері мен қасиеттері	160
ҚОСЫМША М Тозу шарттарын жіктеу (жұмыс шарттары)	162
ҚОСЫМША Н Қорытпалардың тозу жағдайлары (кестелік деректер)	163
ҚОСЫМША П «Тәуелсіз бұзбай бақылау және диагностика» сынау зертханасының сынау актісі	164

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

МЕСТ 26101-84 «Ұнтақты балқымалау сымдары». Техникалық талаптар.

МЕСТ 21105-87 – «Бұзбай бақылау. Магнитті ұнтақты әдіс» әдістемесі.

МЕСТ 23677-79 – «Металдарға арналған қаттылықты өлшегіштер. Жалпы техникалық талаптар».

МЕСТ EN 13898-2011 «Металл өңдеу білдектерінің қауіпсіздігі. Металдарды суықтай кесуге арналған кесу білдектері».

ҚР СТ 2.171-2009 «ҚР МӨЖ. Металл материалдар. Виккерс бойынша қаттылықты өлшеуге арналған аспаптар. Тексеру әдістемесі».

МЕСТ 5950-63 – «Легирленген аспаптық болат. Маркалар және техникалық талаптар».

МЕСТ 380-88 – «Болат пен қорытпалардың маркалары. Техникалық шарттар».

АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертацияда келесі сәйкес анықтамалары бар терминдер қолданылған:

Кескіш құралдың жұмыс қабілеттілігі – бұл жұмыс бетінің тозуы кезінде, өлшемдік мәні шекті мәнінен аз болып, өзінің қызметтік функцияларын орындауға қабілетті күй жағдайы.

Құралдың сенімділігі – деп оның белгіленген уақыт ішінде үздіксіз жұмыс жасау қабілетілігін сақтау қасиетіне айтады.

Балқыма – деп, балқытып дәнекерлеу арқылы бұйымның бетіне металл немесе қорытпа қабатын балқытып қаптастыруды айтады.

Тозығу – үйкеліс кезінде тетік өлшемдерінің беті бойынша біртіндеп өзгеру процесі.

Тозу – тетіктің үйкеліс беті бойынша өлшемдерінің өзгеруі түрінде байқалатын тозығу нәтижесі және өлшемдерінің өзгерісі негізінде немесе жанама белгілері бойынша тікелей бағаланады.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста төмендегі белгілеулер мен қысқартулар қолданылды:

ҚР – Қазақстан Республикасы;

ҚарТУ – Қарағанды техникалық университеті;

ТЖМ және С – Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау;

ЖШС – жауапкершілігі шектеулі серіктестік;

ТФӨ - термофрикциялық өңдеу;

СМТУ – Саратов мемлекеттік техникалық университет;

СЭ – соңғы элементтер;

РФК – ротациялық-фрикциялық кеңейте жону;

ОКА – орташа квадраттық ауытқу;

НВ – Бринелл әдісі бойынша анықталған бет қаттылығы;

РФЖ – ротациялық-фрикциялық жону;

ЭКА – энергияның концентрацияланған ағындары.

КІРІСПЕ

Зерттеу өзектілігі. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында машина жасау саласын одан әрі өрбіту және өркендету бойынша елеулі жұмыстар жүзеге асырылуда, солардың бірі Машина жасауды дамыту жөніндегі 2019-2024 жылдарға арналған жол картасының (кешенді жоспар) бекітілуі [1].

Жол картасының негізгі мақсаты отандық машина жасау кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілігін арттыру, жаңа технологияларды енгізу және саланың экспорттық әлеуетін арттыру болып табылады.

Машина жасау өндірісінің тиімділігі көптеген факторларға байланысты, олардың арасында металлкескіш құралдар маңызды орын алады. Құралдың істен шығуы көбінесе (75% дейін) кесу жиектерінің тозуына байланысты болады [2]. Бұл әсіресе барлық өндірістерде кеңінен қолданылатын, қиынөңделетін материалдарды өңдеу кезінде байқалады, өйткені бұл материалдар үшін дайындаманы өңдеудің еңбек сыйымдылығы құралдың қызмет ету мерзіміне сәйкес келеді [3,4].

Отандық және шетелдік өндірушілердің ғаламдық интеграциясы отандық өнеркәсіпте шетелдік технологияларды қолданудың өсуіне әкелді. Осыған байланысты өндірісте химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері бойынша ерекшеленетін жаңа материалдар көбірек қолданыс табуда. Бұл материалдарды механикалық өңдеу, металлкескіш құралдарды шығындауына да кері әсерін тигізеді. Қолданыстағы анықтама-техникалық көздерде тиісті ұсыныстардың жоқтығына байланысты, кесу режимдерін тағайындау және құралдың кесетін бөлігінің материалын таңдау кезінде жіберілетін қателер, кесу жиегінің мерзімінен бұрын тозуына немесе бұзылуына әкеледі.

Өзінің меншігінде құралдар өндірісі жоқ елдер үшін (оның ішінде Қазақстан да бар) металл кесетін құрал-саймандарды шетелдік өндірушілерден жоғары бағаға (қымбат) сатып алуға тура келетіндіктен, жағдай одан сайын шиеленісе түседі. Осының барлығы механикалық операциялардың өзіндік құнының өсуіне, ал оның нәтижесінде шығарылатын өнімнің өзіндік құнының өсуіне әкеледі.

Осыған байланысты қиынөңделетін материалдарды өңдеу кезінде кесу құралының тозуға төзімділігін, беріктігін (жұмыс ресурсы) арттыру мәселесі заманауи машина жасаудың ірі практикалық мәселелерінің бірі болып табылады.

Жаһандық даму жағдайында бұл мәселелердің шешу жолы ол, өндірістің жоғары сапасын, өнімділігін, ресурс үнемділігін, қол жетімділігін және т.б. сияқты талаптарын қанағаттандыратын металлкескіш құралдың конструкциясын жасау және механикалық өңдеу тәсілін әзірлеу болып табылады.

Механикалық өңдеудің осындай әдістерінің бірі – Қарағанды техникалық университетінің (ҚарТУ) «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» (ТЖМЖС) кафедрасында әзірленген импульсті салқындатуға ие термофрикциялық өңдеу әдістері [5,6,7,8].

Өңделетін бетте «қыздыру-суыту» периодтық циклін қамтамасыз ете алатын кесуші құралдың арнайы құрылымының арқасында, термофрикциялық өңдеудің (ТФӨ) жаратылған әдістері мүлдем бөлек кесу механизміне сүйенеді. Кесу механизмінің мәні, кесуші құралмен өңделуші материал арасындағы сыртқы үйкелісті ішкі үйкеліске айналдыруға мүмкіндік беретін, дайындамадағы деформациялық және жылулық өрістерінің оқшаулануына негізделген болады. Бұл жағдайда үйкеліс кесілуші материал қабаттарының арасында жүзеге асады. Бұл технология металл дайындамаларды кесу үрдісін, айналу жиілігі $n=2000-3500$ айн/мин болатын айналдырық торабына ие болған, қарапайым әмбебап білдектерде, орындауға мүмкіндік береді. Сонымен қоса, өңделген беттің сапасын қамтамасыз етіп, өңдеудің өзіндік құнын айтарлықтай төмендетеді. Дәстүрлі және ұсынылатын ТФӨ арасындағы негізгі айырмашылық бұл қажетті айналымдар санының айтарлықтай кемуі және соның негізінде жұмсалатын электрэнергиясының мөлшерін елеулі үнемдеуге мүмкіндік беруі.

Дегенмен, кесу жылдамдығының төмендеуіне қарамастан, термофрикциялық кесуші құралдардың тозуына, қатаңдығына және беріктігіне байланысты жағдай орын алуда және бұл жағдай өңдеу сапасына кері әсерін тигізіп отыр.

Сондықтанда термофрикциялық кесуші құралдардың тозуын, қатаңдығын және беріктігін арттыруға бағытталған диссертациялық жұмыс **өзекті болып табылады.**

Жұмыстың мақсаты термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы мен беріктігін арттыру.

Зерттеу міндеттері:

- термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігі, қатаңдығы мен беріктігі мәселелерін күйін зерттеу және талдау;
- термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы мен беріктігін арттырудың қолданыстағы әдістері мен тәсілдерін зерттеу;
- қолданыстағы тозуға төзімді балқымалау әдістері мен материалдарын зерттеу;
- әртүрлі материалдардан даярланған термофрикциялық құралдарды балқымалау процесін тәжірибелік зерттеу, сондай-ақ, балқымаланған қабаттардың сапасын құрылымдық және металлографиялық зерттеу;
- термофрикциялық құралдардың материалына тәуелді түрде балқыма сапасын қамтамасыз етуде балқымалау режимдері, балқыма материалы, балқымаланған қабаттардың саны және олардың қалыңдықтарының арасындағы өзара байланыс заңдылықтарын айқындау;
- балқымаланған термофрикциялық құралдарды сынақтан өткізу бойынша тәжірибелік зерттеу;

- балқымаланған термофрикциялық құралдармен өңдеу кезінде олардың жылулық жағдайын, қатаңдығы мен беріктігін Explicit-Dynamic (ANSYS) бағдарламасының көмегімен моделдеу әдістемесін жарату;

- өндіріске ұсыныстар жарату және нәтижелерді енгізу.

Зерттеу объектісі. Термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы мен беріктігін арттыру әдістері мен тәсілдері.

Зерттеу пәні. Термофрикциялық құралдардың кесуші жүзін балқымалау үрдісінің заңдылықтары.

Зерттеу әдістемесі. Жұмыста қойылған міндеттер тәжірибелік және теориялық әдістермен шешілді. Теориялық зерттеулерде металл кесуші құралдарды жобалау, тозған беттерді балқыламалау технологиялары, материалдарды кесу теориясы, машина жасау технологиялары, металл технологиялары, материалтану негіздері ғылымдары қолданылды. Эксперименттік зерттеулер ҚарТУ ТЖМ және С кафедрасының ғылыми зертханалық базасы жағдайында орындалды. Балқыту үрдісі ҚарТУ-дың Қазақстандық дәнекерлеу институты зертханасының базасында ПДГ-252 УЗ.1 доғалық пісіру жартылай автоматының көмегімен жүргізілді.

Балқытылған қабаттардың қаттылығын өлшеу және құрылымдық сапасын металграфиялық зерттеу ҚарТУ-дың "Минералдық шикізат ресурстарын кешенді игеру" инженерлік бейінді сынау зертханасының жабдықтарын пайдалану арқылы жүргізілді. Балқымаланған термофрикциялық құралдарды бұзбай бақылау «Бұзбай бақылау бойынша аттестаттау орталығы» ЖМ (Қарағанды қ.), «Тәуелсіз бұзбай бақылау және диагностика» сынау зертханасы жағдайында орындалды. Бақылау МЕСТ 21105-87 талаптарына сәйкес «Бұзбай бақылау. Магнитті ұнтақты әдіс» әдістемесі негізінде жүргізілді.

Балқымалы термофрикциялық құралдарды сынақтан өткізу кезінде өңделген беттердің сапалық көрсеткіштері электрондық құрылғылар: кедір-бұдырлықты тасымалды өлшеуіші TR 100 және шағын габаритті динамикалық қаттылықты өлшеуіші ТДМ-2 көмегімен өлшенді. Эксперименттерді жоспарлау және нәтижелерді өңдеу белгілі әдістемелер көмегімен жүргізілді. Балқымалы термофрикциялық құралдармен өңдеу кезіндегі жылулық процестері мен жылудың тарқалуын зерттеу Explicit-Dynamic ANSYS бағдарламасы және DEFORM-3D бағдарламасында соңғы элементтер көмегімен моделдеу арқылы орындалды.

Ғылыми жаңалықтар төмендегідей:

- термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы мен беріктігін арттыру әдісі жаратылды және ғылыми негізделді, оған қоса алғанда:

- балқымаланатын материалдардың маркасы, балқымалау әдісі және балқымалаудың оңтайлы режимдері анықталды;
- әрқайсы термофрикциялық құралдар үшін балқымаланатын қабаттардың оңтайлы саны мен қалыңдығы айқындалды;

- термофрикциялық құралдардың материалына тәуелді түрде балқыма сапасын қамтамасыз етуде балқымалау режимдері, балқыма материалы, балқымаланған қабаттардың саны және олардың қалыңдықтарының арасындағы өзара байланыс заңдылықтары айқындалды;
- алғашқы рет термофрикциялық құралдың материалына байланысты балқымаланатын қабат қалыңдығын анықтау үшін математикалық үлгі ұсынылды;
- алғашқы рет орындалды:
 - балқымаланған термофрикциялық құралдардың жылулық күйін, қатаңдығын және беріктігін Explicit-Dynamic (ANSYS) бағдарламасының көмегімен моделдеу;
 - термофрикциялық құралдың беріктігін аналитикалық есептеу.

Қорғауға жарияланатын негізгі ережелер:

- термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығын және беріктігін арттырудың балқымалау әдісі;
- әртүрлі материалдардан жасалған термофрикциялық құралдарды балқымалау процесін тәжірибелік зерттеу, сондай-ақ, балқымаланған қабаттардың сапасын құрылымдық және металлографиялық зерттеу нәтижелері;
- термофрикциялық құралдардың материалына тәуелді түрде балқыма сапасын қамтамасыз етуде балқымалау режимдері, балқыма материалы, балқымаланған қабаттардың саны және олардың қалыңдықтарының арасындағы өзара байланыс заңдылықтары;
- термофрикциялық құралдың материалына байланысты балқымаланатын қабат қалыңдығын анықтау үшін математикалық үлгі;
- балқымаланған термофрикциялық құралдармен өңдеу кезінде олардың жылулық күйін, қатаңдығын және беріктігін Explicit-Dynamic (ANSYS) бағдарламасының көмегімен моделдеу әдістемесі.

Практикалық құндылығы және зерттеу нәтижелерін пайдалану:

- тозуға төзімді балқымалармен қапталған термофрикциялық құралдардың, яғни ротациялық-фрикциялық кескіш, үйкеліс фрезасы, дискілі ара және конустық үйкеліс фрезаларының құрылымдары жаратылды;
- STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M материалдарымен балқымаланған термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігі, қатаңдығы мен беріктігі дәстүрлі термофрикциялық құралдармен салыстырғанда $1,5 \div 2$ есе артатынын көрсетті;
- тозуға төзімді балқымалармен қапталған термофрикциялық құралдармен өңдеу кезінде жылулық күйін, қатаңдығын және беріктігін анықтаудың әдістемелері жаратылды;
- әр түрлі материалдардан жасалған термофрикциялық құралдарды балқымалау бойынша өндіріске енгізу үшін ұсыныстар дайындалды.

Алынған нәтижелердің, ұсыныстардың және қорытындылардың нақтылығы расталады:

- зерттеу міндеттерінің дұрыс қойылуымен, зерттеу әдістемелерінің дұрыс таңдалғандығымен, талдау және есептеу әдістерінің дұрыстығымен, сондай-ақ, машина жасау және балқыламалау технологияларына негізделгендігімен;

- есептеу және экспериментальдық нәтижелерінің қанағаттанарлық жинақтылығымен;

- ҚР өнертабысқа және пайдалы моделіне патенттерімен (Қосымша А);

- ғылыми жұмыс нәтижелерінің өндіріске енгізілуімен;

- зерттеу нәтижелерін республикалық және халықаралық конференцияларда кең апробациялаумен және диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелерінің рецензияланған отандық және шетелдік ғылыми журналдарда жариялануымен;

- Ресей және ҚР ірі машинажасау өндірістерінің техникалық кеңестерінде ғылыми зерттеу нәтижелерін апробациялауымен.

Диссертациялық жұмыс ҚР Машина жасауды дамыту жөніндегі 2019-2024 жылдарға арналған жол картасын (кешенді жоспар) жүзеге асыру аясында орындалды. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «MEGA GROU PKZ» ЖШС өндірісіне (Қосымша Б), сондай-ақ машинажасау мамандығы бойынша бакалаврларды, магистрларды дайындауда Торайғыров университетінің оқу үрдісіне енгізілді (Қосымша В).

Жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері баяндалды және талқыланды:

- халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы Сағынов оқулары (Қарағанды қ., 2018-2020жж.);

- жас ғалымдардың халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы «Өнеркәсіптегі жаңа материалдар, жабдықтар және технологиялар» (Могилев қ., Белорус, 2018ж.);

- халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы «Машинажасау және күй өндірістеріндегі заманауи технологиялар» (Чебоксары қ., Ресей, 2018ж.);

- «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасының ғылыми семинарларында (2017-2020жж.) (Қосымша Г);

- ҚарТУ-дың 6D071200 «Машинажасау», 6D071300 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» мамандықтары бойынша докторлық диссертацияларды қорғау бойынша Диссертациялық Кеңестің ғылыми семинарларында (2018-2020жж.) (Қосымша Д);

- Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университетінің «Машина жасау технологиясы» кафедрасының және оның филиалы Энгельс технологиялық институтының «Материалдарды өңдеу жабдықтары мен технологиялары» кафедрасының ғылыми семинарларында (Энгельс қ., Ресей, 2018ж.) (Қосымша Е);

- Науайы мемлекеттік тау-кен институтының Энерго-механикалық факультетінің кеңейтілген ғылыми-техникалық семинарында (Науайы қ., Өзбекістан, 2019ж.) (Қосымша Ж);

- Самарқан мемлекеттік сәулет-құрылыс институтының «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және конструкцияларын өндіру» кафедрасының ғылыми семинарында (Самарқан қ., Өзбекістан, 2019ж.) (Қосымша И);

- «ИНТЕХКОМ» ЖШҰ-ның техникалық кеңесінде (Саратов қ., Ресей, 2018ж.) (Қосымша К).

Автордың жеке үлесі осы мәселе бойынша ғылыми техникалық және патенттік әдебиеттерді талдау, термофрикциялық кесуші құралдардың тозуға төзімділігін, қатандығы мен беріктігін арттыру әдістерін зерттеудің міндеттерін қою және жарату, арнайы құрылымға ие балқымаланған термофрикциялық құралдардың құрылымын жобалау және даярлау, эксперименттік зерттеулерді ұйымдастыру және орындау, ғылыми-зерттеу жұмыстарынан алынған нәтижелерді отандық және шетелдік жоғары оқу орындарының туыстас кафедраларының ғылыми семинарларында, сондай-ақ отандық және халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларда апробациялау болып табылады.

Басылымдар жайлы ақпарат

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері мен нәтижелері 17 басылымда жарияланды, оның ішінде 3 - SCOPUS баспалар тізімі журналында, 5 – ҚР БҒМ БҒСБК-де ұсынылған басылымдарда, 1 – шетелдік ғылыми басылымдарында, 5 – халықаралық конференциялар материалдарында, соның ішінде 2 - шетелдік халықаралық конференцияларда, 2 – өнертабысқа және пайдалы моделге ҚР патенттері, 1 – зияткерлік меншік объектісіне авторлық құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы куәліктер.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 5 тараулы негізгі бөлімнен, қорытындыдан және 13 қосымшадан тұрады. Диссертация көлемі 169 бетті машинамен басылған мәтінді құрайды, жұмыс 76 суреттерден, 26 кестелерден, 146 атауларды қамтитын пайдаланылған әдебиеттер көздерінен тұрады

1 МӘСЕЛЕНІҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ

1.1 Металлкескіш құралдардың жалпы жұмыс қабілеттілігі мен тозу құрылымы туралы

Заманауи машина жасаудың өзекті мәселелерінің бірі металлды кесумен өңдеуге арналған алдыңғы қатарлы технологиялар мен құралдардың озат конструкцияларын жасап шығару. Технологиялық циклдегі көпшілік жауапты тетіктерді механикалық өңдеу үрдістерінің басым рөлі жоғары дәлдікті, үнемділікті және әмбебаптылықты қамтамасыз етуге қаратылған [9]. Сонымен қоса, қазіргі таңда кең таралған дәстүрлі механикалық өңдеу әдістері, өнімділікпен сапаға қойылатын өспелі талаптарды ұдайы қанағаттандыра бермейді. Сондай-ақ, оларды жаңа материалдардан бұйым алу үшін қолдану, қымбат болған кесуші құралдың үлкен шығынымен байланысты, тиімділігі аз және өнімділігі төмен болып отыр. Осындай жағдайларды ескеретін болсақ, қазіргі таңда талап етілген дәлдік және сапаны толығымен қамтамасыз ететін, өңдеудің жаңа әдістерін жарату қажет екендігін көруге болады.

Кесумен өңдеудің жаңа әдістерін жарату, өңдеу кезінде алынатын әдіпке механикалық әсер ету сипатын өзгерту қажеттілігіне әкеп соғады, сонымен қатар басқа да электрлік, химиялық, жылулық сияқты әсер ету түрлерін қолдануды қажет етеді [10,11,12]. Механикалық, химиялық, электрлік және жылулық үрдістерінің біріктірілген әсеріне негізделген құрама өңдеу әдістерін пайдалану, өңдеу дәлдігі мен өнімділікті, сонымен қатар қолданылатын кесуші құралдың беріктігін де жоғарлатуға мүмкіндік береді [13]. Машинажасау кәсіпорындарда, кесілетін металл қабатына механикалық әсер ету сипатын өзгертуге негізделген, дайындамаларды өңдеу әдістері кең қолданыс табуда. Оларға жоғары жылдамдықта кесу, ультрадыбыстық және дірілдету арқылы кесу әдістері жатады [14].

Алайда механикалық өңдеу өндірісінің даму келешегіне талдау жасайтын болсақ, жоғарыда айтылғандардан басқа, дәл құю, қалыптау, электрофизикалық өңдеу сияқты балама әдістердің дамуы айтарлықтай ілгері басуына қарамастан, кесумен өңдеу тетіктердің өлшемдерін қалыптастыру бойынша анағұрлым қолайлы болып қалатынын көруге болады.

Бұл ретте кесумен өңдеу тиімділігін анықтайтын кескіш құралдың рөлі айтарлықтай артып келеді.

Кескіш құралды пайдаланудың ең маңызды көрсеткіші жұмысқа қабілеттілік болып табылады [15].

Істен шығу (мұқалу) критерийі құралдың пайда болған істен шығу фактісін, яғни оның жұмысқа қабілеттілігі бұзылуына қатысты жағдайларды анықтайды. Құралдың істен шығу критерийі берілген шектеулермен (тетіктердің сапалы-дәлдік көрсеткіштері, құралдың толық мұқалуы және т.б.) анықталады. Құралдың сенімділігін анықтайтын объективті фактор оның тоқтаусыз жұмыс істей алу

ықтималдығы болып табылады және ол құралдың істен шығуға (беріктілігі) жұмыс істеу уақытының параметрлері мен бөлу заңдарын белгілеу қажеттілігін алдын ала анықтайды. Құралдың істен шығуы кенеттен (құралдың кесетін бөлігінің микромортты немесе тұтқырлы бұзылуы), біртіндеп (құралдың түйісетін беттерінің қалыпты тозуы) және толық (құралдың толық мұқалуы) болуы мүмкін. Құралдың жұмысқа қабілеттілігін беріктіктің орташа мәні және оның өзгеру коэффициенті сияқты параметрлері айтарлықтай толық сипаттай алады.

Құралдың жұмыс қабілеттілігі құрал және өңделетін материалдардың түйісетін өзара іс-әрекетінің күрделі, стохастикалық өтетін процестерімен анықталады. Өзара әрекеттесу белсенді физикалық - химиялық үрдістерімен (шекаралық адгезия, когезия, қатты және сұйық фазалы диффузиялық реакциялар, коррозия және тотығу) қатар жүреді, үлкен түйісу кернеулермен және температуралармен, материалдың жергілікті бөлігінде беріктендіру және беріксіздендірумен сипатталады, ол болса құралдың түйісетін бөлігінің микро-және макроқирауына әкеп соғады. Түйіспелі өзара әрекет ету үрдісіне әсер ететін факторлар құралдың жұмысқа қабілеттілігіне әсер етеді. Оларға түйісу шарттары (үздіксіз, үзік), өңдеу режимі, құралдың геометриялық параметрлері, құралдың және өңделетін материалдардың қасиеттері жатады.

Құралдың жұмысқа қабілеттілігіне, демек, кесумен өңдеу тиімділігіне құрал материалының қасиеттері зор әсер етеді [15,5-6 б.].

Құралдардың жалпы зақымдалуының сипаты кең тәжірибелік бақылаулар мен зерттеулер нәтижесінде анықталды [16,17,18,19]. Кесу жағдайы және құрал мен өңделетін материалдың қасиеттеріне байланысты басым тозу құралдың не артқы бетінде, не құралдың алдыңғы бетінде байқалады. Құралдың алдыңғы бетінің тозуы кесу жиегінен біраз қашықтықта шұңқыршаның пайда болуынан және оның өлшемдері біртіндеп ұлғаюымен байқалады. Құралдың артқы бетінің тозуы кезінде кесу жиегінен басталатын және кесу күшінің әсер ету сызығының бойымен орналасқан параллель бойлық ойықтар пайда болады. Әдетте құрал-саймандар тозуына бойлық ойықтар негізгі ықпал етеді.

Құралдың алдыңғы және артқы беттердің тозуы кесу жиегінің кептелуіне, алдыңғы және артқы кесу бұрыштарының өзгеруіне, өңделген беттің кедір-бұдырлығының артуына, өңделетін тетік өлшемдерінің өзгеруіне, кесу күші мен температурасының рұқсат етілгеннен жоғары болуына және т. б. әкеледі.

Металдарды кесумен өңдеу тәжірибесі, ұстаралы құралдың тозуының басым түрлері ол адгезионды және абразивті түрлері, олар тозған және диффузиялық сипаттағы ілеспелі құбылыстармен қатар өтеді [16,17]. Белгілі жағдайларда тозудың белгілі бір түрі басым болса, басқа жағдайда олар бір уақыттылы болуы мүмкін немесе бір-бірін алмастыруы мүмкін.

Кесу кезінде адгезиялық тозу материалдарды кесу арқылы өңдеумен айналысатын көптеген ғалымдардың (А.А. Аваков, Т.Н. Лоладзе, А.Д. Макаров, Н.В. Талантов, П.И. Ящерицын және т.б.) зерттеу объектісі болды. Кесу кезінде

адгезиялық тозу процесінің эксперименталды зерттеулері [16,17] материал бөлшектерінің жұлымы жолымен тозу пайда болатыны, әдетте, өңделетін тетіктің жұмсағырақ бетінен орын алатынын көрсетті. Бұл ретте, беріктігі төмен материалдан жұлынған бөлшектер аспаптың неғұрлым берік бетіне көшіріледі және онда қаттылығы жоғары шор пайда болады. Бөлшектердің кері тасымалдануы да қатар болуы мүмкін – құралдың қатты бетінен өңделетін материалдың жұмсақ бетіне. Кесу процесі кезінде шор пайда болған бөлшектің бетінен де, құрал бетінен де, олардың беріктігіне қарамастан ойықтарды қалдыра отырып, үздіксіз жұлынылады. Бақылау нәтижесінде шор, әдетте, құралдардың кесу жиегінде пайда болады, бұл оның бойымен жоғары ұстасу қарқындылығын көрсетеді. Бұл жоғары контактілі қысымның әсерінен де, жоғары ювеналдық бет құралымен байланысқа түсумен де байланысты.

Ұстап қалу құбылыстарының елеулі төмендеуіне майлайтын сұйықтықтарды қолдану арқылы қол жеткізіледі, бірақ кесу жиегіне жақын майлау адгезионды өзара әрекеттесуді толығымен жоя алмайды. Майлау әсері кесу жылдамдығының ұлғаюымен төмендейді, бұл майлайтын сұйықтықтың адсорбцияланған пленкаларының түзілу процесінің өңделетін материалдың химиялық таза беттерінің пайда болу процесінен баяу өтуінен байланысты. Бұл жоғары температураға байланысты жанасқан қабаттардың жұмсаруына, пластикалық деформация және кесу аймағында өңделетін материалдың кеуектердің жабылуына әкеледі [17,19].

Кескіш құралдың абразивті тозуы мен оның ерекшеліктері терең зерттелген және нәтижелер жұмыстарда [16,17,18] ұсынылған. Абразивті тозу кезінде зақымдану құралдың кескіш бөлігінің алдыңғы және артқы беттерінде сызаттар, бунақ түрінде болатыны анықталды. Сонымен қатар, зақымданудың түрлері мен олардың себептерін толық талдауы нәтижесінде, осы зақымданулардың туындау себептері екі жақты сипатқа ие екендігі анықталды.

Біріншіден, зақымданулар өңделетін материал құрылымындағы қатты қосылыстар (карбидтер, тотықтар) құралдың жұмыс бетіне көп мәрте механикалық әсер ету нәтижесінен пайда болатыны анықталды. Бұл ретте кесу процесінде қатты қосылыстар құралдың бетіне еніп, микроскопиялық кескіш ретінде сызаттар қалдырады. Егер құралдың кескіш бөлігінің қаттылығы қыздыруға байланысты азайған жағдайда, сызаттар қалдыру әрекеті де артады. Қатты қосылыстардың өлшемдеріне мен өңделетін материалда олардың таралу сипатына байланысты тозу қарқындылығы айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Екіншіден, сызаттар, ойықтар, созылмалы жырашық түрінде зақымданулар, жоғары қаттылықты шордың немесе оның бөліктерінің құралдың бетінен бөлініп кетіп әсер ету нәтижесінде пайда болады. Бұл бөліктер абразив сияқты бетті «жыртады». Қатты шорлардың қалыптасып үзілуіне дейінгі үрдістің себептері адгезионды ұстасу болып келеді. Шор қаттылығын өлшеу нәтижесінде, құралдың кескіш бөлігінің қаттылығынан әлдеқайда жоғары болатыны орнатылды, әсіресе

кесу кезінде жоғары температураға дейін қыздырылса. Шор және оның бөліктерінің қаттылығы жоғарлауы, деформациялық беріктендіру нәтижесінде пайда болады деп саналады.

Кескіш құралдың абразивті тозуына химиялық белсенділікке ие бола алатын салқындатқыш орта әсер етеді. Бұл жағдайда құралдың кескіш бөлігіндегі үстінгі қорғаныш жабындары әлсірейді және өңделетін материалдың кірмесі болып табылатын, сондай-ақ адгезиядан шыққан осы материалдың беріктендірілген шордың қатты бөлшектермен сызаттар оңай қалдырылады. Химиялық белсенді салқындатқыш орталар, құрал беріктігіне әсерін тигізбей, бетіндегі адгезияны қатты төмендетеді. Сондықтан адгезиялық тозу қарқындылығы кейбір химиялық белсенді орталарда төмендейді, осылайша абразивтік тозу басым болып табылмайтын қатты қорытпалардан жасалған құралдардың төзімділігін арттырады. Арнайы зерттеулермен, химиялық белсенді орталарда жұмыс беттерінің адгезиялық қабілетінің төмендеуіне байланысты, тез кесетін болаттан жасалған құралдың абразивті тозуы тіпті болаттан жасалған дайындамаларды өңдеу кезінде де басым болатыны дәлелденген. Бұл тозуды абразивті-химиялық деп есептеуге ұсынылды. Майлау-салқындатқыш сұйықтықтарды таңдау кезінде олардың құралға ықтимал әсерін ескеру ұсынылады. Егер адгезиялық тозудың төмендеуі абразивтік-химиялық тозудың күшеюімен, басылмаса, орта тиімді болып саналады.

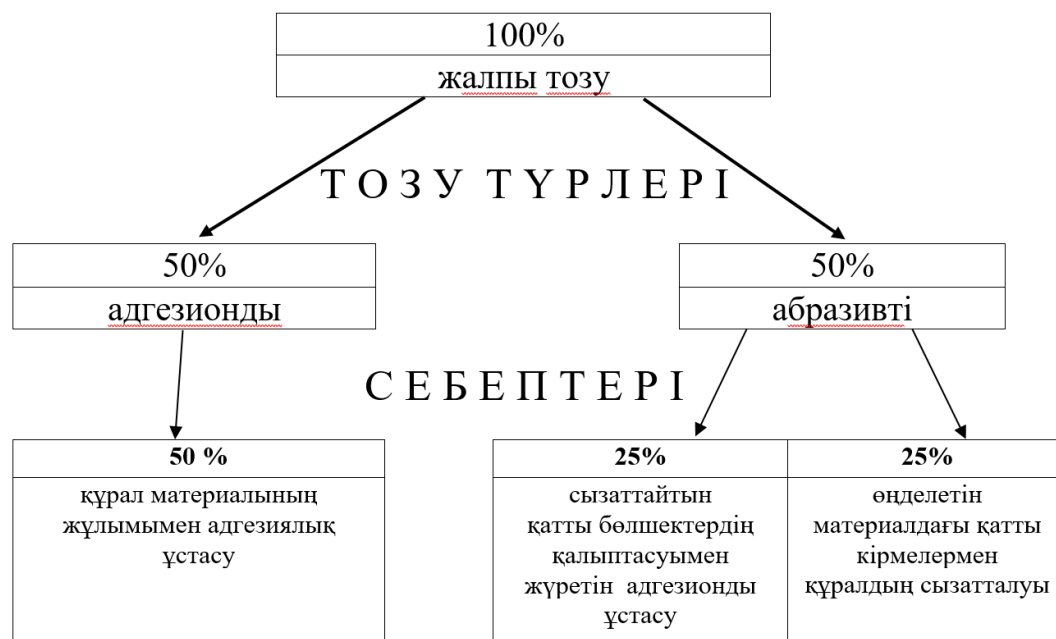
Осылайша, кесу кезіндегі абразивті тозуды бастамашылық ететін, қатты бөлшектердің екі жақты сипатынан шығатыны:

- абразивті сызаттар қалдыратын бөлшектердің себебі, адгезионды ұстасу болып табылады;
- абразивті зақымдарды толық жою мүмкін емес, өйткені абразивті сызаттар қалдратын кірмелер әрдайым өңделетін материалда бар.

Көптеген зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес [16,17,19] құралдардың жалпы тозуында (100%) адгезиялық және абразивті тозудың үлестік салымдары шамамен бірдей деп санауға болады - 50 %. Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандай, адгезиялық тозудың бір ғана себебі бар – адгезиялық ұстасу, ол иондық, коваленттік, металл және молекулааралық байланыстар арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Демек, осы себептің жалпы тозудың адгезиялық құрамдас бөлігіне деген үлесі сол 50% де құрайды. Абразивті тозудың екі себебі бар – сызаттайтын қатты бөлшектердің қалыптасуымен жүретін адгезионды ұстасу және өңделетін материалдағы қатты кірмелермен құралдың сызатталуы. Бұл екі себеп өзара тең және олар абразивті тозуды тең дәрежеде шарттайды деп болжауға болады. Демек, олардың жалпы тозудың абразивті құраушысына деген үлесі әрқайсына 25%-тен құрайды.

Жалпы алғанда, тозудан болатын зақымдану түрлерінің сапалық және сандық талдауларының нәтижелері және олардың пайда болу себептері графикалық түрде (сурет 1.1) тозудың екі түрімен қалыптасатын, оның пайда болу

себептерімен, құралдың жалпы тозуының айналдырылған себеп-салдар байланысы түрінде берілген. Берілген құралдың жалпы тозу құрылымы мен олардың тозу салдары, өңделетін материалда қатты сызат түсіретін кірмелердің болуына байланысты құралдың тозуы жалпы тозудың шамамен төрттен бір бөлігін құрайды, ал тозудың шамамен 75% себебі адгезионды ұстасу болып табылады.



Сурет 1.1 – Себеп-салдарлық аспектідегі құралдың жалпы тозу құрылымы

Қазіргі кезде белгілі болған және белсенді қолданылатын, материалдарды лезвиялық өңдеу әдістерінің айтарлықтай кемшілігі ретінде, өңделетін материал мен құралдың үйкелісуші жұмысшы беттерінің ұдайы түйісуде болуын айтуға болады. Бұл құбылыс құралдың кесуші бөлігінде шектелген көлемде жылулық және күштік жүктемелердің оқшаулануына әкеледі, ол болса құралдың кесуші қасиетін сақтауға және заманауи материал өңдеу жүйелерін қолдану кезінде кесу режимінің қарқындылығын арттыруға кері әсерін тигізеді. Осылайша, жоғарыда айтылған кемшіліктерден бос болатын, өңдеудің жаңа әдістері мен технологияларын жарату қажет.

Бұл мәселенің бір шешімі болып, жұмыс істеу принципі дайындама мен оған қатысты құралдың жоғары жылдамдықпен қозғалуына байланысты қыздырылып, металды қысыммен өңдеуге негізделген термофрикционды кесу болып табылады. Құралдың геометриясы мен материалдың, және де өңдеу режимінің белгілі үйлесімі кезінде дайындама пластикалық күйге, не балқыту күйіне дейін қыздырылуы мүмкін. Қыздыру температурасы мен дайындаманың өңделетін

бөлігінің жағдайы іс жүзінде термофрикционды өңдеу (ТФӨ) әдісін технологиялық қолдану мүмкіндігін анықтайды [20].

ТФӨ әдісінің принципіалды айырмашылығы, кесу аймағының үйкеліс күшімен қыздырылып, қолданылатын құралдың конструктивті ерекшеліктерімен қоса дайындама бетінен алынатын аз көлемді металлда жылудың концентрациясы шоғырлануымен сипатталады. Бұл әдісті пайдалану кезінде өңдеу әртүрлі геометриялық параметрлі және құрылымдық болаттан жасалған металл дискілермен жүргізіледі. Тез айналатын кесуші диск ($V_d = 40...80$ м/с) және дайындаманың жанасу үрдісі кезінде жанасу аймағында металл жоғары иілімділік және деформация жағдайына дейін қызады, оған қоса иірімді толқын тәріздес жоңқа пайда болады [21].

Термофрикционды өңдеу үрдісінің негізгі құбылыстары, өңделетін диск пен дайындаманың жанасу аймағында өтетініне байланысты, жоғары жылдамдықта кесуші дискілердің тозуға тұрақтылығымен, беріктілігі мен қаттылығымен байланысты мәселелер туындайды, ал олар болса өңдеудің сапасы мен дәлдігіне әсер ететін.

1.2 Термофрикциялық өңдеу технологияларын өрбіту маңыздылығы

Термофрикциялық өңдеудің дәстүрлі технологиясы жоғары үйкеліс және сырғу жылдамдығына байланысты өңделетін материалды «құрал-сайман» жанасу аймағында беріксіздендіруге негізделген. Кесу механизмі өңделетін материалдың балқу температурасына жақын «құрал-дайындама» жанасу аймағындағы температураны қамтамасыз етуге және айналмалы термофрикциялық құралмен балқытылған материалды кесу аймағынан шығаруға негізделген. Бұл температураны қамтамасыз ету үшін, дайындама бойынша таралуға үлгермегендей, оны жанасу аймағында арнайы шоғырландыру керек

Оны термофрикциялық құралдың үлкен жылдамдығының есебінен ғана қол жеткізуге болады ($V=70\div 100$ м/с шегінде және одан да көп). Айналдырық түйініне қатысты қатаң талаптар қоятын құрал жылдамдығының шамадан тыс ұлғаюы, электр энергиясының үлкен шығыны (мысалы, термофрикциялық кесіндіге арналған білдектерді $22\div 40$ кВт қозғалтқыштарымен жабдықтайды) және рұқсат етілген шектерден асатын жоғары шудың пайда болуы осы әдістің негізгі кемшіліктері болып табылады. Сондай-ақ термофрикциялық өңдеуді жүзеге асыру үшін үлкен өндірістік алаңдары бар, арнайы технологиялық жабдық және жоғары шуды басу үшін жұмыс орнын оқшаулау қажет болды.

Термофрикциялық өңдеудің негізгі артықшылығы қарапайым конструкциялық болаттардан жасалған термофрикциялық құралдарды дайындау болып табылады, олар қарапайым машина жасау өндірісінің жағдайлары үшін оңай қол жетімді, сондай-ақ оларды дайындау қиын емес.

Алайда жоғарыда көрсетілген кемшіліктер өндірісте термофрикциялық өңдеу технологиясын кеңінен қолдануын тежеді.

Термофрикциялық өңдеу технологиясының дамуына Е.У. Зарубицкий [22,23], И.К. Кушназаров [24,25], А.А. Банников [26,27], Ю.А. Сизый [28,29], Н.И. Покинтелица [30-33] және т.с. сияқты ғалымдар әртүрлі уақытта өз үлестерін қосты және енгізуді жалғастыруда.

Егер профессор Н.И. Покинтелицаның және оның шәкірттерінің ғылыми зерттеулерінің нәтижелерін талдап қарасақ, соңғы жылдары жылу процестерін, кесу күштерін, құралдардың тозуға төзімділігін, кернеулі-деформациялық процестерді, жоңқаның түзілуін, динамикалық сипаттамаларын және т.б. термофрикциялық өңдеу кезінде зерттеу бойынша оң нәтижелерге қол жеткізді.

Ең аз шығынмен өңделген бет сапасының көрсеткіштерін қамтамасыз ететін термофрикциялық беріктендіру әдісі ұсынылған [30]. Үйкеліспен беріктендірілген қабаттың құрылымы мен қасиеттеріне үлкен әсер ететін, металл қабатының орташа интегралды қыздыру және салқындату жылдамдығын анықтаудың тәуелділіктері табылған. Термофрикциялық беріктендіру кезінде кесудің құрамдастарын анықтау үшін математикалық модельдер жасалынған.

Дайындамалардың жазық беттерін айналатын тегіс дискілі жоңғышпен термофрикциялық өңдеу кезінде "құрал-дайындау" түйіспелі аймағының ағымдағы параметрлерімен кесу режимдерінің өзара байланысы эксперименталды орнатылған [31].

Термофрикциялық өңдеуден кейін беттің пішіні мен сипатын анықтауға мүмкіндік беретін микропрофилдің математикалық моделі әзірленді [32]. Бұл өте өзекті, өйткені термофрикциялық өңдеуден кейін кездейсоқ профилі бар толқынды бет түзіледі, ол параллельді бунақтар мен қырларды беру бағытына перпендикуляр бағытталған жүйесі бар. Толқындық параметрлері білдектің динамикалық сипаттамасына, кесу процесіне және қосымша құрылғыларды қолдануына тәуелді. Сонымен қатар, термофрикциялық өңдеу процесінде макро – және микробедерді қалыптастыру механизмі анықталды. Термофрикциялық кесу арқылы өңдеудің кешенді тәсілдерінің ғылыми бағыты дамиды. Термофрикциялық және механикалық өңдеудің кешенді әдісі әзірленді, ол ерекше қасиеттері бар бөлшектердің бетін таза өңдеу үшін қолданылады [33]. Өңдеуден кейін тетік бетінің қола және болат аймақтары беткі қабаттарында қосымша таза механикалық өңдеуге болатын, бірыңғай өңделген бетті құрайтын берік байланыс бар екендігі анықталды.

Сонымен қатар, тегіс беттерді таза жүзді өңдеу әдісі әзірленді, оның негізінде әдіпті қажетті температураға дейін қыздырудың термофрикциялық әсеріне негізделген [34].

Термофрикциялық өңдеу процесінің өзіндік ерекшелігіне байланысты жеткілікті өнімділікті, сондықтан оны қалпына келтірілген немесе шындалған беттерді өңдеу үшін [35], атап айтқанда балқытудың алдында және одан кейін ақаулы әдіпті алу үшін ұсынылады [36].

Дегенмен, термофрикциялық қайта өңдеу әдісін қарқынды зерттеуге қарамастан, оны өндіріске кеңінен енгізуге қол жеткізу мүмкін емес. Бұл, біріншіден, жоғарыда аталған кемшіліктерге, сондай-ақ жоғарыда талданған зерттеулерде кесу жылдамдығына байланысты проблема шешілген жоқ. Олар айналдырықтың айналу жылдамдығын төмендетіп, оның диаметрін арттыру есебінен құралдың бұрыштық жылдамдығын арттырады. Тиісінше құралдың диаметрінің ұлғаюы оның массасының көбеюіне әкеледі, бұл айналдырық құрастыруының қаттылығына теріс әсер етеді.

Бұл мәселелердің шешімі – шағын кесу жылдамдығымен, яғни әмбебап металл кесетін білдектерге тән жылдамдықтармен термофрикциялық өңдеу тәсілін әзірлеу болып табылады. Көпжылдық ғылыми зерттеулердің нәтижесінде "Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау" ҚарТУ кафедрасы әртүрлі кесу механизміне сүйене отырып, импульсті салқындату кезінде төмен жылдамдықта термофрикциялық өңдеу әдістерін әзірледі.

Бұл әдісті жүзеге асыру үшін термофрикциялық құралдың арнайы конструкциясы әзірленген, шеттігі бойынша қыздыруға арналған бірінен соң бірі орындалған тістер және өңделген бетке майлап суыту сұйықтығын импульсті берілісін қамтамасыз ететін ойықтар бар. Құралдың мұндай конструкциясы өңдеу кезінде "құрал-дайындама" түйіспелі аймағын салқындатудың кезеңдік циклын қамтамасыз етеді. Периодтық циклдің есебінен қыздыру-салқындату өңделетін бетте бетақау тәрізді шыңдалған қабат түзіледі, ал оның астында өңделетін материалдың балқу температурасына жақын температурамен материал балқытылады. Құрылғының және дайындаманың үйкелісі орын алатын байланыс аймағының мерзімінде жылыту-салқындату циклы кезінде температураның күрт көтерілуіне ықпал ететін байланыс қабатының астындағы жылуды оқшаулауға жағдай жасалады. Бұл құрал мен кесілетін материал арасындағы сыртқы үйкелісті ішкі үйкеліске аударуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда өңделген материалдың қабаттары арасында үйкеліс пайда болады да, жоғарғы шыңдалған қабат төменгі балқытып қапталған қабатты кеседі, яғни материал өзін-өзі кесіп тастайды.

Осы кесу механизмінің негізінде түрлі беттерді өңдеу үшін импульстік салқындату арқылы термофрикциялық кесу тәсілдері әзірленді:

- импульсті салқындатумен жазық беттерді термофрикциялық өңдеу тәсілі және жоңғыш үйкеліс конструкциясы;
- импульсті салқындатумен термофрикциялық кесу тәсілі және дисклі ара;
- цилиндрлік беттерді термофрикциялық кесу-беріктендіру әдісі;
- термофрикциялық жоңғыш кесуші және жоңғыш үйкеліс әдісі;
- сыртқы және ішкі цилиндрлік беттерді және тостаған кескішті ротационды-фрикциялық жону әдісі;
- технологиялық тесікті термофрикциялық дәнекерлеу тәсілі және фрикциялық өзекше.

Термофрикциялық өңдеудің жоғарыда аталған тәсілдерінің әрқайсысы зертханалық және өндірістік сынақтардан өтті, олардың нәтижелері жоғары өнімділікпен өңдеу сапасын көрсетті. Металл дайындамалардың термофрикциялық кесіндісіне жүргізілген эксперименталдық зерттеулер нәтижесінде [37], үлкен тесіктердің ротациялық-фрикциялық кеулей жону [38] нәтижесінде термофрикционды құралдардың тозуға төзімділігіне байланысты мәселе бар екені анықталды. Термофрикциялық құралдардың кесу бөлігінде бірнеше рет кескеннен кейін, тозу, сызат пен сынықтар байқалды. Бұл импульсті салқындатылған термофрикциялық кесу процесінің нәтижесі, онда жылытқыш-салқындатқыш жылу циклы жүреді, ол құралдың кесу бөлігін мерзімді термиялық өңдеуге ұшыратады.

1.3 Термофрикциялық кесуші құралдардың тозуын зерттеу

1.3.1 Дәстүрлі термофрикциялық құралдардың тозуын зерттеу

Дәстүрлі термофрикциялық құралдардың және профессор Шеров К.Т. жетекшілігімен жаратылған төмен жылдамдықпен өңдейтін термофрикциялық құралдардың тозулары зерттелді [39].

Зерттеу нәтижелеріне келетін болсақ, [40] жұмыста шынықтырусыз дискінің сыртқы контуры бойынша жұмыстық бөлігінде сызаттардың пайда болуының бір себебі, кернеу диск материалының беріктік шегінен тыс болып, жылжыту деформациясы әсер ететіндігі айтылған. Үлкен жылжыту деформациясының нәтижесінде диск материалы морт сынғыш боп келеді. Үйкеліс дискінің жұмыс істеу үрдісінде оның материалының ортасынан шеткі жағына қарай қаттылығы арттыру үрдісі жүреді. Кейінгі деформация микросызаттар мен металдың тозуына әкеп соғады, олар дисктің деформацияланған бөлігінде болады. Илемді деформация мен дискіде сызаттардың пайда болуы көбінесе нашар теңгерілім нәтижесінде болған радиаль ауытқыма әсер етеді. Сонымен, дискке әсер ететін, берілістің максималды жылдамдығы мен күші бірнеше есе рет артады. Бұл тозған дискілердің тозу сипаты мен шеткі бөлігінде сызаттардың шоғырлануымен сипатталады. Сонымен, дискілерде сызаттардың пайда болуына сыртқы контур беті бойынша металл қақталма мен ақау орнында кернеу концентрациясы әсер етеді. Сыртқы контур бойынша кернеу концентрациясын азайту үшін, үйкеліс дискілерін қалыпталған болаттан орындап, диск контуры бойынша сызаттар мен түзету іздерін болдырмау керек.

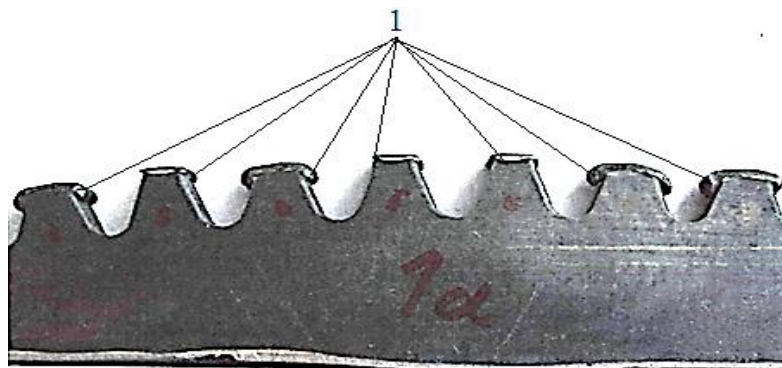
Сол жұмыста [40] үйкеліс дискіде сызаттардың пайда болуының келесі негізгі себептері белгіленген:

- үйкеліс дискіге берілісі кезінде, әсіресе ұзын дайындаманың қисық кетуі;
- қылшықтар, қабаттылық және диск материалында басқа да ақаулар;
- орнатылған білік мойынтірегінің тозуы нәтижесінде, үйкеліс дискінің ауытқымасы;

- білікте тірек мойынтіректің жоқтығына байланысты дискінің осьтік орынауысуы.

Радиалды бағытта пайда болған ақаулар ең қауіпті. Ұзындығы 10 мм асатын сызат көп болса немесе бір-біріне жақын орналасқан жағдайда, кесу жиегінің үгілуіне байланысты үйкеліс дискімен жұмыс жасау мүлдем рұқсатталмайды [41].

Эволвентті пішінді және ерекше жоғарыланған қалыңдықты $8 \div 10$ мм болатын, құбырларды ыстық кесуде қолданылатын фрикционды дисктің тозуы [42] жұмыста зерттелген. Тістердің тән тозуы бар классикалық ара секторының сурет 1.2 көрсетілген.

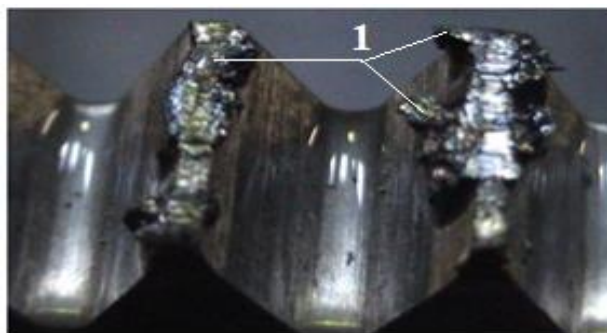


1 – тозу

Сурет 1.2 – Тістердің тән тозуы бар классикалық ара секторының фотосуреті

Тістердің пластикалық деформациясы нәтижесінде, жанасу ауданы бірнеше есе артады, тіс алғашқы биіктігінен 30 % - 40 % жоғалтады және ара дискісі ауыстыруды қажет екені орнатылды.

Трапециалды тіс пішінді, құбыр илемдеуде кесуге қолданылатын фрикционды ара дискінің тозуы [43] жұмыста зерттелген. Трапециалды тіс пішінді фрикционды ара дискінің тозуы 1.3 суретте көрсетілген.



1 - өсімшелер

Сурет 1.3 – Тістері трапецеидал пішінді фрикционды ара

Тістері трапецеидал пішінді фрикционды араларды пайдаланып өңдеу кезінде өңделетін материалдың құрал жүзіне қарқынды жабысуы байқалады және шор пайда болуы орнатылған (1.3 сурет).

Өңделетін металлдың илемділігі жоғары болған сайын және химиялық құрамы бойынша ара материалына жақын болған жағдайда, шор және ара тістерінің тіркесуі беріктеу болады. Суреттен көріп тұрғандай, ең қарқанды тістердің ұштары тозуға ұшырады. 1.4-суретте термофрикционды өңдеуге арналған кесуші дискінің жұмыс беті көрсетілген [44].



1 – сынықтар

Сурет 1.4 – Термофрикционды дискінің жұмыс беті

Жұмыс [44] айнылатын диск қозғалыссыз тетікпен жанасатын бетті өңдеу орындалған. Нәтижесінде, жанасу аймағында температура 1200°C аса жоғарылайды, ол дайындама материалы жұмсарады және $\sigma = f(t)$ байланысы бойынша $40\div 50$ МПа мәніне дейін беріктік қасиеттері кемиді. Диск материалының температурасы біржақты салқындату нәтижесінде шамалы аз (150°C төмен), құбылу түсі (көк түсті – шамасы 300°C) дисктің шеті бойынша ғана байқалды (сурет 3).

Сонымен қатар қыздырылатын материалдың тұрақтылығы жоғалтылады және де диск тереңге жылытылған аймаққа орын ауыстырады. Аққыштық шегі жылытылған аймақтан кейін көп және қайта аймақтың жылыту режимі басталады. Берілген қайталанатын үрдісте жанасатын материалдардың беріктілігі арасындағы айырмашылық өте үлкен болғандықтан жабысу мен ұстасу көп ретте болмайды (жұп қатты-жұмсақ).

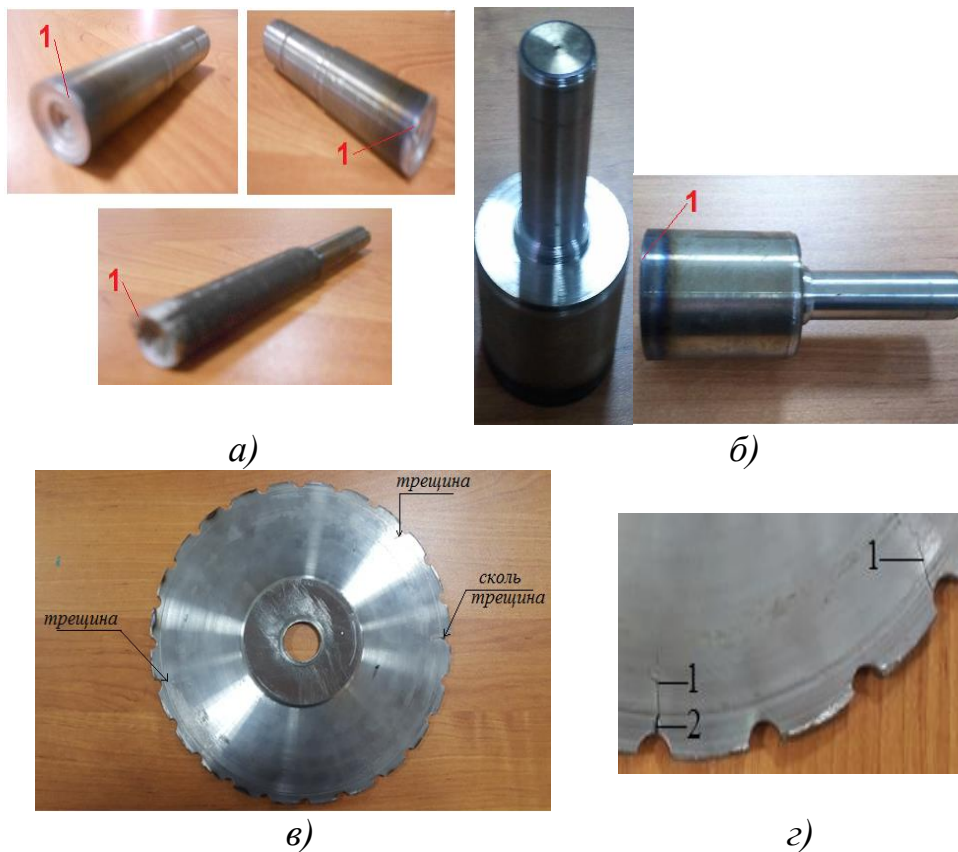
Жұмыс [45] дәстүрлі әдіспен кесу кезінде: кесуші құралдар – тегіс диск, жылдамдық шамасы мен берілісі, кесілетін металлдың балқыту температурасына жақын келетін температураны қамсыздандыру керек. Әйтпесе кесудің жүргізілуі қиынға соғады. Бұл жағдайда кесілетін металл тұтқыр орта сияқты болады. Кесу аймағынан тамшы тәріздес металл бөлшектері шығарылады. Кесілген бетте шор пайда болады. Дискінің кесу аймағынан шыққанда өте үлкен өлшемді қылау пайда болады. Кесік беті тереңдігі $0,5$ -ден $1,5$ мм дейін шынықтыруға ұшырайды, қылау да шыныққан болады. Кесуші дисктің жылдамдығы $V=35\div 60$ м/с аралықта болған

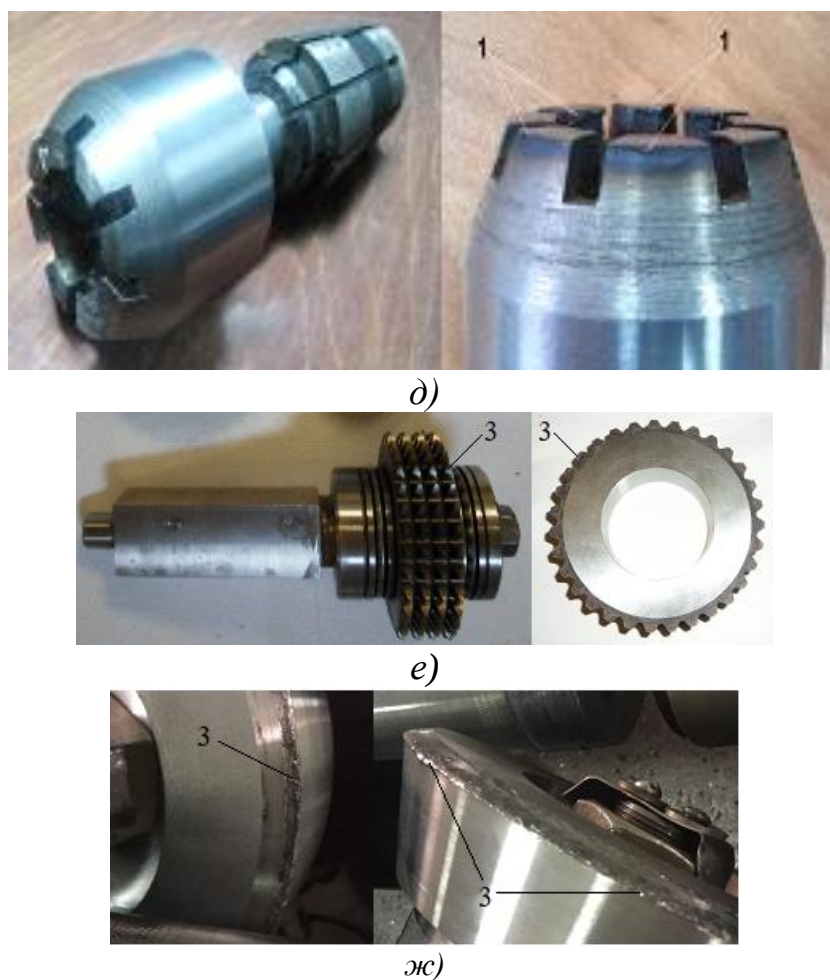
жағдайда салқындатуға мүмкіндік болмағандықтан, беріктілігі төмен болады. Бірнеше секунд (5÷10) аралығында конвекция арқасында сыртқы ортаға өтуге үлгірмей, жылу жинақталады. Нәтижесінде дисктің жылулық отырғызылуы болады. Дисктің апатты тозуы орын алады. Осыны болдырмау үшін диск жылдамдыған $V > 75$ м/с дейін арттыру керек. Бұл жабдықтың күрт қымбаттауына әкеп соғады және диск жетегіне қажет көбірек энергияны талап етеді.

1.3.2 Төмен жылдамдықпен өңдейтін термофрикциялық құралдардың тозуын зерттеу

Термофрикционды құралдардың металл дайындамаларды төмен жылдамдықта өңдеу кезінде құралдың тозу пішіні әртүрлі сипатта және өлшемде болады [46]. Тозудың түрін құрал бетінде және оның тереңдігінде өтетін үрдістер анықтайды.

Термофрикционды құралдардың фотосуреттері 1.5-суретте көрсетілген.





а – корпусты тетікте тесіктерді пісіріп толтыруға арналған фрикционды стержень; *б* – тұтас материалда тесікті алу үшін тегіс жұмыс беті бар фрикционды бұрғы; *в* – кесуге арналған үйкеліс дискісі, алдыңғы көрінісі; *г* – сызат және сынықтың үлкейтілген көрінісі; *д* – жұмыс беті үзікті арнайы фрикционды бұрғы; *е* – фрезалап жонуға арналған үйкеліс фрезасы; *ж* – тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өңдеу үшін «шевер-прикатник»; *жс* – фрезалап жонуға арналған үйкеліс фрезасы; 1 – сызат; 2-сынық; 3 – тозу.

Сурет 1.5 – Термофрикционды құралдар

Екінші ретті белдесулі тозудың үш сатыларын белгілейді. Бірінші сатысы, болатқа сәйкес келеді, 600 °С температура аралығына дейін, материалдың механикалық қасиетін аз төмендетеді. Беттің сыртқы түр: шамасы бірдей аралықтарды қайталынатын беріктілігі аз материал бөлшігінің тетікте жергілікті тіліктер. Тозудың екінші сатысы 600...1300 °С темпратура аралығында өрбиді. Ондай температура айтарлықтай металлдың механикалық қасиетін төмендетеді және металл жұмсарады. Беттің сыртқы түрі: беріктігі жоғары тетіктің жанасу бетінде металл жабысуы мен баттастырылуы көрінеді, ал беріктігі аз тетікте

жергілікті тіліктер. Тозудың үшінші сатысында балқыту температурасы сәйкес келеді, үйкеліс бетінде балқылған жырашық пайда болады [44].

1.5 – суретте көрсетілген термофрикциялық құралдарға шолу жасайық. 1.5 *a* - суретте корпусты тетіктердің технологиялық тесіктерін пісіріп толтыруға (бітеуге) арналған фрикционды стержень көрсетілген. Осы фрикционды стержендерді қолданып жүргізілген тәжірибелік зерттеулер [45,46,47] нәтижесінде олардың өңдеуші беттерінде сызаттар пайда болғаны күзетілді.

Тұтас табақша материалдарда термофрикциялық бұрғылаумен тесік алу әдісін тәжірибелік зерттеуде қолданылған фрикциялық бұрғылар 1.5, *б, д* суреттерде көрсетілген. Тәжірибелік зерттеулерде қолданылған екі бұрғыныңда тұтас табақша материалдарда тесік алу үшін жарамды екенін көрсетті [48,49]. Бірақ, өңдеу барысында олардың кесуші беттерінде сызаттардың пайда болатындығы анықталды (1.5, *б, д* суреттерді қараңыз).

Импульсті салқындатуға ие термофрикциялық кесу процесін зерттеу кезінде [50,51] кейбір үйкеліс дискілерінің беттерінде сызаттар пайда болғаны мәлім болды. Қолданылған дискілерді тұрақты бақылау нәтижесінде, бастапқы кезеңде сызаттар сыртқы контуры бойынша пайда болатындығы, содан кейін олар дискінің шеткі беті бойынша радиал бағытта үлкейетіндігі күзетілді (1.5, *в, г* суреттерді қараңыз).

Тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін соңғы өңдеу үшін ресурс үнемдеуші әдіс пен арнайы құрал «шевер-прикатник» құрылымы дайындалды [52,53]. Арнайы құрал «шевер-прикатник» ШХ15 болатынан дайындалды. Тәжірибелік зерттеулерді жүргізу кезінде «шевер-прикатник» құралы тістерінің бүйір бетінде тозу іздері байқалды (1.5, *е* суретті қараңыз).

Сыртқы цилиндрлік беттерді фрезалап жону тәсілін тәжірибелік зерттеу жұмыстары жүргізіліп, жоғарғы нәтижелерге қол жеткізілді [54,55,56]. Өңдеу процесінде қолданылған үйкеліс фрезаларының ішінде, әсіресе құрылымдық болаттан жасалған үйкеліс фрезалары тозуға бейім екендігі анықталды. Сондай үйкеліс фрезасының біреуі 1.5, *ж* суретте көрсетілген.

Осылайша, бүгінгі таңда термофрикциялық кескіш құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығымен беріктігін арттыру маңызды мәселе болып отыр.

1.4 Термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қаттылығы мен беріктігін арттыру үшін қолданыстағы балқымалау әдістерін зерттеу

1.4.1 Балқыма және балқымалау материалдары

Әртүрлі тағайындамалы тетіктерді қалпына келтірудің және тозуға төзімділігін арттырудың қолданыстағы бар әдістерінің арасында ең көп таралған балқыма [57,58,59,60,61,62,63] болып табылады. Балқымалау бойынша жұмыстардың көлемі үздіксіз өсуде. Б.Е. Патонның "Дәнекерлеу және туыстас процестер – ХХІ ғасыр" Халықаралық конференциясында жасаған [57,55 б.; 58,2-3

б.;59,118 б.] баяндамасында қазіргі жағдайға сипаттама беріліп, дәнекерлеу ғылымының, техниканың және технологияның даму перспективалары көрсетілген.

Машина және механизм тетіктерін қалпына келтірудің және тозуға төзімділігін арттыру әдістерінің бірі – балқыма.

Балқымалау дегеніміз – дәнекерлеу әдісімен бұйым немесе дайындама бетіне металл қабатын жалату. Балқыманы қалпына келтіру және жаңадан даярлаушы деп бөледі.

Қалпына келтіру балқымасы тозған немесе қираған тетіктердің бастапқы өлшемдерін алу үшін қолданылады. Бұл жағдайда балқытылатын металдың құрамы мен механикалық қасиеттері жағынан өнімнің негізгі металл көрсеткіштеріне ұқсас болып келеді.

Даярлаушы балқыма көп қабатты (көбінесе биметалл) өнімдерді жасау үшін қолданылады. Бұл тетіктер негізгі металдан (негізден) және балқытылған жұмыс қабатынан тұрады. Өнімнің негізгі металы қажетті құрылымдық беріктікті қамтамасыз етеді. Балқытылған металл қабаты өнімнің бетіне берілген қасиеттерді береді: тозуға төзімділік, ыстыққа төзімділік, коррозияға төзімділік және т. б. Осылайша, балқыманы тек тозған машиналар мен механизмдердің тетіктерін қалпына келтіру үшін ғана емес, сонымен қатар жаңадан жасап шығару үшін де пайдаланылады. Балқымалау қалпына келтіру мен жөндеу жұмыстары кезінде кең қолданылады. Қолданыстағы металлургиялық жабдықтың бөлшектері мен механизмдерінің көпшілігі қалпына келтірілуге жатады. Балқытуды дәнекерлеудің барлық белгілі әдістерімен жасауға болады. Дегенмен, әр балқыма әдісі өзіндік артықшылықтары, кемшіліктері және оңтайлы қолдану саласы бар.

Балқымалау дәнекерлеу өндірісінің маңызды құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады – дәнекерлеу материалдарының жалпы көлемінен 8-10% электродтар мен тұтас сымдар, 30% - ға дейін ұнтақ сымдар, көбіне пісірілген және ұнтақ таспалар қолданылады. Балқымалау жұмыстарының жалпы көлемінің 75-80 % – қалпына келтіру бойынша балқыма орын алады. Балқымалау жұмыстарында доғалық дәнекерлеу әдісі үлкен үлесін алады. Соңғы жылдардың ішінде жасалған басылымдарды жалпылай келе, жаңадан жасап шығару балқымасының қолдану саласын кеңейту маңызы бойынша тұжырым жасауға болады. Бұл тез тозатын және ауыр жүктелмелі тетіктердің қызмет ету мерзімін бірнеше есе арттыруға мүмкіндік береді, өнеркәсіпті көптеген қосалқы тетіктерді өндіруден босатады, машиналар мен механизмдердің сенімділігі мен өнімділігін арттырады [57,57 б.; 58,3 б.;59,133 б.].

Тозуға төзімділікті арттыру үшін және тетіктерді жөндеу кезінде балқыманы кеңінен қолдану осы әдістің икемділігі мен қарапайымдылығымен, кез-келген химиялық құрамы мен физика-механикалық қасиеттері бар материал бетіне қаптау мүмкіндігімен түсіндіріледі. Балқымалаудың арқасында өнімнің бетінде қажетті қасиеттер жиынтығы бар, бөлме мен жоғары температурада тозуға төзімді, жоғары қаттылық пен ыстыққа төзімді, қышқылға төзімді және т. б. бар балқытылған

металл қабатын жасауға болады. Балқыма қымбат легірленген болаттарды үнемдейді, арзан көміртекті болаттан жасалған өзекке жоғары легірленген жұмыс қабаты балқытылған кезде биметалл бұйымдарын жасау арқылы олардың құнды қасиеттерін барынша пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, тетіктердің көтеріңкі төзімділігі қамтамасыз етіледі. Тозған тетіктерді бірнеше рет қолданған кезде, металды үнемдеу негізінен балқыманы қолдану арқылы ғана мүмкін болады. Егер жоғары өнімді қондырғының жұмысы тетіктің беріктігіне және оны ауыстыру тоқтап қалумен байланысты болса, тетік беріктікті арттыру өте маңызды. Экономикалық есептеулер көрсеткендей, металлургиялық жабдықтың тетіктерін балқыту әдісін қолдану, жыл сайын миллиондаған қаржы үнемдеуді қамтамасыз етеді [57,59 б.;58,3 б.;59,122 б.;60,246 б.;61,694 б.;62,154 б.;63,18 б.;64,36 б.].

Жоғары температурадағы және ауыспалы жылу режиміндегі болаттар мен қорытпалардың ерекшеліктеріне сүйене отырып, балқытылған металл, металл жабдықтарының белсенді қабатына қойылатын жалпы талаптарды белгілеуге болады [57,60 б.;60,248 б.;61,695 б.;62,158 б.;63, 21 б.;64,37 б.;65,6 б.;66,248 б.; 67, 42 б.;68,21 б.]:

- тұтқырлықпен, статикалық және шаршау беріктігімен үйлесетін қалыпты және жоғары температурада жоғары қаттылық пен тозуға төзімділік;
- жоғары температураға төзімділік: балқытылған металл температураның циклдік өзгеруі кезінде сызаттардың болудымау керек, кейбір жағдайларда форманың өзгеруіне төзімділік маңызды рөл атқарады;
- жоғары температурада жеткілікті беріктік пен икемділік;
- ескеру мен жылу сынғыштығының минималды үрдісі;
- шекті нүктелердің жоғары орналасуы: бұл қыздыру және салқындату кезінде көпретті $\alpha \rightarrow \gamma$ ауысуы, және кері $\gamma \rightarrow \alpha$ ауысуы әсіресе өзгеру қаупіне байланысты;
- контактілі аймақтан тетіктің жылуды жылдам әкетуді қамтамасыз ететін қанағаттанарлық жылу өткізгіштік;
- жоғары температуралы газ ортасына ұшыраған кезде жеткілікті коррозияға төзімділік;
- қымбат және тапшы легірлеуші элементтеріне ең аз құрамды [57,60 б.; 60,248 б.;61,717 б.; 62,163 б.;63,38 б.].

Бұл талаптар металлургиялық жабдықтарының тетіктерін беріктендіру үшін балқытылған металдың негізгі қасиеттерін қамтиды. Бұл талаптарға дәстүрлі балқыту материалдарына айналған хромвольфрамды штампы жылуға төзімді және тез кесетін болаттар толықтай сәйкес келеді. Халықаралық дәнекерлеу институты ұсынған балқытылған металды химиялық құрамы бойынша жіктеу жобасына сәйкес олар F және H типіне жатады[57,60 б.;61,728 б.;65,14 б.].

Қазіргі уақытта балқымалау үшін әртүрлі композициялардың қорытпалары қолданылады. Техникалық әдебиеттер мен каталогтарда балқытылған металдың

бірнеше жүз нұсқасын табуға болады, олар көбінесе бір-бірінен аздап ерекшеленеді, бірақ әртүрлі атаулар мен белгілерге ие. МЕСТ 26101-84 сәйкес шығарылатын және машинаның бөлшектерін қатайту үшін кеңінен қолданылатын ұнтақты сымдардың белгілері мен қасиеттері Л қосымшасында келтірілген [57;63, 33 б.]. МЕСТ 26101-84 сәйкес шығарылатын ұнтақ сымдарды оңай жөнге келтіріліп және плазмалық қаптау үшін қолдануы мүмкін. Тетіктерді балқымалау кезінде қолданылатын балқыма металдың қарастырылған түрлеріндегі негізгі легірлеуші элементтер көміртегі, хром, вольфрам болып табылады. Бұл элементтер Fe-C-Cr-W болаттар деп жіктеуге болатын көптеген материалдардың міндетті компоненттері. Болаттардың осы тобының тағы бір белгісі – мартенситтен, қалдық аустениттен және карбидтерден тұратын балқытылған металл құрылымы. Тетіктерді балқыту үшін оны беріктендіретін Fe-C-Cr-W болаттар негізінде балқыту материалдары кеңінен қолданылады.

Қазіргі уақытта әртүрлі мақсаттағы тетіктерді балқыту кезінде ПП-Ни-35В9Х3СФ (ПП-3Х2В8) ұнтақ сымды немесе тұтас тартылған ЭИ-701, сондай-ақ ЭН-30Х3В8 40 типті электродтар қолданылады.

Осы балқыту материалдарындағы негізгі легірлеуші элементтер көміртек (0,2-1,5 %), хром (16%) және вольфрам (1-18%) болып табылады. Легірлеуші элементтердің жалпы әсері жоғары босандату кезінде байқалады: карбид бөлшектерінің коагуляциясы неғұрлым тез дамитын болса, температура жоғарылап, ұзақтықтың жоғарылауымен қаттылықтың төмендеуі соғұрлым күшті болады. Аспаптық болаттардың беріксіздендіруге кешенді легірлеудің әсері Э. Бейна [69], Э. Гудремона [70], Ю. А. Геллера [71] жұмыстарында жеткілікті толық ұсынылған. Аспаптық болат негіздегі балқытылған металл жоғары температурада жоғары беріктікке ие және сонымен бірге болат жеткілікті икемділікті сақтайды [5,65 б.].

Хромвольфрамды болаттарының жақсы қызутөзімділігінен басқа, фазалық түрлендірулер басталатын температураның шеткі аралығы өте жоғары орналасқан, бұл балқыма металдың құрамына қойылатын маңызды талаптардың бірі.

Балқымалау үшін материалдарды таңдау, олардың фазалық жағдайы мен қасиеттері үйкелісуші беттердің жұмыс жағдайымен анықталуы керек, сондықтан да тозушы беттердің жұмыс жағдайларының негізгі сипаттамаларын қарастырамыз. Әр түрлі тағайындамалы тетіктерді балқымалау бойынша жасалған тәжірибе негізінде тозу шарттарын жіктеу (жұмыс шарттары) 12 позициядан құралуы мүмкін (М қосымшасы). М қосымшасында берілген кестеде, келтірілген жұмыс жағдайында тозығу кезінде қирауға қарсы жақсы беріктілікті қамтамасыз ету үшін балқытылған материал фазалық күйі мен қасиеттері бойынша талап етілген қажетті қасиеттерге жауап беруі керек [72].

Балқытылған металдың қасиеттері (оның матрицасы) болаттың химиялық құрамымен және беріктендіру фазалардың болуымен анықталады [72,10 б.;73]. Феррит – негіздердің арасында ең аз қолайлы фазалық компонент, өйткені оның

қаттылығы, тозуға төзімділігі, тұтқырлығы және қирауға төзімділігі төмен. Ол балқытылған металда мартенсит және аз мөлшерде қатаю фазасы болған кезде болуы мүмкін. Балқытылған металдың ең жақсы негізі – аустенит пен мартенсит қоспасы. Бұл жағдайда тетіктің тозуы мен жұмыс істеуі кезінде соққы компоненттері мен энергияның болуына байланысты аустенит пен мартенсит мөлшері әртүрлі болуы керек. Соққы компоненттері неғұрлым көп болса, соғұрлым қорытпада аустенит көп болуы керек. Бұл жағдайда көміртектің карбид түзетін элементтермен байланысы арқасында, мартенситтің төмен көміртекті болғаны жөн. Карбидтердің немесе басқа қатты беріктендіретін бөлшектердің саны мен түрі түйіскен үйкеліс жұптарында абразив болмаған кезде абразивті тозуға әсер етеді. Тозуға төзімділік аз мөлшерде ұсақ карбидтері бар мартенсит немесе мартенсит болған кезде қамтамасыз етілуі мүмкін. Қысқаша тұжырымдалған ережелерге сүйене отырып, қорытпалардың (балқытылған металл) тозу жағдайларын ескере отырып, пайдалану ұсынылады (Н қосымшасы) [72,11 б.] Сондай-ақ, қажетті фазалық күйді алуға мүмкіндік беретін қорытпаның болжамды химиялық құрамы көрсетілген және де, тиісті электродтар, ұнтақ сымдар мен таспалар көрсетілген.

Балқытылған металдың ұсынылған фазалық және химиялық құрамы шамалап болжамдалған болып табылады, сондықтан қолданыстағы материалдар дәл келе бермейді. Алайда, кестеде келтірілген мәліметтер әртүрлі жұмыс жағдайлары үшін балқыма материалдарын таңдауға, сондай-ақ жаңа материалдарды әзірлеу кезінде басшылыққа алуға мүмкіндік береді.

Балқыту технологиясын таңдау негізінен екі жағдаймен анықталады: бір типті тетіктердің балқыма жұмыстарының көлемі (тиісті өнімділік пен үнемділік технологиясын анықтайды) және балқытылатын тетіктің сипаттамалары (тетік жасалған болаттың химиялық құрамы және де оның термиялық өңделуі, балқытылған қабаттың талап етілетін қалыңдығы, балқыма жасалатын орнының тетік металының қалыңдығы). Балқытылатын тетіктің болат маркасы, мүмкін болған жағдайда, аз өлшемді шынықтыру аймағын алу үшін рұқсат етілген жылу беруді анықтайды. Егер тетікті термиялық өңдеу төмен босатумен шынықтырудан тұрса, онда өңделетін өнімнің минималды осалдануын анықтайтын технология қажет. Әр түрлі технологиялық процестердің сипаттамаларын бағалау кезінде, жұмыстардың мәліметтері бойынша жасалған 3-кестені қолдануға болады, [72,12 б.;73,16-17 б.;74, 87 б.]. Барлық әдістерді қолданған кезде негізгі металмен ілінісу беріктігі 400-650 МПа аралығында болатындығын қосымша атап өтуге болады.

1.4.2 Қолданыстағы балқымалау әдістерін зерттеу

Кесу механизмін, өңдеу әдісін ескере отырып, термофрикциялық құралдың тозуына әсер ететін факторларын зерттеу, сондай-ақ оның тозуға төзімділігін арттыру әдістері мен тәсілдерін іздеу бойынша зерттеулер жүргізілді [39,7 б.;75, 76].

Нәтижесінде термофрикциялық кескіш құралдардың тозуға төзімділігін, қаттылығы мен беріктігін арттыру үшін ғылыми зерттеулердің төрт бағыты анықталды [39,8 б.;75,76]:

1. Дайындаманың физика-механикалық қасиеттері мен химиялық құрамына сүйене отырып, кесетін үйкеліс дискінің материалын таңдау әдістемесін жасау;

2. Үйкеліс дискісінің кесуші бөлігін беріктендіруге ықпал ететін, кесетін үйкеліс дискінің әзірлеу технологиясын жасау;

3. Химиялық құрамды жақсарту жолымен үйкеліс дискілерін дайындау үшін пайдаланылатын конструкциялық болаттардың (Ст.50, Ст.65Г және т.б) беріктілік сипаттамаларын жақсарту;

4. Тозуға төзімді балқыма материалдармен балқыту арқылы термофрикциялық құралдардың кескіш бөлігінің тозуға төзімділігін арттыру.

Қазіргі уақытта төртінші бағыт бойынша зерттеу жүргізілуде - Тозуға төзімді балқыма материалдармен балқыту арқылы термофрикциялық құралдардың кескіш бөлігінің тозуға төзімділігін арттыру.

Балқыма дегеніміз – балқытып дәнекерлеу арқылы бұйымның бетіне металл немесе қорытпа қабатын балқытып қаптастыру екендігі белгілі [77].

Балқымалау негізі МЕМСТ 2601-84 сәйкес жүргізіледі. Балқыту кезінде қажетті құрамдағы металл қабаты қолданылады. Балқыту жұмыстары үшін қолданылатын металдарды мынадай негізгі топтарға бөлуге болады:

- болаттар (көміртекті, легирленген);
- темір негізіндегі қорытпалар (жоғары хромды шойын, бор және хром қорытпалары, кобальт, молибден немесе вольфрам қорытпалары);
- никель және кобальт негізіндегі қорытпалар;
- мыс негізіндегі қорытпалар;
- карбидті қорытпалар (вольфрам немесе хром карбидімен);
- балқыту және тозандандыруға арналған ұнтақ материалдар.

Әр түрлі қызметтік белгіленуге ие болған тетіктер балқымаланады, оларға мысал ретінде келесілерді айтуға болады: біліктер, сырғымалар, ірі мойынтіректердің ішпектері, тежегіш шкивтері, илемдеу біліктері; ұсатқыштардың конустары, жақтары мен біліктері; саз араластырғыштардың иірліктері, қалақтары; экскаваторлардың шөміштері мен грейферлердің жақтары тістері; қопсытқыштардың табандары мен соқалардың үйінділері; шынжыр табандардың буындары, тіреу роликтері мен керу дөңгелектері; жер снарядтарының бөлшектері; доңғалақтардың бандаждары; дискілік және гильотиндік қайшылардың, бульдозерлер мен грейдерлердің пышақтары; штамптау пресс құралы және басқа да көптеген бөлшектер. Балқымалау тетіктер мен түйіндердің қызмет ету мерзімін ұзарту мақсатында, тозған тетіктердің бастапқы өлшемдерін қалпына келтіру үшін және жаңа бұйымдар жасау үшін де кеңінен қолданылады. Балқымалау негізгі металдан ерекшеленетін беті бар тетіктерді алуға мүмкіндік береді, мысалы, ыстыққа беріктілік және қызуға

төзімділік, қалыпты және жоғары температурада тозуға төзімділік, коррозияға төзімділік және т. б. Балқытылған металдың массасы әдетте өнімнің жалпы массасынан бірнеше пайызынан аспайды. Балқытылған қабаттың механикалық қасиеттерін сақтау үшін негізгі металл және балқыма металдардың араласуы аз болуы тиіс.

Балқытылған металдың қабаты ерекше берілген қасиеттерге ие болуы тиіс: тозуға төзімділік, қызуға төзімділік, ыстыққа беріктілік, жеміруліге төзімділік және т. б. Балқытуға қойылатын маңызды талаптар келесіде: негізгі металдың минималды балқытылуы; негізгі металмен балқытылған қабаттың ең аз араласуы; балқыту аймағында қалдық кернеулердің және металдың деформациясының ең аз мәнде болуы; тетікті кейінгі өңдеу үшін әдіптердің қолайлы мәндеріне дейін төмендету. Балқымалау тәсілдері: жабылған электродтармен қолмен доғалық балқыту; флюс астындағы сымдармен және ленталармен доғалық балқыту; қорғағыш газдардағы вольфрамды (балқымайтын) және сым металл (балқымайтын) электродтармен доғалық балқыту; өздігінен қорғайтын ұнтақты сымдармен доғалық балқыту; электр қожды балқыту; плазмалық балқыту; лазерлік балқыту; электронды-сәулемен балқыту; индукциялық балқыту; газ жалынымен балқыту [77,13 б.]. Келесі жұмыста [78] бөлшектерді қалпына келтіру тәжірибесінде кеңінен қолданылған балқыту тәсілдерінің негізгі түрлері ұсынылған: электр доғалық, электр контактілі, діріл доғалық, газды, плазмалық. Балқыту процесіне әсер ететін көптеген факторлардың әсерінен, балқытылған қабаттың сапасын алдын ала бағалау оңай емес. Балқыту процесін жүргізудің техникасы мен режимдері негізгі металдың ең аз балқытылуын және оны балқытылғандармен араласуын; балқытылған қабатта ақаулар, жарықтар, қож қосындыларының, балқытылмаған және басқа да ақаулар болмауы тиіс; бұйымның өзгеруі мен ішкі қалдық кернеулерінің ең аз шамасы; балқытылған қабаттың біркелкі биіктігі мен рельефін қамтамасыз етуі тиіс [79]. Тек балқыту процесіне дұрыс келгенде ғана: балқыту әдісі мен режимін, балқыту материалын таңдау, қасиеттері берілген параметрлерге жауап беретін сапалы бетті алуға болады.

Қазіргі уақытта кең қолданысқа ие болған, плазмалық балқыма жоғары өнімділігімен сипатталады, сонымен қатар таңдалған процессті өткізу схемасына байланысты доғалық балқыту әдістеріне қарағанда, аздау балқымалау тереңдігін алуға болады. Алайда, бұл әдіс кезінде плазма түзуші газдың шығыны көп болады [80].

Ұнтақ сымдармен қаптау қождама қабаты астында балқыту кезінде, сондай-ақ қосымша қорғаныссыз ашық доғамен балқыту кезінде қолданылады. Бұл әдіс бөлшектерді қалпына келтіру және жөндеу кезінде кеңінен қолданылады.

Қождама қабатының астында балқымалау – қажетті физика-механикалық қасиеттерге ие қабаттарды алудың өнімділігі жоғары процесс. Қалыңдығы 0,8 ... 10 мм балқытылған қабаттарды алуға болады. Балқымалау кезінде тетік қатты

қызады да, негізгі және қоспа металл арасында айтарлықтай араласу процессі өтеді. Қабаттарды диаметрі 55 мм-ден асатын цилиндрлік тетіктерге балқымалауға болады, бұл жағдайда флюсті ұстап тұратын құрылғыларды қолдану қажет болады [77,45 б.].

Дірілдоғалық балқыма тетік диаметрі 12 мм...100 мм сыртқы және ішкі қабатына қажетті қаттылықты және қалыңдығы 0,5...3 мм болатын қолдану мүмкіндігімен сипатталады. Алайда, балқыма сапасы төмен: алынған жабындар кеуектілікке ие, біркелкі емес қаттылық пен біртекті емес құрылымға ие, бұл айтарлықтай созылу кернеулерінің пайда болуына және нәтижесінде қажулық беріктік 30...40%-ға төмендеуіне ықпал етеді [77,47 б.].

Қорғаныш газ ортасындағы балқыма, сондай-ақ дірілдоғалық балқыма сияқты, диаметрі 20... 400 мм, қалыңдығы 0,5... 3,0 мм кең диапазонды тетіктерге қолдануға мүмкіндік береді, бірақ неғұрлым жоғары өнімділікпен жоғары сапаны қамтамасыз етеді. Балқитын электродпен балқымалау кезінде металдың жоғары шашырауымен (15% - ға дейін) және балқымайтын электродпен салыстырғанда, негізгі және қоспа металдарды айтарлықтай көп араласуымен сипатталады. Аргондоғалы балқымайтын электродпен қоспа сымның берілісімен балқыма кезінде, дірілдоғалық балқымаға қарағанда, аз термиялық әсер алуға мүмкіндік береді [81].

Газ-жалынды және плазмалық тозаңдандыру мен металдандыруды жұқа қабаттарды жалату кезінде қолдану тиімді. Тоzaңданатын материалды сым түрінде қолданатын аппараттар - металлаторлар, ал ұнтақ түрінде-ұнтақты тозаңдату қондырғылары. Балқыма қабаттарының қалыңдығы 0,02...0,3 мм. Жабынның қаттылығы бастапқы металдың қаттылығынан төмен, бұл бөлшектер арасындағы тотығу қабаттарының болуымен және жабынның біркелкі емес екендігімен түсіндіріледі. Жабынның кеуектілігіне тән ақау болып табылады [77,72 б.;82].

Электртүйіспелі балқыту – цилиндрлік тетіктердің сыртқы беттеріне жабындарды балқымалаудың жоғары өнімді тәсіл. Әртүрлі физика-механикалық қасиеттері бар (болат таспалар, ұнтақтар, сымдар) әртүрлі пішіндегі материалдарды балқымалауға болады. Балқытылған қабаттың қалыңдығын 0,2...1,5 мм шегінде реттеуге болады, ал механикалық өңдеуге әдіп 0,2...0,5 мм құрайды. Бұл әдістің кемшіліктері негізгі металмен және іргелес роликтермен жеке жерлерде балқымалау қамтамасыз етілмейді. Мыс қорытпаларын балқыту үшін бұл әдіс қолданылмайды [83].

[84] жұмыста бөлшектерді қалпына келтіру технологиясын талдау жүргізіледі және доғалы балқыту тәсілдерінің кең спектрінен тозуға төзімді қабатты қолмен доғалы балқыту әдісі ұсынылады: флюс қабатының астында, электр қожды, ұнтақты сым астында, көмірқышқыл газының ортасында, дірілкөмірлі және т. б. Өткізудің әмбебаптығы, қолайлылығы және қарапайымдылығы, сондай – ақ, қандай да бір арнайы жабдықты сатып алу қажеттілігінің жоқтығы байқалады. Балқытатын қабатты орындаудың әр түрлі

нұсқалары ұсынылады: бір қабатты, көп қабатты, сонымен қатар химиялық құрамы бойынша негізгі металға жақын келетін электродтармен аралық қабаттарды балқыту, ал беттік жұмыстық қабатты тозуға төзімді материалмен балқыту. Балқытудың тозуға төзімділігін қамтамасыз ету көбінесе химиялық құрамның дұрыс таңдалуына және балқытылған қабаттың қажетті геометриялық өлшемдеріне байланысты болады. Осыған байланысты [85] жұмыста негізгі металдың балқытылған қабатындағы қатысу үлесін балқыту режимдерін басқару және ұнтақты электрод материалының құрылымын таңдау есебінен реттеу ұсынылады. Балқытылған қабатта негізгі металдың қатысу үлесіне және балқытылған қабаттың қажетті химиялық құрамын қамтамасыз ету тікелей байланысты. Балқытылған металды негізгі металдармен ең аз араластыру кезінде талап етілетін химиялық құрамды алуға мүмкіндік беретін балқытудың тәсілі оңтайлы деп саналады, бұл ретте балқытылған қабаттың және тозуға төзімді фазаның қолайлы қалыптасуын жасайды.

Жұмыста аморфты қорытпалардың жабындарын қолдана отырып, баспақ құралының тозуға төзімділігін арттыруы зерттелді [86]. Бастапқы материал ретінде тозаңдаумен алынған аморфты қорытпалардың ұнтақтары таңдалған. Эксперимент тозаңдаудың үш тәсілін қолдану арқылы орындалған: плазмалық, детонациялық, дыбыс жылдамдығынан жоғары.

Плазмалық тозаңданумен алынған жабынның тозуға төзімділігі жоғары екендігі анықталды. Газ және мұнай ұңғымаларын бұрғылауға арналған бұрғылау қашаулардың алмас кескіштерінің тозуға төзімділігін тозуға төзімді жабындармен балқыту әдісімен арттыру, сондай-ақ оларды механикалық өңдеу тәсілі жұмыста ұсынылған [87].

Св-20Х13 сымдарын және бор карбиді ұнтақты сымдарды пайдалана отырып жасалған қорытпаның сапасын салыстырмалы зерттеу жұмыста келтірілген [88].

Ұнтақты сыммен балқытатын металл құрамында 15% хром және 2% бор карбиді бар. Металлдың микро қаттылығы 500-600HV құрайды. Св-20Х13 стандартты тұтас сыммен балқыту Ст.3 болат тілімшеде жасалған. Металлдың микро қаттылығы 410-430HV құрайды. Салыстырмалы зерттеудің нәтижелері бормен металдың тозуы СВ-20Х13 сымымен жабу арқылы алынған металдың тозуынан 11 есе төмен екенін көрсетті. Бастапқы компоненттердің гомогенді қоспасынан тұратын нанокөмпозициялық ұнтақтардан тұратын нанокөмпозициялық жабындар жасалған [89]. Нанокөмпозициялық жабын құрамында жоғары тозуға қарсы антифрикциялық компонент ретінде молибден дисперген дисульфиді бар. Бөлшектердің тозған беттерін механикалық өңдеу мен пластикалық деформациялаумен біріктірілген балқытумен қалпына келтіру әдісі ұсынылған [90].

Беткі қабатты қалпына келтіру графитпен және феррохроммен легирленген флюс астында электр доғалық балқытумен жүзеге асырылады. Балқытын беті оны

балқыту процесінде бір уақытта жоңғылауға және бүрлеу роликтің көмегімен пластикалық деформациялауға ұшырайды. Физикалық тұндыру әдісімен (PVD) әртүрлі наноқұрылымды жабындарды кесетін аспаптарға жағу арқылы беріктігі жоғары шойынды өңдеу тиімділігін арттыруға қол жеткізілді [90,38-40 б.]. TiAlN/ α -Si₃N₄, AlSiTiN*1,5 h және AlSiTiN*2h жабынының екі модификациясы пайдаланылды. Жабындар Sumitomo HI және AC410K фирмасының қатты қорытпалы тілімше салынған.

Алайда, тозуға төзімді, нанокөмпозициондық және наноқұрылымды жабындарды балқытудың қарастырылған әдістері термофрикциялық құралдар үшін қолайлы емес. Жабынның қалыңдығы 10–40 мкм құрайды. Бұл жабындар 58-70 HRC шегінде қаттылығы бар алмас және қатты қорытпалы тілімшемен жабдықталған құралдардың кескіш бөлігінің бетіне жағылады [91].

Ал термофрикциялық аспаптар ауыр термодинамикалық жағдайларда жұмыс істейді және қаттылығы төмен конструкциялық болаттан жасалады. Қарастырылған материалдардың ішіндегі ең жоғары тозуға төзімділігі бор карбиді бар ұнтақ сыммен қамтамасыз етіледі, бірақ кемшілігі - бұл кен орнында металдың жарылып кету тенденциясы, оны термофрикциялық құралға қолдануды жоққа шығарады.

Термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін арттыру үшін барлық қажетті қасиеттерге ие және Қазақстанның машина жасау өндірістері үшін оңай қол жетімді болып табылатын ESAB фирмасының балқыту материалдары таңдалды [76,263 б.].

Қорытпа жабынын жасау үшін электр доғалық дәнекерлеу әдісі таңдалды, ол сондай-ақ, атап айтқанда, отандық машина жасау кәсіпорындарында кеңінен таралған.

Қолданыстағы балқыту материалдарына жасалған талдау, төменде көрсетілген балқыма материалдары жоғарыда көрсетілген сипаттамаларға ие екендігін көрсетті: STOODY M7-G, STOODY 102-G, OK TUBRODUR 53, OK TUBRODUR 58.

STOODY M7-G балқыма материалы жоғары қаттылықпен (58-ден 66 HRC дейін) және тамаша тозуға төзімділікпен сипатталады. Орташа жылу соққысы жағдайында 1000F (537,78 C) дейін жоғары температураларда қолданылуы мүмкін. 1.1-кестеде материалдың химиялық құрамы мен қаттылығы келтіріледі [76,263 б.].

Кесте 1.1 – STOODY M7-G балқыма материалдың химиялық құрамы мен қаттылығы, %

C	Cr	Mn	Mo	V	W	Fe	Қаттылық
1,0	4,0	0,4	9,0	2,0	2,0		58-66 HRC

STOODY 102-G балқыма материалы да жоғары тозуға төзімділікке ие. Алдын ала жылыту температурасын және өту аралық температураны сақтаған кезде көп қабатты балқыту мүмкін. 1.2-кестеде материалдың химиялық құрамы мен қаттылығы келтіріледі [76, 263 б.].

Кесте 1.2 – STOODY 102-G қорытпа материалының химиялық құрамы мен қаттылығы, %

C	Cr	Mn	Mo	V	W	Қаттылық
0,5	8,0	1,8	1,2	0,2	1,2	48-53HRC

OK TUBRODUR 53 балқыма материалы - балқытылған қабат тезкескіш болат қасиеттерін қамтамасыз ететін, газдан қорғаныш металлұнтақты сым. Балқыма айтарлықтай тозатын жүктемелерде 550°C дейін қыздыру температурасы кезінде жоғары беріктікке ие. 1.3-кестеде материалдың химиялық құрамы мен қаттылығы келтіріледі [76, 264 б.].

Кесте 1.3 – OK TUBRODUR 53 G M балқыма материалының химиялық құрамы мен қаттылығы, %

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Co	Қаттылық
0,40	1,10	1,10	1,8	0,40	0,40	8,0	2,0	50...55 HRC

OK TUBRODUR 58 балқыма материалы – қарқынды абразивті тозу және орташа соққы жүктемелері жағдайында жұмыс істейтін тозуға төзімді балқытуды орындауға арналған қоспаланған мартенситті болатты қамтамасыз ететін ұнтақ сым. 1.4-кестеде материалдың химиялық құрамы мен қаттылығы келтіріледі [76].

Кесте 1.4 – OK TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалының химиялық құрамы мен қаттылығы, %

C	Si	Mn	Cr	Mo	Al	Қаттылық
0,4	0,3	1,2	5,0	1,2	0,6	55-60 HRC

1.6-суретте "ЭСАБ Қазақстан" ЖШС (Алматы қ.) техникалық көмек ретінде алынған балқыту материалдары көрсетілген.



а)



б)



в)

а – STOODY M7-G; б – STOODY 102-G; в – TUBRODUR 53 G M

Сурет 1.6 – Балқыма материалдары

1.5 Жұмыстың мақсаты мен зерттеу міндеттерін анықтау

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Қазақстан Республикасында кесуші құралдарды шығару өндірісінің жоқтығы және оның машина жасау кешенінің толық ауқымды дамуына кері әсер ететінін көрсетті. Шетелдік өндірушілерден металл кескіш құралдарды сатып алуға бағытталған құрал-саймандық қамтамасыз ету, механикалық операцияның өзіндік құнының өсуіне, ол болса нәтижесінде шығарылатын өнімнің өзіндік құнының артуына әкелетіні белгілі. Дәстүрлі термофрикациялық өңдеудің қолданыстағы әдістерін талдау нәтижесінде, олардың негізгі кемшіліктері, яғни айналдырық торабына қатысты жоғары талаптар қойылатындығы, құрал жылдамдығының шамадан тыс ұлғаюы, электр энергиясының үлкен шығыны және рұқсатталған шектерден тыс шығатын, шудың пайда болуы, анықталды. Импульсті салқындатуға ие термофрикациялық өңдеу процесінде, «қыздыру-салқындату» периодтық циклінің қайталануы негізінде, термофрикациялық құралдардың кесуші беттері термиялық өңдеуге ұшырайтыны орнатылды. Нәтижесінде термофрикациялық құралдардың кесуші беттерінде уақыт өте келе тозулар, сызаттар мен сынықтар пайда болады. Бұл мәселенің шешімі ретінде олардың кесуші беттерін тозуға төзімді балқыма материалдармен балқыламалау қажет деп табылды. Таңдалған STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалдарын талдау нәтижесінде жоғары қаттылықты, тозуға және температуралық төзімділікке ие екенін көрсетті [92, 16 б.].

Жұмыстың мақсаты термофрикациялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатандығы мен беріктігін арттыру болып табылады. Оған қол жеткізу үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

- әртүрлі балқыма материалдармен жұмыс жасау барысында (балқымалау процессі) балқытып қапталған қабаттардың сапасын (қаттылығын, құрылымын) зерттеу [92,23 б.];

- әртүрлі термофрикциялық құралдардың кесуші беттерін жоғары қаттылықты, тозуға және температуралық төзімділікке ие балқыма материалдарымен (STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M) балқыламалау [92,б.23];

- балқымаланған термофрикциялық құралдарды тәжірибелік сынақтан өткізу;

- балқымаланған термофрикциялық құралдармен өңдеу кезінде жылулық құбылыстарын зерттеу;

- өндірісте пайдалану үшін ұсыныстар әзірлеу.

Бірінші тарау бойынша қорытынды

1. Металл кескіш құралдардың жалпы жұмыс қабілеттілігі мен тозу құрылымы зерттеліп, қазіргі таңда өндірісте кең қолданысқа ие болған дәстүрлі механикалық өңдеу әдістерінің өнімділік пен сапаға қойылатын өспелі талаптарды ұдайы қанағаттандыра бермейтіндігі анықталды. Сондай-ақ, оларды қазіргі уақытта өндіріске енгізіліп жатқан қаттылығы жоғары материалдарды өңдеу үшін қолдану кезінде кесуші құралдың тез тозуына байланысты, тиімділігі аз және өнімділігі төмен болып отыр. Осындай жағдайларды ескере отырып, қазіргі таңда талап етілген дәлдік және сапаны толығымен қамтамасыз ететін, өңдеудің жаңа әдістерін жарату қажет екендігін көруге болады.

2. ҚР машина жасау өндірісінің қазіргі жағдайында металл кескіш құралдар шығынының өсуіне келесі факторлар әсер ететіні анықталды:

- қиын өңделетін материалдардың, ерекше қасиеттерімен байланысты, механикалық өңдеудің жоғары еңбек сыйымдылығы;

- жаңа енгізіліп жатқан қаттылығы жоғары материалдарды механикалық өңдеу үрдістерінің аз зерттелгендігі;

- жаңа енгізіліп жатқан материалдарды өңдеу кезінде құралдың кесетін бөлігінің материалын таңдау және кесу режимдерін тағайындау бойынша анықтамалық және техникалық дерек материалдарда ұсынымдар мен ақпараттың болмауы.

3. Термофрикциялық құралдардың кесуші бөліктері импульсті салқындатумен термофрикциялық өңдеу процесінде, қыздыру-салқындату термиялық циклінің жоғары жиілікте қайталануы нәтижесінде термиялық өңдеуге ұшырайтыны орнатылды. Осының салдарынан термофрикациялық құралдардың кесуші бөлігінде уақыт өте келе тозулар, сызаттар мен сынықтар пайда болатындығы анықталды.

4. Қолданыстағы балқыма материалдарын талдау нәтижесінде термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін арттыру үшін жоғары

қаттылыққа (58-ден 66 HRC дейін) және тозуға төзімділікке ие болған, сондай-ақ, Қазақстанның машина жасау өндірістері үшін оңай қол жетімді болып табылатын ESAB фирмасының балқыту материалдары (STOODY M7-G, STOODY 102-G, OK TUBRODUR 53, OK TUBRODUR 58. STOODY M7-G) таңдалды.

5. Жүргізілген зерттеулер нәтижесі термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, қатаңдығы мен беріктігін арттыру қажеттілігін көрсетті. Мәселенің жағдайын толық үйрену нәтижесінде диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттері анықталды.

2 ӘРТҮРЛІ БАЛҚЫМА МАТЕРИАЛДАРМЕН БАЛҚЫМАЛАУ КЕЗІНДЕ БАЛҚЫМА ҚАБАТТАРЫНЫҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ

2.1 Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалау кезінде балқыма қабаттарының қаттылығын зерттеу

2.1.1 Қаттылықты зерттеу әдістемесі және қолданылған жабдықтар

Қолданыстағы балқыту материалдарын талдау (1 тарауды қараңыз) STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M балқыту материалдарының жоғары қаттылық және жоғары температуралық тұрақтылыққа ие екендігін көрсетті. Бұл тарауда олардың балқымалағаннан кейін бастапқы қаттылығын сақтап қалатындығын немесе қалмайтындығын анықтау үшін зерттеу жұмыстарын жүргіздік.

Қаттылықты зерттеу әдістемесі бұрыннан белгілі әдістерге негізделіп орындалды [93,94,95]. Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалау кезінде балқыма қабаттарының қаттылығын зерттеу үшін бірнеше Ст3 аз көміртекті конструкциялық болаттан жасалынған үлгілер дайындалды.

Балқымаға арналған үлгілердің кейбіреулері 2.1-суретте көрсетілген.



Сурет 2.1 – Балқымалауға арналған үлгілер

Зерттеу өткізу үшін әрқайсы материал үшін саны 12 дана болатын, Ст 3 аз көміртекті конструкциялық болаттан жасалынған үлгілер дайындалды (1-сурет). Қаттылығы HV 140-170 кгс/мм². Балқытылған қабаттардың қаттылығын өлшеу ҚарТУ-дың "Минералдық шикізат ресурстарын кешенді игеру" ("КОРМС" ИП) инженерлік бейінді сынау зертхана жабдығын пайдалану арқылы жүргізілді (2.2-сурет) [92,17 б.].

Қаттылықты зерттеуге арналған жабдықтар 2-суретте көрсетілген.



а)



б)



в)

а - автоматты қиғыш үстелдік білдегі UNITOM – 2; б – ажарлау мен әрлеуге арналған LABOPOL-5автоматты білдегі; в – қаттылықөлшегіш WILSON VH1150

Сурет 2.2 – Қаттылықты зерттеуге арналған жабдықтар

2.1.2 Әртүрлі балқыма материалдармен үлгілерді балқымалау

Балқытуды ҚарТУ-дың Қазақстандық дәнекерлеу институты зертханасының базасында доғалық пісіру жартылай автоматты ПДГ-252 УЗ.1 көмегімен жүргізілді [73]. Болат 3 материалы шоғырға шамалы бейімділігімен сипатталады. Ішкі сызаттардың пайда болуын, балқытылған металда сызаттардын, балқытылған қабаттың бұзылуын және ішкі кернеуден сынуын болдырмау үшін балқымалау жүргізу алдында үлгілерді қыздыру қажет. Үлгілердің беті $\approx 150^{\circ}\text{C}$ температураға дейін алдын ала қыздырылды. 2.3-суретте ПДГ-252 УЗ.1. жартылай автоматында үлгілерді балқымалау процесі көрсетілген [92, 17 б.].



Сурет 2.3 – Балқымалау үрдісі

Оңтайлы балқыту режимерін анықтау үшін бірқанша балқыту тәжірибелері жүргізілді. Үлгілерді балқыту кезінде тәжірибелік жолмен анықталған балқыту режимдері қолданылды. Әр түрлі дәнекерлеу режимдерінде алынған тәжірибелік балқымалар 2.4-суретте көрсетілген.



1,2,3,4,5 – $d_w=3$ мм; $I_d = 85-90$ А; $U_d = 16-18$ В; $V_{\text{балқ}} = 80$ мм/мин; 6,7,8 - $d_w = 4$ мм; $I_d = 100-110$ А; $U_d = 19-20$ В; $V_{\text{балқ}} = 83$ мм/мин

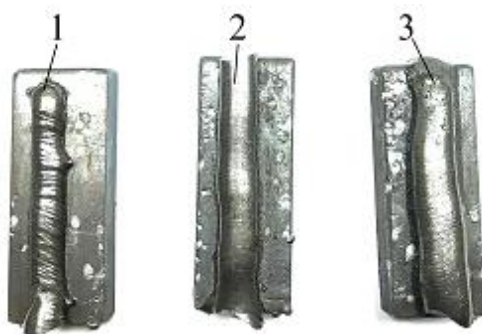
Сурет 2.4 – Әр түрлі дәнекерлеу режимдерінде алынған балқымалар

Таңдалған оңтайлы балқымалау режимдері 2.1-кестеде көрсетілген.

Кесте 2.1 – Оңтайлы балқымалау режимдері

Дәнекерлеу тогі, I_d	100-110 А
Кернеу, U_d	19-20 В
Балқымалау жылдамдығы, $V_{\text{балқ}}$	83 мм/мин
Электрод диаметрі, d_w	4 мм

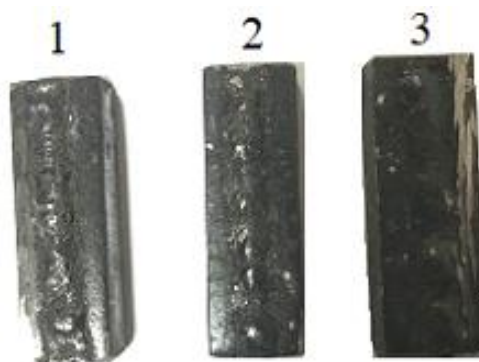
Балқымалаудың нәтижесінде сымның әр түрі үшін балқыма материалдың түрлі қабаттары бар 3 үлгіден алынды. Балқытудың бірінші қабаты қалыңдығы 4 мм, екінші және үшінші қабаты қалыңдығы 2 мм орындалған. Балқытылған үлгілер 2.5-суретте көрсетілген.



a)



б)



в)

a – STOODY M7-G балқымалау материалы; *б* - STOODY 102-G балқымалау материалы; *в* - TUBRODUR 58 O/G M балқымалау материалы; 1 – бір қабатты балқыма; 2- екі қабатты балқыма; 3 – үш қабатты балқыма

Сурет 2.5 – Балқымалы үлгілер

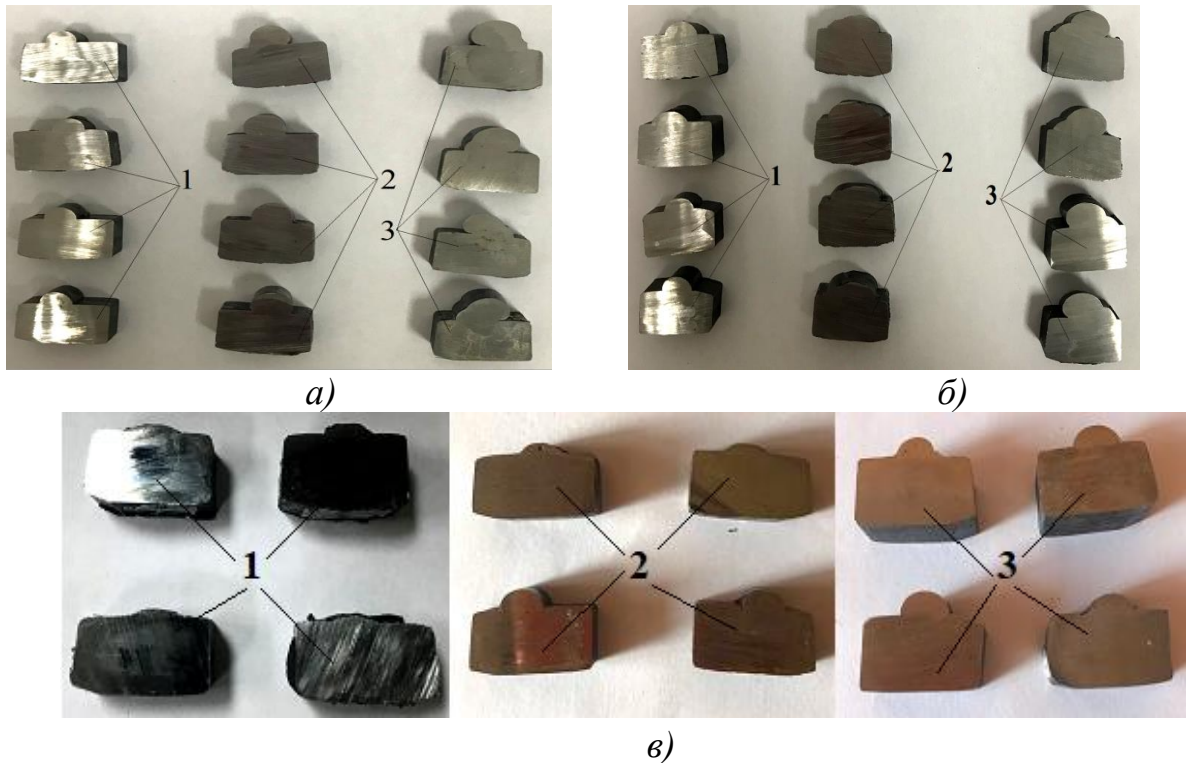
2.1.3 Балқытылған үлгілердің қаттылығын зерттеу

Қаттылықты өлшеуге қойылатын негізгі талаптар [92,93,94,95]:

- өлшенетін металдың температурасы $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- қаттылықты өлшеу кезінде үлгінің бетіне әрекет ететін күштің перпендикуляр болып түсуі қамтамасыз етілуі тиіс;
- сыналатын үлгінің беті отқабыршақтан, майдан, бояудан, тотықты пленкалардан және басқа бөгде заттардан бос болуы тиіс;
- сыналатын үлгінің беті ізнің шеттері қажетті дәлдікпен оның өлшемін өлшеу үшін жеткілікті анық болатындай жазықтық түрінде өңделеді;
- сыналатын үлгінің бетін дайындау кезінде механикалық өңдеу нәтижесінде үстіңгі қабаттың қызуы немесе жабысуы салдарынан сыналатын үлгінің қаттылығының ықтимал өзгеруіне қарсы сақтық шараларын қолдану қажет.

Қаттылықты өлшеуге қойылатын аталған талаптарды ескере отырып, зерттеуге келесі дайындық жұмыстарын жүргіздік:

1. STOODY M7-G, STOODY 102-G, TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалдарынан балқытылған үлгілер бірнеше бөлікке көлденең кесіледі (2.6 – сурет)



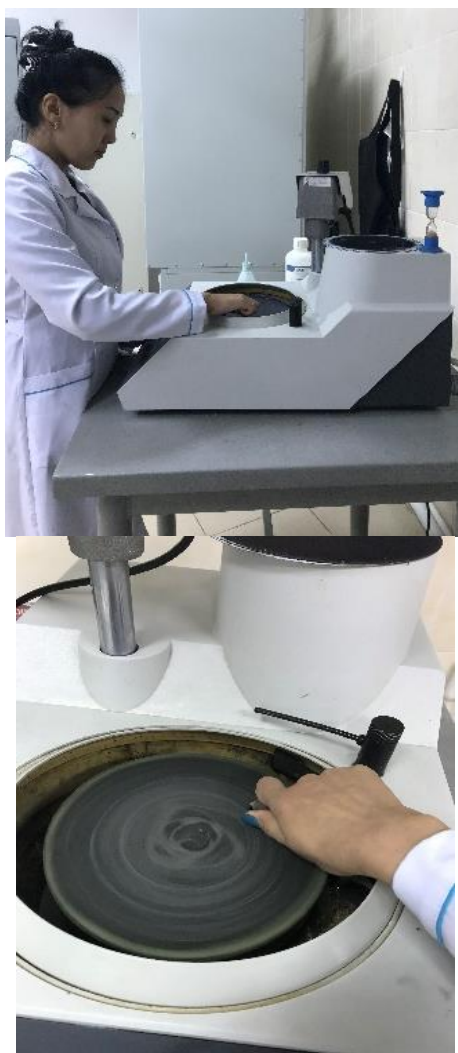
а) STOODY M7-G; б) STOODY 102-G; в) TUBRODUR 58 O / G M; 1-бір қабатты балқыту; 2-екі қабатты балқыту; 3-үш қабатты балқыту

Сурет 2.6 – Кесілгеннен кейінгі үлгілер

Кесу үшін UNITOM - 2 (2.2, б – сурет) кесу білдегі пайдаланылды. Бұл автоберілісі бар және беру жылдамдығы электронды бақылауы бар автоматы қиғыш үстел білдегі. Білдек автоматты кесу параметрлерін орнату және параллель кесу үшін автоматты кесу үстелімен жабдықталған. Рециркуляциялық суыту (65л) мүмкіндігі бар және ExciCut режимі арқасында деформация мен күйдірісіз кесуді орындау, сондай-ақ кесу камерасын жарықтандыруды жүзеге асырылады.

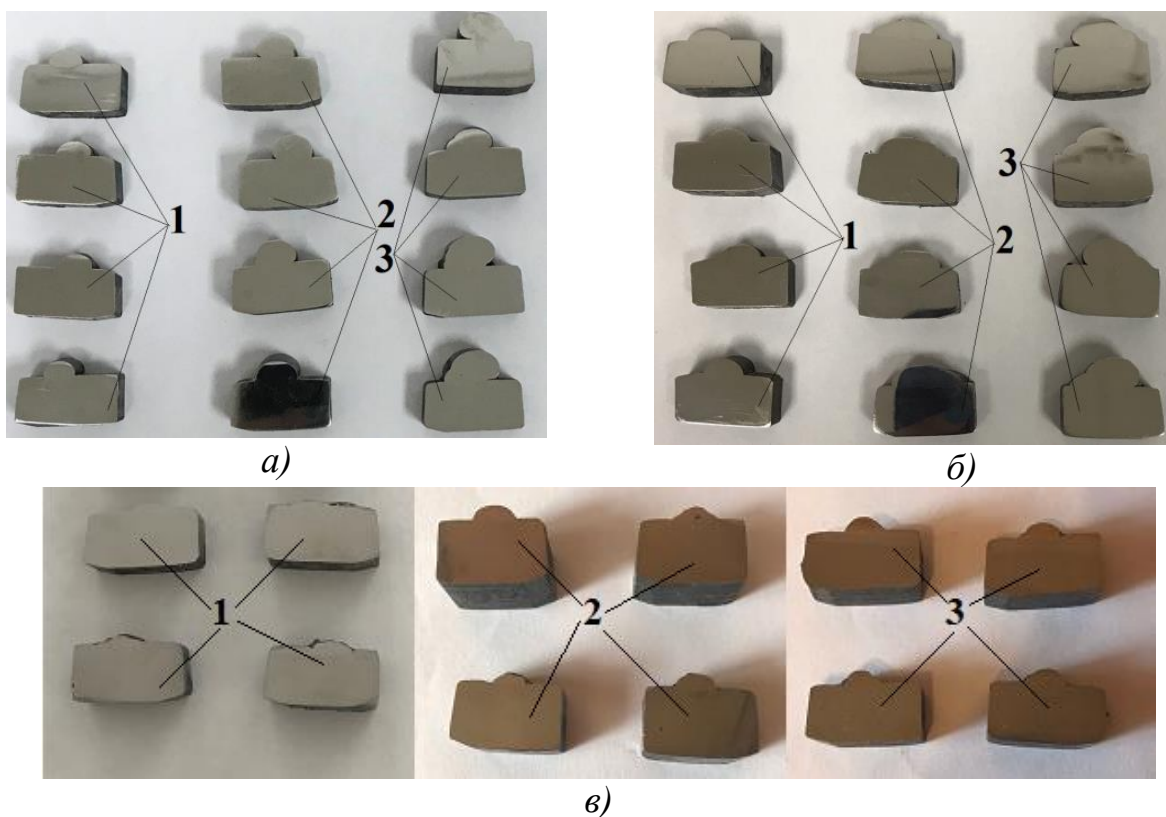
2. Өңделген жақтарды ажарлау қажет.

Үлгіні ажарлау және жылтырату үшін LABOPOL-5 (2.2, в - сурет). автоматты білдегі пайдаланылды. Ажарлау процесі төрт кезеңде жүргізілді: ажарлау, жұқа ажарлау, алмазды жылтырату және оксидті жылтырату. Үлгілерді ажарлау процесі 2.7-суретте көрсетілген.



Сурет 2.7 – Үлгілерді ажарлау үрдісі

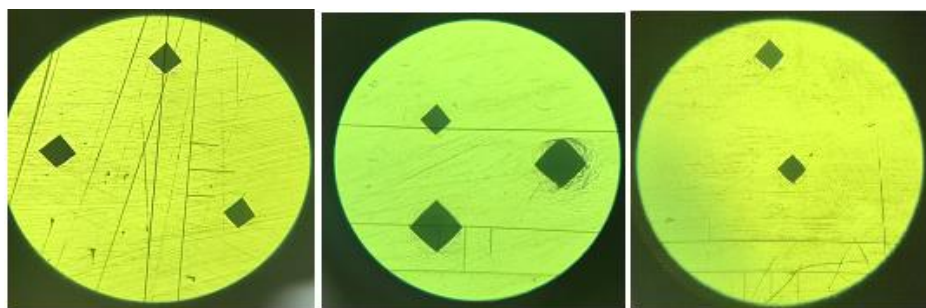
Ажарлаудан кейінгі үлгілер 2.8-суретте көрсетілген.



a) STOODY M7-G; *б)* STOODY 102-G; *в)* TUBRODUR 58 O/G M; 1 – бір қабатты балқыма; 2- екі қабатты балқыма; 3 – үш қабатты балқыма

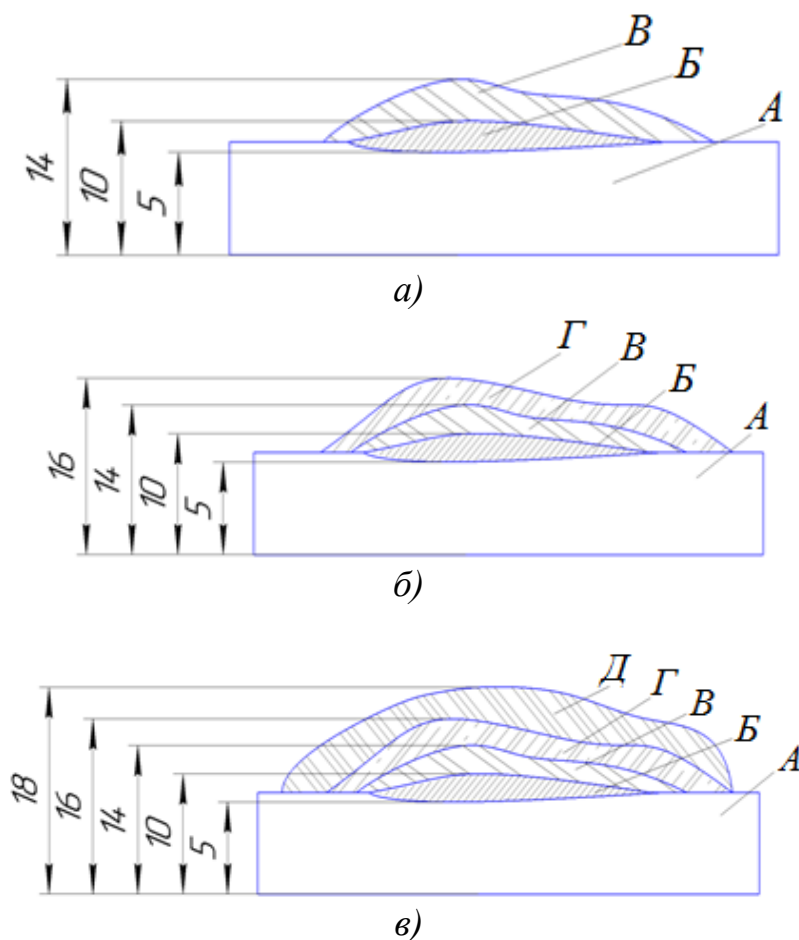
Сурет 2.8 – Ажарлаудан кейінгі үлгілер

Ажарлаудан кейін қаттылықты сынауға кірісеміз. Дайындалған үлгілердің қаттылығы WILSON VH1150 (2.2, г - сурет) қаттылықты өлшегіште сынақтаймыз. Қаттылық өлшегіш Виккерс шкаласы бойынша материалдың микро қаттылығын өлшеуге арналған. Жүктеме диапазоны 300 г-нан 50 кг-ға дейінгі. Қаттылықты өлшеу үрдісі 2.9-суретте көрсетілген.



Сурет 2.9 – Қаттылықты өлшеу үрдісі

Қаттылыққа зерттеу әрбір дайындалған үлгіде 4-5 нүктеде жүргізілді. STOODY M7-G, STOODY 102-G, TUBRODUR 58 O/G М балқыма материалдардан жасалған үлгілердің қаттылығын өлшеу үрдісін түсіндіретін схемалар 2.10-суретте көрсетілген [73].



a – бір қабатты балқытылған үлгі; *б* – екі қабатты балқытылған үлгі; *в* – үш қабатты балқытылған үлгі; *A* – негізгі материал; *B* – материал мен балқыма сымнының араласу аймағы; *B* – балқыманың бірінші қабаты; *Г* – балқыманың екінші қабаты; *Д* – балқыманың үшінші қабаты.

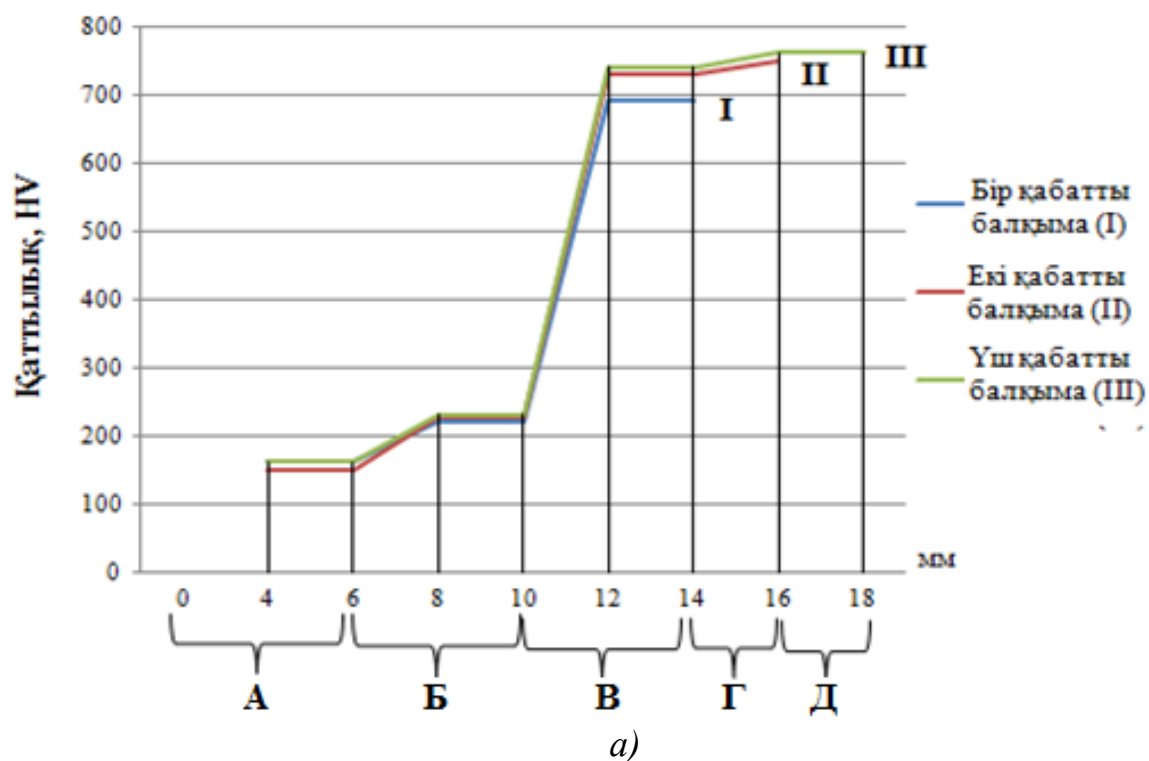
Сурет 2.10 – Үлгілердің қаттылығын өлшеу үрдісін түсіндіретін схемалар

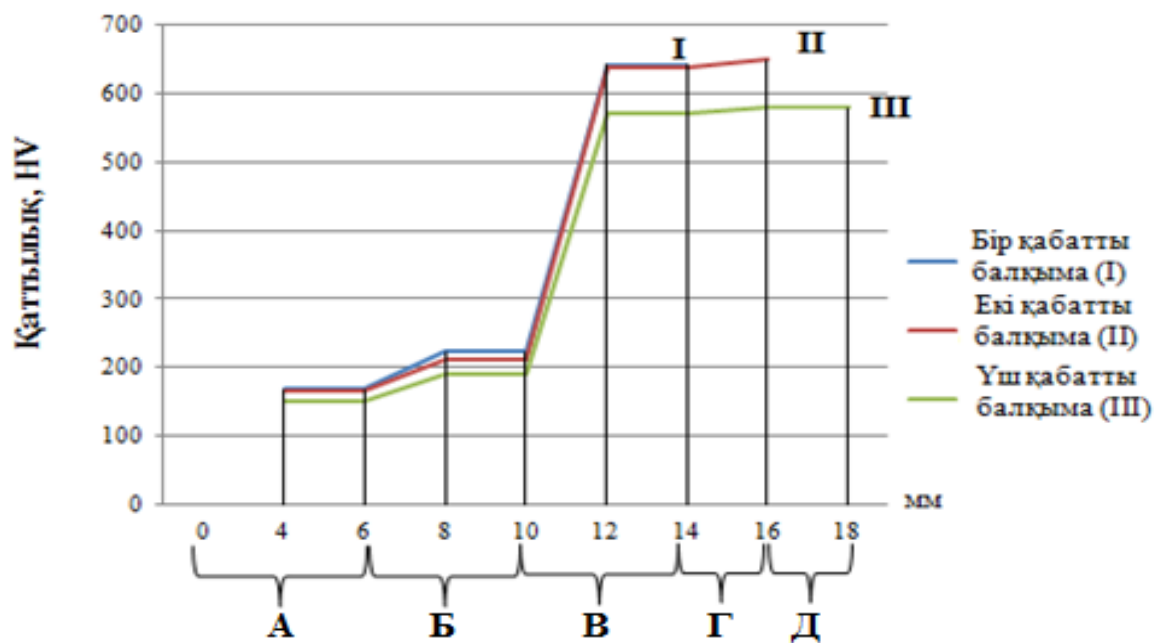
STOODY M7-G, STOODY 102-G, TUBRODUR 58 O/G М үлгілерінің қаттылығын өлшеу нәтижелері 2.2-кестеде келтірілген.

Кесте 2.2 – STOODY M7-G, STOODY 102-G, TUBRODUR 58 O/G M үлгілерінің қаттылығын өлшеу нәтижелері

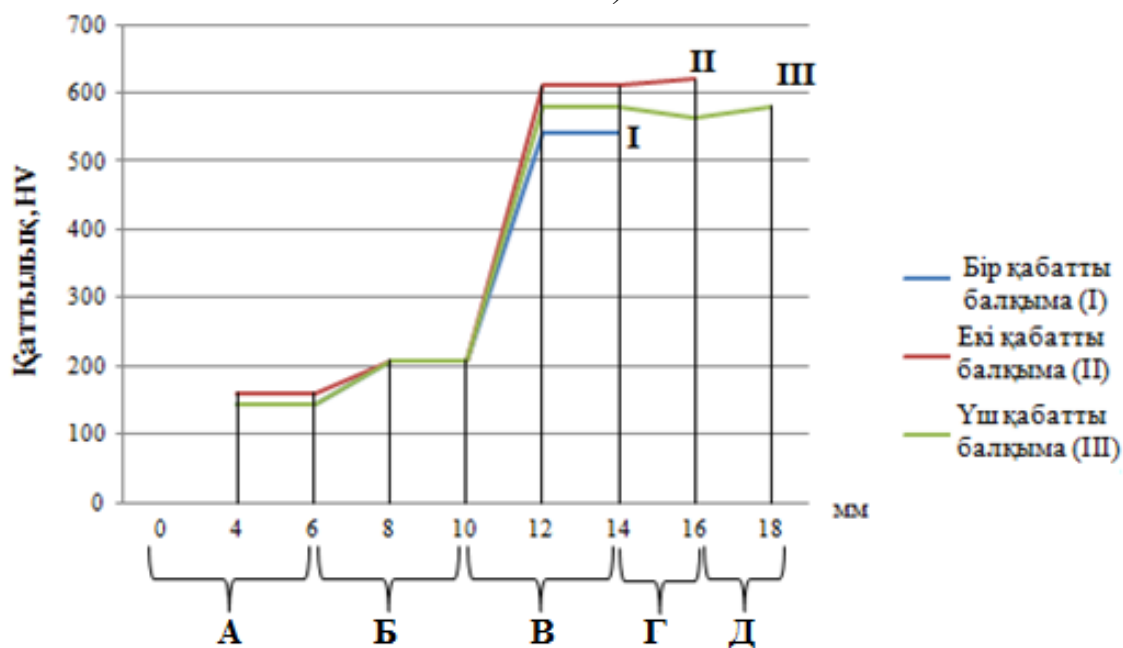
Қабаттар саны \ Қабат биіктігі, мм	4	6	8	10	12	14	16	18
STOODY M7-G балқыма материалы								
Бір қабатты балқыма (I)	160	160	220	220	690	690	-	-
Екі қабатты балқыма (II)	150	150	225	225	730	730	750	-
Үш қабатты балқыма (III)	160	160	230	230	740	740	760	760
STOODY 102-G балқыма материалы								
Бір қабатты балқыма (I)	168	168	222	222	642	642	-	-
Екі қабатты балқыма (II)	166	166	210	210	640	640	650	-
Үш қабатты балқыма (III)	150	150	190	190	570	570	580	580
TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалы								
Бір қабатты балқыма (I)	143	143	208	208	540	540	-	-
Екі қабатты балқыма (II)	160	160	206	206	610	610	620	-
Үш қабатты балқыма (III)	143	143	208	208	581	581	564	580

STOODY M7-G, STOODY 102-G, TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалдардан жасалған үлгілердің қаттылығын өлшеу нәтижелері бойынша графиктер салынды (2.11 - сурет) [92].





б)



в)

α – STODY M7-G; б - STODY 102-G; в – OK TUBRODUR 58; A – негізгі материал аймағының өлшемі; B – материал мен балқыма сымның араласу аймағының өлшемі; B – балқыманың бірінші қабат аймағының өлшемі; Γ – балқыманың екінші қабат аймағының өлшемі; D – балқыманың үшінші қабат аймағының өлшемі

Сурет 2.11 – Үлгілердің балқытылған қабаты бойынша қаттылықтың таралу кестесі

Зерттеу нәтижелері [92] *БВГД* аймағында үш қабатты балқыту кезінде STOODY M7-G балқыма материалының қаттылығы HV 220-760, *БВГД* аймағында үш қабатты балқыту кезінде STOODY 102-G балқыма материалының қаттылығы HV 222-580, *БВГД* аймағында үш қабатты балқыту кезінде TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалының қаттылығы HV 208-580 құрайтынын көрсетті. Үш балқыма материалдардан балқытылған барлық үлгілерде, бір қабатты балқыма кезінде балқыма материалдардың бастапқы қаттылығының төмендеуі байқалады (2.11, *а, б, в* – сурет, *Б* аймағын қараңыз).

Бұл бір қабатты балқымада қаттылықтың азаюының негізі, металмен балқыма материалдың араласуы есебінен болады. Графиктерден барлық үш балқыма материалдар екі қабатты балқымада бастапқы қаттылықты сақтайтынын көруге болады (2.11, *а, б, в* - сурет, *Г* аймағын қараңыз).

Бұл ретте бір қабатты балқыманың ортасынан бастап (2.11,*а,б, в* - сурет, биіктігі 12 мм болатын *В* аймағын қараңыз) екі қабатты балқыманың соңына дейін (2.11, *а, б, в* - сурет, биіктігі 16 мм *Г* аймағын қараңыз) балқыма қаттылығының мәні өзгермейді.

Бұл балқыманың үшінші қабатынан бас тартуға мүмкіндік береді. Осыған орай, термофрикциялық құралдардың кесетін бөлігін екі қабатты балқымалауға ұсыныс жасауға болады. Бірінші және екінші қабаттардың қалыңдығын тиісінше 4 және 2 мм шегінде орнатуға болады.

2.2 Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалап қаптастырылған қабаттардың сапасын металлографиялық зерттеу

2.2.1 Металлографиялық зерттеу әдістемесі және қолданылған жабдықтар

Тозуға төзімді балқымалар қарқынды тозатын бөлшектердің қызмет ету мерзімін арттыру үшін қолданылатыны белгілі [96,97].

Балқыманы тікелей тозатын бетке қалыңдығы 0,25-тен 10 мм-ге дейін бір немесе бірнеше қабатта қаптастырылады. Тетікке тозуға төзімді балқыма материалын қаптастырудың бұл технологиясы – қатты қорытпадан алдында балқытудан негізгі артықшылығы, бұл жағдайда қымбат емес конструкциялық болаттан (мысалы, Ст.3, Ст.5) бөлшектер жасауға және сонымен бірге оның қызмет ету мерзімін арттыруға болады [98,99].

Тозуға төзімді балқыма материалдардың, атап айтқанда STOODY M7-G, STOODY102-G және OK TUBRODUR 58 O/GM балқыма материалдарын талдау және зерттеу олардың жоғары қаттылығы, тозуға төзімділігі және температуралық төзімділігі бар екенін көрсетті. Осы балқыма материалдарының қаттылығы 48-66 HRC шегінде болады.

Тозуға төзімді балқыма материалдардың жоғарыда аталған сипаттамаларын ескере отырып, термофрикциялық құралдардың кескіш бөлігінің тозуға

төзімділігін арттыру үшін оларды пайдалану бойынша ғылыми зерттеулер жүргізілді [51,52,56,100].

ПДГ-252 УЗ.1 жартылай автоматында, доғалық дәнекерлеудің көмегімен жоғарыда көрсетілген балқыма материалдарымен көміртекті конструкциялық болат 3 үлгілері қаптастырылып балқытылған.

Балқымалаудың нәтижесінде әр сым түрі үшін түрлі балқыма қабаттарынан тұратын 3 үлгіден алынды. Балқыманың бірінші қабатының қалыңдығы 4 мм, екінші және үшінші қабаттардың қалыңдықтары 2 мм-ден орындалған.

Балқыманың сапасын анықтау үшін, өзекті болып табылатын, балқытып қапталған қабаттардың металлографиялық зерттеуін жүргізу қажет.

Зерттеу әдістемесі белгілі әдістерге негізделген [93,94,95]. 2.12-суретте құрылымдық талдауға арналған жабдықтар көрсетілген.

Балқытып қапталған қабаттардың құрылымдық талдауы Қарағанды техникалық университетінің «Минералды шикізатты кешенді игеру» (ИПСЗ «МШКИ») инженерлік-сынау зертханасының жабдықтарын қолдана отырып жүргізілді.



a)



б)

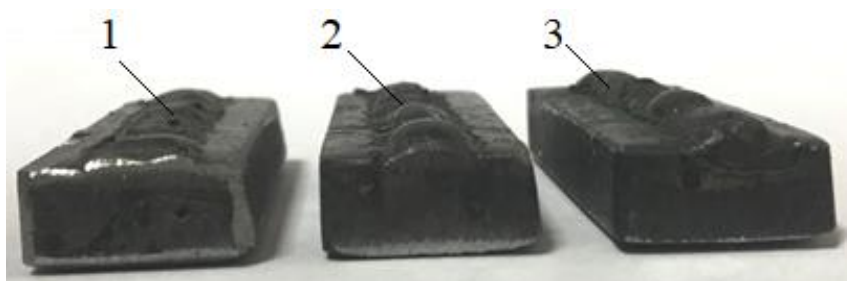


в)

a – LECTROPOL-5 электролиттік жылтырату және химиялық өңдеуге арналған автоматты құрылғы; *b* – Биомед MMP-1 металлографиялық микроскопы; *c* – Olympus BX51M оптикалық микроскоп

Сурет 2.12 – Құрылымдық талдауға арналған жабдықтар

2.13-суретте (көрнекілік үшін) кейбір балқытылған үлгілер көрсетілген [100,101].



а)



б)



в)

а – балқытылған үлгілер; *б* – кесуден кейінгі үлгілер; *в* – тегістеуден кейінгі үлгілер; 1 – бір қабатты балқыту; 2 – екі қабатты балқыту; 3 – үш қабатты балқыту

Сурет 2.13 – Балқытылған үлгілер

Оптикалық микроскопта металдың немесе қорытпаның құрылымдық және фазалық компоненттерін көру үшін дайындалған шлифтар химиялық өндеуге ұшыратылды.



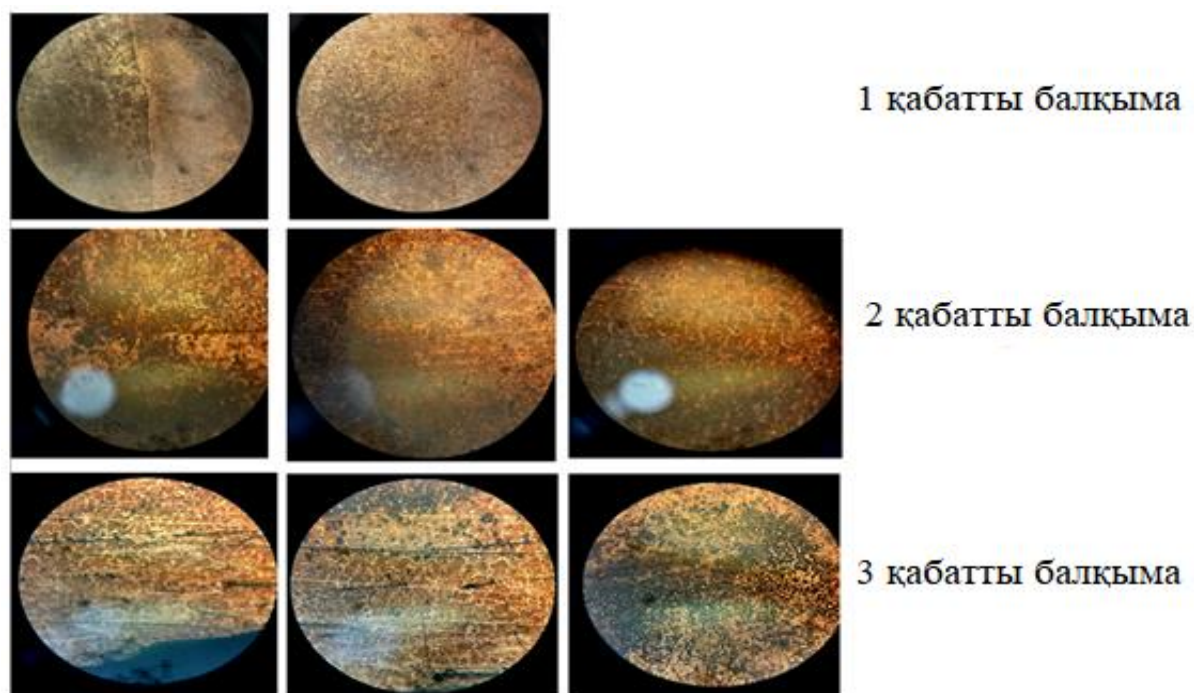
Сурет 2.14 – Химиялық өңделген шлифтар

Үлгілерді химиялық өндеу электролиттік жылтырату және металлографиялық үлгілерін химиялық өндеуге арналған LECTROPOL-5 автоматты құрылғыда жасалды (2.12, а суретті қараңыз). Химиялық өндеу үшін

құрамында этил спирті (90%) және HNO_3 азот қышқылы (10%) реактиві қолданылды [100,101].

Үлгілер химиялық өңделгеннен кейін олардың құрылымын зерттеуге көшуге болады.

Үлгілерді бақылау, суретке түсіру және талдау үшін Биомед ММР-1 металлографиялық микроскоп (үлкейту 20х) пайдаланылды (2.12, б суретті қараңыз). Алынған құрылымдардың кейбір фотосуреттері (көрнекілік үшін) 2.15-суретте көрсетілген [101].



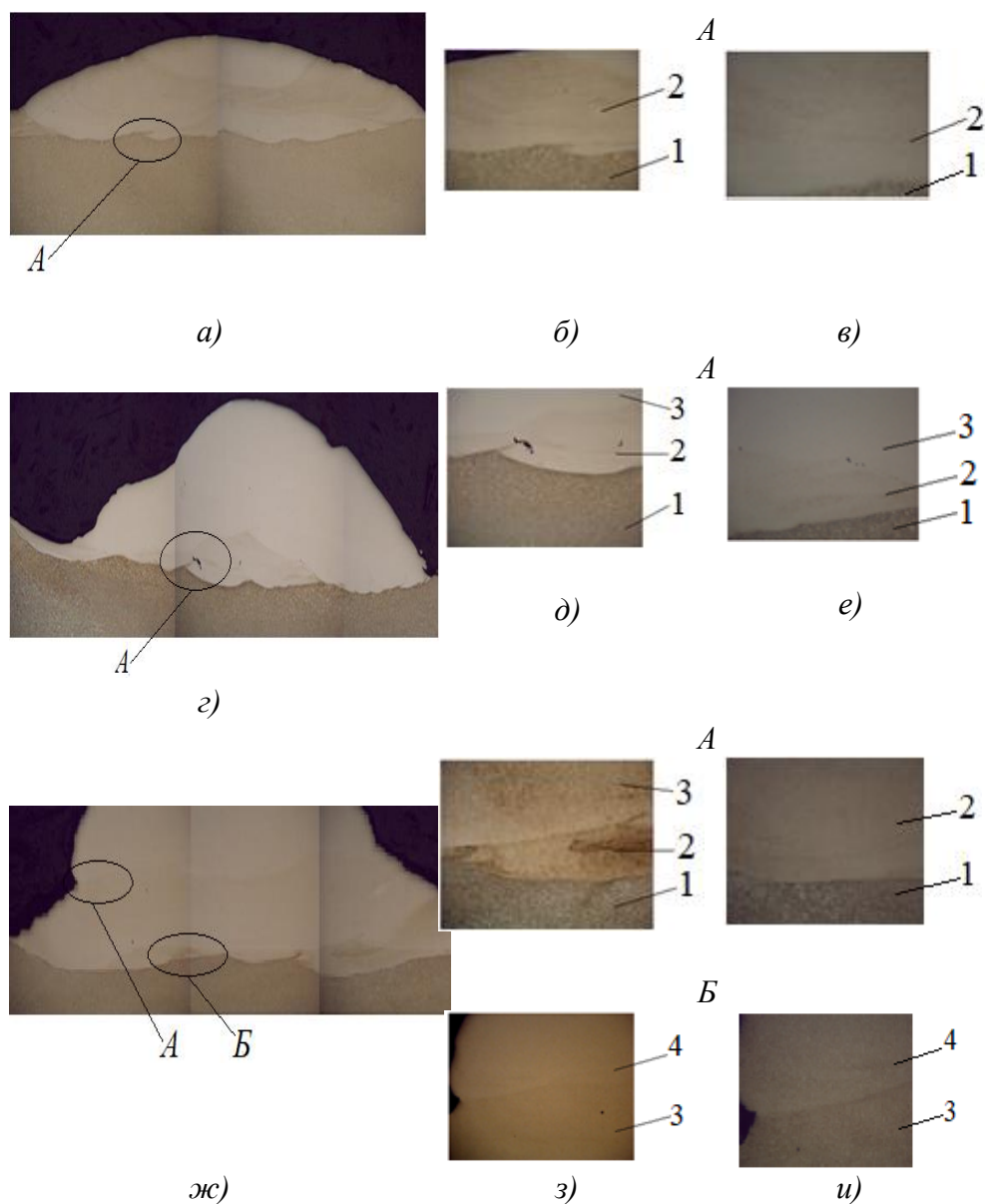
Сурет 2.15 – Алынған құрылымдардың фотосуреттері

2.2.2 Өртүрлі балқыма материалдармен балқымаланған балқыма қабаттарының құрылымдарын зерттеу

Балқыма қабаттарының құрылымдық талдауын Olympus BX51M оптикалық микроскопында жүргізілді (2.12, в суретті қараңыз).

Микроскоп сандық тіркеуге және микроскопиялық бейнелерді талдауға, бақылауға арналған, сондай-ақ, майда дисперсті құрылымдардың құрылымын, түйіршік шекарасын, блоктық құрылым мен дислокациялық құрылымдарды зерттеуге арналған.

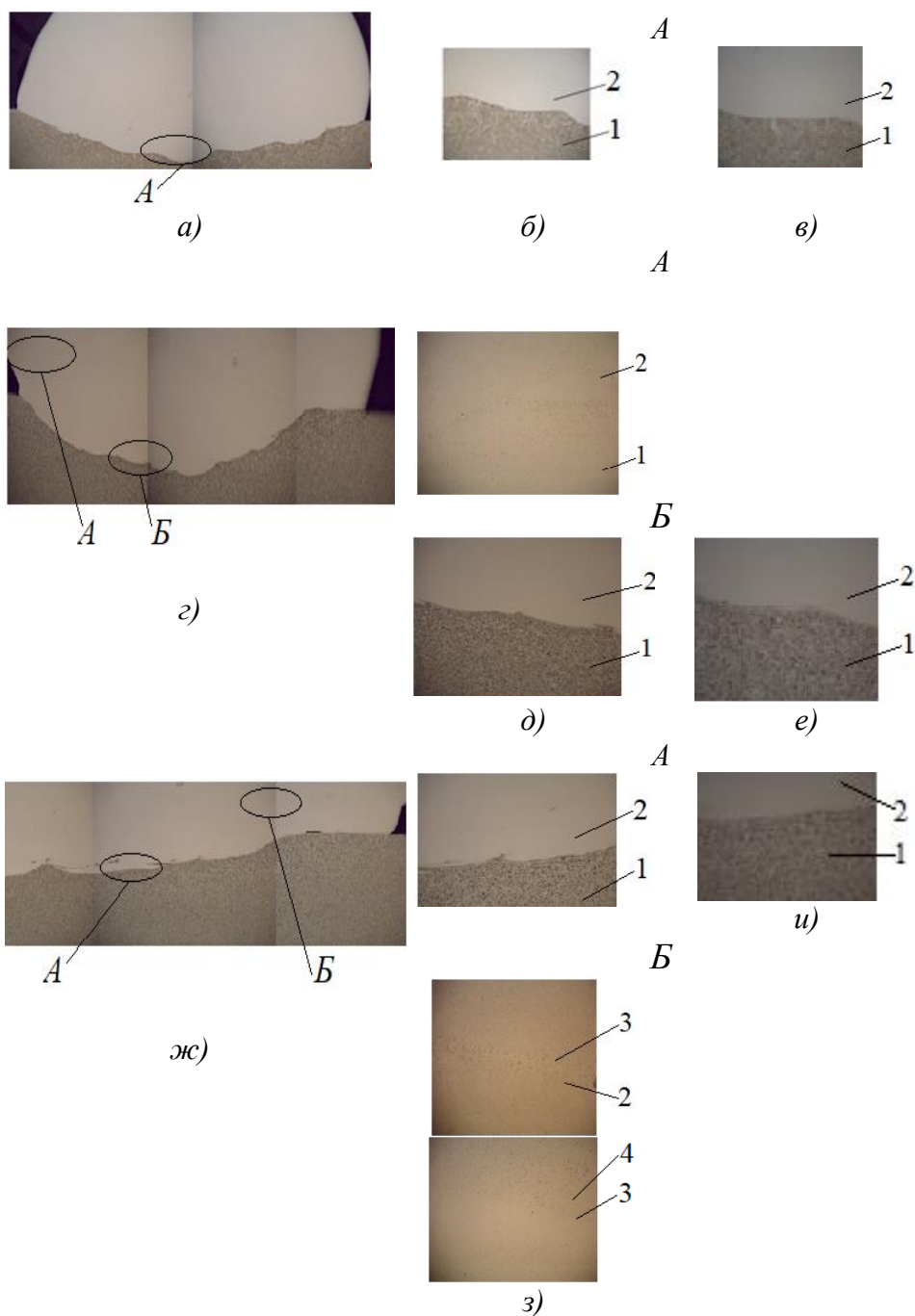
Максималды үлкейту: 1000х. 2.16-суретте TUBRODUR 58 G M балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттері көрсетілген [101].



a – 50х ұлғаюда бір қабатты балқыма; *б* – 100х ұлғаюда А сілтемесі; *в* – 200х ұлғаюда А сілтемесі; *г* – 50х ұлғаюда екі қабатты балқыма; *д* – 100х ұлғаюда А сілтемесі; *е* – 200х ұлғаюда А сілтемесі; *ж* – 50х ұлғаюда үш қабатты балқыма; *з* – 100х ұлғаюда А және Б сілтемесі; *и* – 200х ұлғаюда А және Б сілтемесі

Сурет 2.16 – TUBRODUR 58 G M балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттері

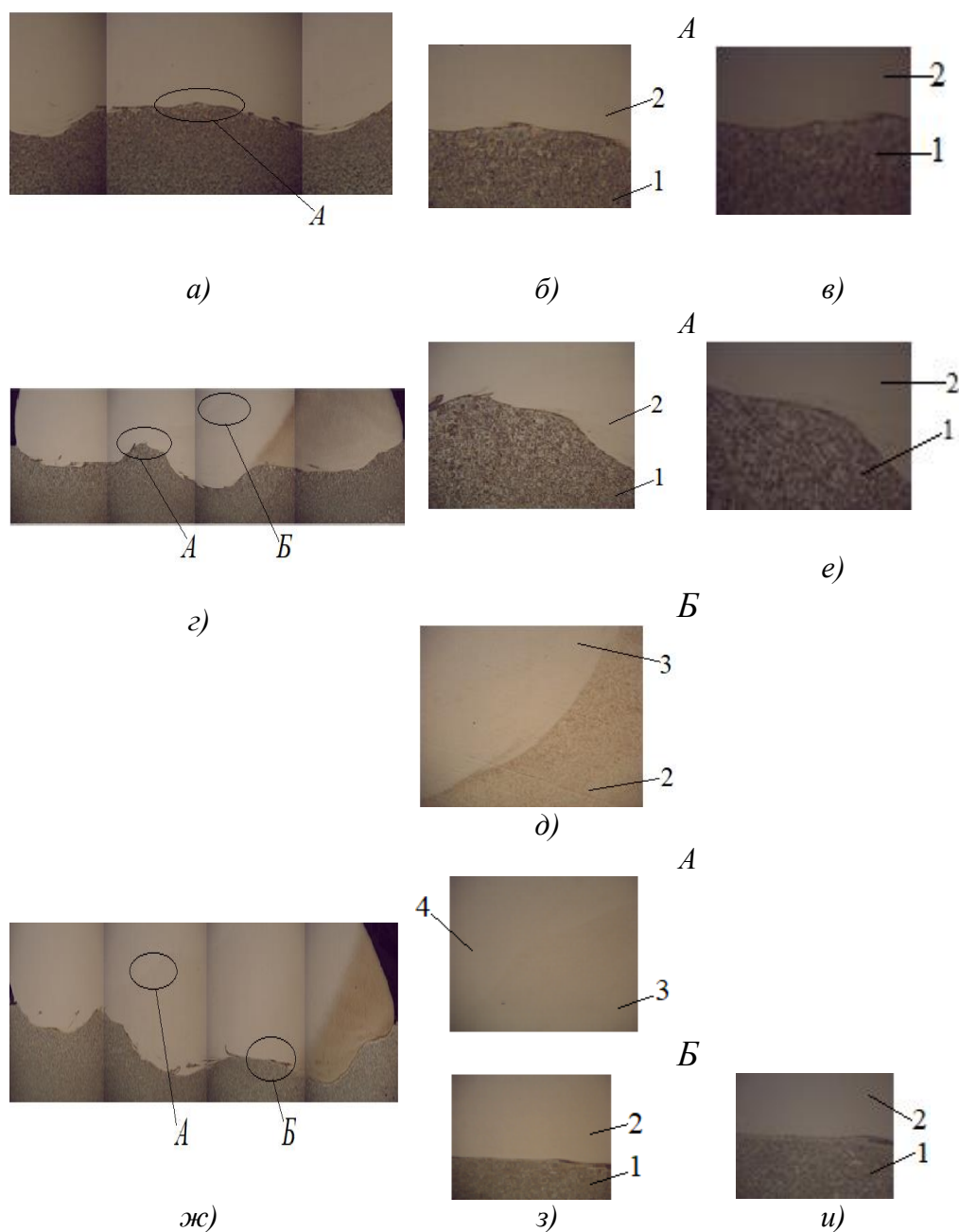
2.17 – суретте STOODY M7-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттері көрсетілген.



а– 50х ұлғайтуда бір қабатты балқыма; б -100х ұлғайтуда А сілтемесі; в – 200х ұлғайтуда А сілтемесі; г – 50х ұлғайтуда екі қабатты балқыма; д – 100х ұлғайтуда А және Б сілтемесі; е – 200х ұлғайтуда Б сілтемесі; ж – 50х ұлғайтуда үш қабатты балқыма; з – 100х ұлғайтуда А және Б сілтеме; и – 200х ұлғайтуда А сілтеме

Сурет 2.17 – STOODY M7-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттері

2.18-суретте STOODY 102-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттері көрсетілген.



a – 50х ұлғаюда бір қабатты балқыма; *б* – 100х ұлғаюда А сілтемеу; *в* – 200х ұлғаюда А сілтеме; *г* – 50х ұлғаюда екі қабатты балқыма; *д* – 100х ұлғаюда А және Б сілтеме; *е* – 200х ұлғаюда А сілтеме; *ж* – 50х ұлғаюда үш қабатты балқыма; *з* – 100х ұлғаюда А және Б сілтеме; *и* – 200х ұлғаюда Б сілтемесі

Сурет 2.18 – STOODY 102-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымының фотосуреттер

TUBRODUR 58 G M балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымынан (2.16-суретті қараңыз) негізгі металмен балқытылған қабаттың араласуы сызығынан негізгі металдың шамалы дәрежесі балқытылғанын, байқауға болады. Металл қабаттың өтпелі аймағындағы шекара айқын белгіленген, толқынды, айқын сызық. Қабаттар арасындағы ауысу айқын емес, сызықтар толқынды және бұлыңғыр.

STOODY M7-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабат құрылымын зерттеу (сурет 2.17) негізгі металға көп дәрежелі балқуы байқалады, негізгі метал және балқытылған қабаттың аз араластырылуы, негізгі металдың балқытып қапталған қабаты бар өтпелі аймағындағы айқын белгіленген шекарасы байқалатынын көрсетті. Сызық толқынды және айқын.

STOODY 102-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабаттарының құрылымын зерттеу кезінде (сурет 2.18) негізгі металға балқытып қапталған қабаттың едәуір дәрежесі анықталды, негізгі металмен балқытылған қабаттың ең аз араластырылуы, негізгі металдың өтпелі аймағындағы балқытып қапталған қабаты бар айқын шекарасы, толқынды сызық, айқын [101].

Металлографиялық зерттеу барысында TUBRODUR 58 G M, STOODY M7-G және STOODY 102-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабаттарының құрылымы және балқуға тән ақаулар (балқытып қапталған қабаттағы және негізгі металмен балқыту аймағындағы жарықтар, тесіктер мен қаяулар, қож қосылыстары, негізгі металмен қабаттың балқымауы, үзіктер және т. б.) анықталған жоқ.

Зерттеу нәтижелері балқытудың жоғары сапасын көрсетеді, ол балқытудың таңдалған режимдерінің, балқыту тәсілдерінің, құрал-саймандық, құрал, технологиялық жарақтармен жабдыктанудың дұрыстығын растайды.

Екінші тарау бойынша қорытынды

1. Зерттеу нәтижелері бойынша барлық үш (STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M) балқыма материалдары екі қабатты балқымалау кезінде бастапқы қаттылық мәнін сақтайтынын көрсетті (2.11, *а, б, в* - сурет, *Г* аймағын қараңыз). Бұл ретте бір қабатты балқытудың ортасынан бастап (2.11, *а, б, в* - сурет, биіктігі 12 мм болатын *В* аймағын қараңыз) екі қабатты балқытудың соңына дейін (2.11, *а, б, в* – сурет, биіктігі 16 мм болатын *Г* аймағын қараңыз) балқыту қаттылығының мәні өзгермейді.

2. Термофрикционды құралдардың кесетін бөлігін балқымалау үшін екі қабатты балқыма жеткілікті екендігі орнатылды. Бұл ретте бірінші және екінші қабаттардың қалыңдығы тиісінше 4 және 2 мм болуы тиіс.

3.Metalлографиялық зерттеу барысында TUBRODUR 58 G M, STOODY M7-G және STOODY 102-G балқыма материалынан балқытып қапталған қабаттарының құрылымы және балқуға тән ақаулар (балқытып қапталған қабаттағы және негізгі металмен балқыту аймағындағы жарықтар, тесіктер мен

қаяулар, қож қосылыстары, негізгі металмен қабаттың балқымауы, үзіктер және т. б.) анықталған жоқ.

4. Қол жеткізілген зерттеу нәтижелері балқытудың жоғары сапасын көрсетеді, ол балқытудың таңдалған режимдерінің, балқыту тәсілдерінің, құрал-саймандық, құрал, технологиялық жарақтармен жабдыктанудың дұрыстығын растайды.

3 ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ БАЛҚЫМАЛАУ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК СЫНАУ

3.1 Экспериментті жоспарлау әдісімен балқымалау режимінің онтайлы параметрлерін анықтау

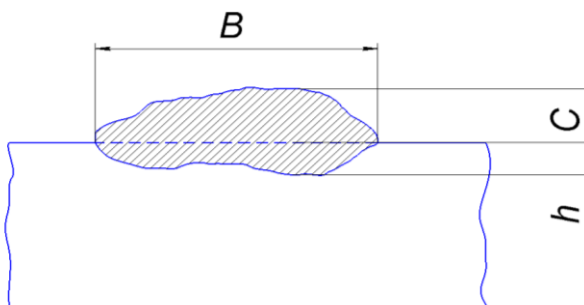
Зерттеу бастамас бұрын, балқымалау процесін анықтайтын факторлар таңдалды. Оларға мыналар жатады: ток (I), беріліс жылдамдығы ($V_{\text{бер}}$), балқыма жылдамдығы ($V_{\text{балк}}$). Бұл факторлар тәуелсіз айнымалылар (факторлар) болып табылады, олардың өзгерісі балқытылған қабаттың сапасын анықтайтын, параметрлер жиынтығының өзгеруіне әкеледі. Тәжірибелер сериясын жүргізу кезінде балқыма процесіне әсер ететін факторлардың бір бөлігі өзгеріссіз қалды: кернеу, балқытылған сымның диаметрі, балқыма ені 5 мм, үлгілерді алдын-ала қыздыру температурасының мәні – $T \approx 150^\circ\text{C}$.

Балқымалау процесі туралы бар тұжырымдар және зерттеушінің тәжірибесіне сүйене отырып, зерттелетін факторлардың мүмкін болатын өзгеру диапазонын талдап, олардың өзгеру аралықтарын анықтауға мүмкіндік берді (кесте 3.1).

Кесте 3.1 – Факторлардың өзгеру интервалдары

Факторлар	Өзгеру интервалдары
Ток, I	85-115
Беріліс жылдамдығы, $V_{\text{бер}}$	200-250 м/мин
Балқымалау жылдамдығы, $V_{\text{балк}}$	10-20 мм/мин

Жауап функциясы ретінде, балқытылған металда айқын ақаулар болмаған жағдайда, балқытылған роликтің биіктігін (c) қабылдаймыз. 3.1-суретте балқытылған қабаттың көлденең қимасы көрсетілген.



B – балқытылатын валиктың ені; c – балқыма биіктігі;
 h – балқымалау тереңдігі

Сурет 3.1 – Балқытылған қабаттың көлденең қимасының схемасы

Әр фактор үшін центр, өзгеру аралығы және кодталған x_i айнымалының табиғи z_i -ге тәуелділігі есептелді. Нәтижелер 3.2-кестеде.

Кесте 3.2 – Факторларды кодтау

Факторлар	Жоғарғы деңгей z_i^+	Төменгі деңгей z_i^-	Центр z_i^0	Өзгеру аралығы λ_i	Кодталған айнымалының натуралдыдан тәуелділігі
z_1	115	85	100	15	$x_1 = \frac{z_1 - 100}{15}$
z_2	250	200	225	25	$x_2 = \frac{z_2 - 225}{25}$
z_3	20	10	15	5	$x_3 = \frac{z_3 - 15}{5}$

2^3 типті эксперимент жүргізілді, мұнда фактор саны $k=3$, деңгей саны $p=2$, тәжірибе саны $N=8$, қайталанатын тәжірибе саны $n=3$. Жоспарлау матрицасы 3.3 кестеде келтірілген.

Кесте 3.3 – Жоспарлау матрицасы

Тәжірибе номері	Факторлар							Нәтижесі y_{il}	$\bar{y}_i$
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3		
1	+	-	-	-	+	+	+	6,60; 6,74; 6,58	6,64
2	+	+	-	-	-	-	+	6,45; 6,48; 6,30	6,41
3	+	-	+	-	-	+	-	6,50; 6,55; 5,89	6,31
4	+	+	+	-	+	-	-	5,25; 5,30; 5,29	5,28
5	+	-	-	+	+	-	-	6,30; 6,45; 5,76	6,17
6	+	+	-	+	-	+	-	5,85; 5,92; 6,10	5,96
7	+	-	+	+	-	-	+	5,28; 5,43; 5,65	5,45
8	+	+	+	+	+	+	+	5,21; 5,24; 5,18	5,21

Әр тәжірибенің нәтижелері 3.3 кестенің бағандары y_{il} жазылады және оларды орталаңдыру жасалынады.

Регрессия теңдеуінің коэффициенттерін мына формула бойынша есептейміз (3.1):

$$b_q = \frac{\sum_{i=1}^N z_{iq} y_i}{N}; \quad q=0 \dots n, \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} b_0 &= 5,919; \\ b_1 &= -0,213; \\ b_2 &= -0,403; \\ b_3 &= -0,247; \\ b_4 &= -0,075; \\ b_5 &= 0,108; \\ b_6 &= 0,012; \end{aligned}$$

Эксперименттерден кейін нәтижелерді статистикалық өңдеу жүргізілді. Алдымен қайталанатын (параллель) тәжірибелердің қателерін анықтаймыз. Ортақвадратты ауытқу өрнек бойынша анықталады (3.2):

$$S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{l=1}^m (y_{il} - \bar{y}_l)^2 \quad (3.2)$$

мұндағы $\bar{y}$ – үш қайталанған эксперименттің ортаңдайы параметрінің арифметикалық мәні (мәндер 3.3 кестеде келтірілген).

Есептеу мәліметтері 3.4-кестеде келтірілген.

Кесте 3.4 – Есептеу мәліметтері

Тәжірибе номері	1	2	3	4	5	6	7	8
S_i^2	0,0013	0,0093	0,0849	0,0007	0,1317	0,0166	0,0576	0,0042

Тәжірибе қатесінің дисперсиясын формула (3.3) бойынша анықтаймыз:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2 \quad (3.3)$$

$$S_{\{y\}}^2 = 0,0383$$

Формула (3.4) бойынша коэффициенттердің орташа квадраттық ауытқуын анықтаймыз:

$$S_{\text{коэф}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{n \cdot m}} \approx \sqrt{\frac{0,0383}{8 \cdot 3}} \approx 0,04 \quad (3.4)$$

Стъюденттің үлестіру кестелеріне сәйкес $N(m-1)=8 \cdot 2=16$ еркіндік дәрежелерінің саны бойынша кестелерінен $\alpha = 0,05$ мәнділік деңгейінде $t_{\text{кр}}=2,12$ анықталды. Сәйкесінше, $t_{\text{кр}} \cdot S_{\text{коэф}} = 2,12 \cdot 0,04 = 0,0848 \approx 0,085$

Алынған $t_{\text{кр}} \cdot S_{\text{коэф}} \approx 0,085$ мәнін регрессия теңдеуінің коэффициенттерімен салыстыра отырып, b_4 және b_6 -дан басқа барлық коэффициенттердің абсолютті мәні $0,085$ -тен үлкен екенін көреміз. Демек, b_4 және b_6 -дан басқа барлық коэффициенттер маңызды. $b_4, b_6 = 0$ деп есептей отырып, кодталған айнымалылардағы регрессия теңдеуін аламыз (3.5):

$$y = 5,919 - 0,213x_1 - 0,403x_2 - 0,247x_3 + 0,108x_1x_3 \quad (3.5)$$

Алынған теңдеуді (3.5) Фишер критерийі бойынша сәйкестігін тексереміз. Жаңғартылу дисперсиясы алдыңғы пункта табылғандықтан, $F_{\text{расч.}}$ критерийінің есептік мәнін анықтау үшін $S_{\text{ост}}^2$ қалдық дисперсиясын есептеу керек.

Қалдық дисперсиясы $S_{\text{қалд}}^2$ келесі түрде есептелінеді (3.6):

$$S_{\text{қалд}}^2 = \frac{m}{n-r} \sum_{j=1}^n (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2 \quad (3.6)$$

мұндағы, n – экспериментов саны;

m – әр экспериментте жасалынатын тәжірибе саны;

r – регрессия теңдеуіндегі маңызды коэффициенттердің саны;

$\tilde{y}_j$ – j ретті эксперимент үшін, маңызды коэффициенттері бар регрессия теңдеуі бойынша есептелген зерттелетін параметрдің мәні;

$\bar{y}_j$ – j ретті эксперимент үшін орташа таңдамалы бақылау мәні.

$$S_{\text{қалд}}^2 = 0,1627$$

Фишер критерийінің мәнін келесі формула бойынша есептелінеді:

$$F = \frac{0,1627}{0,383} = 4,2477 \approx 4,248$$

$F_{\text{крит}}$ критерийінің кестелік мәнін тиісті еркіндік дәрежелері бойынша $\alpha=0,05$ мәнділік деңгейінде Фишердің сыни үлестіру нүктелерінің кестелерінен табамыз $k_1 = n - r = 8 - 7 = 1$ және $k_2 = n(m - 1) = 8 \cdot 2 = 16$.

$$F_{\text{крит}} = 4,49$$

$F < F_{\text{крит}}$ болғандықтан, сыни мәнмен салыстыра отырып, модель (3.5) процесті жеткілікті түрде сипаттайды.

Алынған модельдің интерпритациясын жасайық:
 $y = 5,919 - 0,213x_1 - 0,403x_2 - 0,247x_3 + 0,108x_1x_3$

Теңдеу бойынша келесідей тұжырымдама жасауға болады: ең көп әсер ететін фактор x_2 – беріліс жылдамдығы ($V_{\text{бер}}$), себебі ол абсолютті мәні бойынша ең үлкен коэффициентке ие. Одан кейін, балқытылған қабаттың биіктігіне әсер ету күші: x_3 – балқыту жылдамдығы; x_1 – ток және соңғы жұптық өзара әрекеттесу x_1x_3 – балқыма тогы мен қозғалыс жылдамдығының үйлесімі. x_1 , x_2 , x_3 коэффициенттері теріс болғандықтан, бұл осы факторлардың төмендеуімен жауап мәні артады, ал жоғарылауымен – азаяды.

z_i арқылы x_i өрнегінің орнына айнымалылардың натурал мәндерімен регрессия теңдеуін жазамыз:

$$y = 5,919 - 0,213 \cdot \left(\frac{z_1 - 100}{15} \right) - 0,403 \cdot \left(\frac{z_2 - 225}{25} \right) - 0,247 \cdot \left(\frac{z_3 - 15}{5} \right) + 0,108 \cdot \left(\frac{z_1 - 100}{15} \right) \cdot \left(\frac{z_3 - 15}{5} \right)$$

Осы теңдеуді түрлендіре отырып, оның түрін натурал айнымалыларда аламыз:

$$y = 13,867 - 0,0385 \cdot z_1 - 0,01612 \cdot z_2 - 0,1934 \cdot z_3 + 0,00144 \cdot z_1 \cdot z_3$$

3.2 Термофрикциялық құралдарды балқымалау және механикалық өңдеу

3.2.1 Табақшалы ротациялық-фрикциялық кескішті балқымалау және даярлау

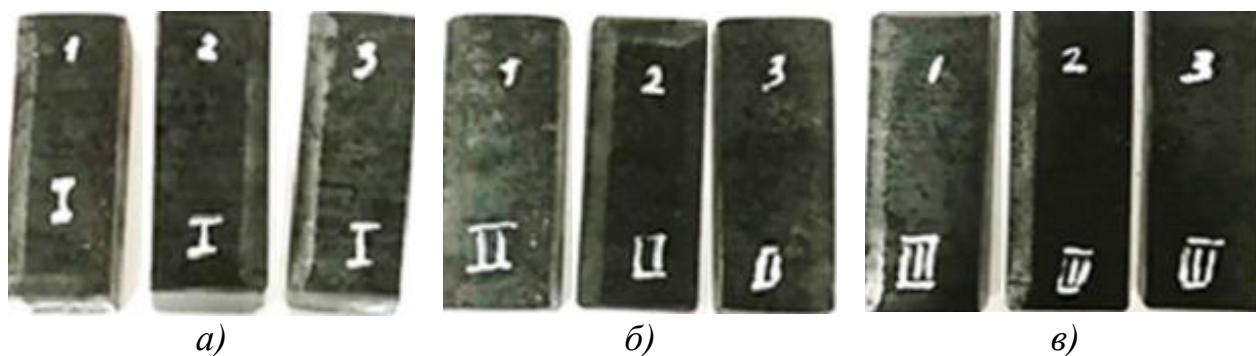
Табақшалы ротациялық-фрикциялық кескіштің кесу бөлігін балқымалау үшін әртүрлі диаметрлі табақшалы кескіштердің дайындамалары жасалды.

Осы мақсатта HARDOX400 болаттан жасалған табақшалы ротациялық-фрикциялық кескіштің доңғалқырының сыртқы бетін, диаметрі 1,6 мм болатын STOODY M7-G ұнтақты сыммен MinarcTIG дәнекерлеу аппаратында балқытумен беріктендірілді [100].

Балқымалау режимдерін, сондай-ақ балқыма сапасы мен қажетті балқыма қабатының мөлшерін анықтау үшін арнайы үлгілерде зерттеулер жүргізілді. Эксперименттік зерттеулер Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің

Қазақстандық дәнекерлеу институтының зертханалық базасында жүргізілді. Болат HARDOX 400 үлгілері дайындалды.

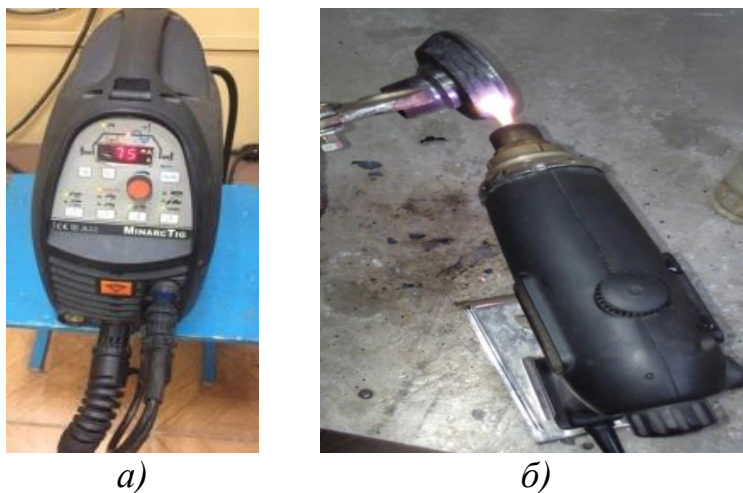
3.2-суретте HARDOX 400 болат үлгілері көрсетілген.



а – №1 тәжірибе үшін; *б* – №2 тәжірибе үшін; *в* – №3 тәжірибе үшін

Сурет 3.2 – Болат HARDOX400 үлгілері

3.3-суретте MinarcTIG дәнекерлеу аппараты және мультиплаз-2500 көрсетілген.



а – MinarcTIG дәнекерлеу аппараты; *б* – мультиплаз – 2500

Сурет 3.3 – MinarcTIG дәнекерлеу аппараты және мультиплаз-2500

3.4-суретте балқытылған үлгілер көрсетілген.



1 – бір қабатты балқыма; 2 – екі қабатты балқыма; 3 – үш қабатты балқыма

Сурет 3.4 – Балқытылған үлгілер

Балқыманы $T\ 300^{\circ}\text{C}$ дейін алдын ала қыздырылған бетке бір, екі және үш қабатта жасалды. Балқыма режимдері келесі шектерде ауытқыды: дәнекерлеу тогы 70-75 А, кернеу 11-12 В. Үлгілерді құрылымдық зерттеу нәтижесінде, балқымамен беріктендіру үшін екі қабатты балқымалау жеткілікті екендігі анықталды. 3.5-суретте балқытылған (екі қабатты) табақшалы кескіштер көрсетілген [100, 94 б.];



а)



б)

Сурет 3.5 – Балқытылған табақшалы кескіштер

3.6-суретте механикалық өңдеуден кейін дайын табақшалы кескіштер көрсетілген [102, 97 б.]



1 – Ø50 мм; 1 – Ø70 мм; 1 – Ø80 мм

Сурет 3.6 – Механикалық өңдеуден кейін дайын табақшалы кескіштер

Балқытылған металл соққы жүктемелерімен бірге жоғары абразивті төзімділікпен сипатталады. Зертханалық [103] және өндірістік [104] жағдайларда жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері үлкен өлшемді тесіктерді кеулейжону үшін STOODY M7-G материалымен балқытылған табақшалы кескіштерді пайдалану мүмкіндігін көрсетті. Табақшалы кескіштерді визуалды тексеру кезінде сынаудан кейін тозу іздері (сызаттар, сынықтыр, жарықтар) табылған жоқ. Алдын-ала есептеулер көрсеткендей, аспаптық емес материалдардан, атап айтқанда балқымамен табақшалы кескіштерді жасау, кесу құралының құнын 5-7 есе және операцияның құнын 1,5-2 есе төмендетеді [105].

3.2.2 Үйкеліс фрезасын балқымалау және даярлау

Арнайы құралдың тозуға төзімділігін арттыру үшін кесуші бетін STOODY M7-G қорытпа материалымен балқытып қаптау ұсынылады. Балқытып қаптау тәжірибелік зерттеу жұмысын орындауда магистрант Мусаева М.М. қатынасты.

STOODY M7-G қорытпа материалы жоғары қаттылықпен (58-ден 66 HRC-ке дейін) және тамаша тозуға төзімділікпен сипатталады. Орташа жылу соққысы жағдайында 1000F (537,78°C) дейін жоғары температураларда қолданылуы мүмкін [56]. Балқыту материалдарын құрал бетіне түсірмес бұрын, құралдың бетін дайындап аламыз, яғни құралдың жұмыс бетінен тозуға ұшыраған және күйік шалған жерлерін жонып, диаметр бойымен ойыс жасап аламыз. Үйкеліс фрезасын балқыту процесінің орындалу бірізділігі 3.7-суретте көрсетілген [106;107;102, 97 б.].



а)



б)



в)



г)

а – арнайы үйкеліс фрезасы; б – алдын-ала қыздыру процесі;
в – балқыту процесі; г – бір қабат балқытылған фреза

Сурет 3.7 – Үйкеліс фрезасын балқыту процесінің орындалу бірізділігі

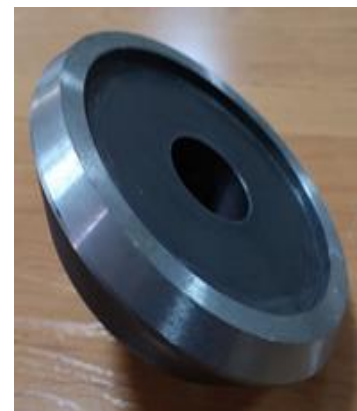
3.8 – суретте STOODY M7-G қорытпа материалымен балқытып қапталған және механикалық өңделген үйкеліс фрезалары көрсетілген [102, 976.].



а)



б)



в)

а, б – балқытып қапталған арнайы үйкеліс фрезасы; в – механикалық өңделген үйкеліс фрезасы; 1 – арнайы әбзел; 2 – балқытып қапталған бет

Сурет 3.8 – STOODY M7-G қорытпа материалымен балқытып қапталған және механикалық өңделген үйкеліс фрезалары

Қорытпа материалын құрал бетіне түсіру электр доғалық дәнекерлеу арқылы жүзеге асырылады. Дәнекерлеу қолмен орындалады. Флюс қабатының астында балқыту айтарлықтай тозған бөлшектерді қалпына келтіру үшін ұсынылады. Ол тұрақты балқытылған металл сапасы мен жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді. Кескіштердің жұмыс бөлігін балқытып қаптау алдын-ала қыздырусыз орындалса, фрезаның кесуші бөлігін балқытып қаптау алдын-ала қыздырумен жүзеге асырылады (1,б-суретке қараңыз).

Сым тәріздес балқыту материалдарымен доғалық қаптау кезінде пісіруге қарағанда тоқтың аз шамасы қолданылады. Бұл жағдайда бұйымның металын балқытудың тереңдігі төмендейді және балқытатын материал негізгілермен аз араластырылады, нәтижесінде балқытылған металдың қаттылығы артады. Балқытылған материалдың жоғары тозуға төзімділігі беттің қажетті беріктенуін ғана емес, сондай-ақ, кернеулердің бір уақытта босаңсуын қамтамасыз ететін деформациялық мартенситтік ауысулардың тиімді қарқындылығымен түсіндіріледі. Балқытып қаптағаннан кейін құралды ауада салқындату жарықтардың пайда болуының және балқытылған қабаттың жұлынып кетуінің себебі болуы мүмкін. Осындай жағымсыз құбылыстардың алдын алу үшін металдың салқындау жылдамдығын төмендету мақсатында балқытылған учаскені газ жалынымен қыздыру керек. Сонымен қатар, балқытудың термиялық циклінің әсерінен негізгі металмен қатар, құралдың бетіне түсірілген қорытпаның бойында жарықтардың пайда болуын туғызатын қалдық кернеулер пайда болуы мүмкін. Мұндай жағдайда балқытудан кейін қалдық кернеулердің босаңсуын қамтамасыз ететін өңдеуді орындау керек.

3.2.3 Дискілі арамен конустық үйкеліс фрезасын балқымалау және даярлау

Дискілі араның кесу жиегіне STOODY M7-G материалын балқымалау процесі және балқымаланғаннан соң механикалық өңдеу жүргізілген дискілі ара 3.9 - суретте көрсетілген [102,98 б.].



а)



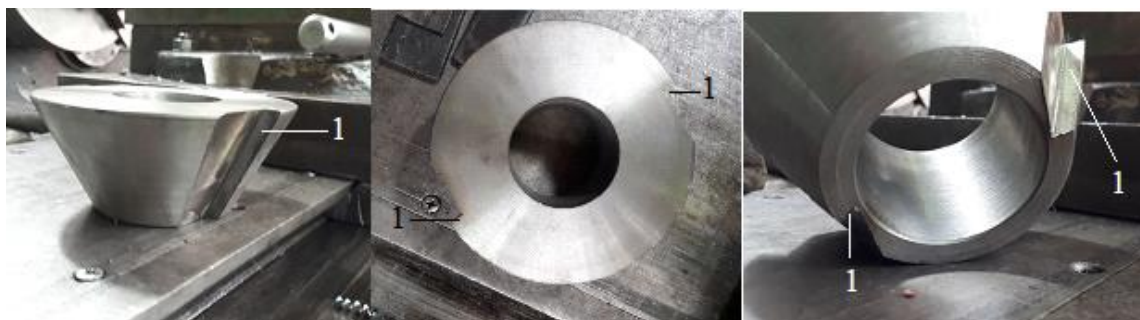
б)

а – дискілі араны балқымалау процесі; *б* – механикалық өңделген дискілі ара

Сурет 3.9 – Дискілі араның кесу жиегіне STOODY M7-G материалын балқыламалау процесі және балқымаланғаннан соң механикалық өңдеу жүргізілген дискілі ара

Балқымаланған дискілі араны механикалық өңдеу токарлық жону және алдын-ала ажарлау операцияларынан тұрады. Балқымаланған дискілі араның сыртқы диаметрі (жиегі) және екі бүйір беттері токарлық білдегінде жонылды және дөңгелек ажарлау білдегінде алдын-ала ажарланды.

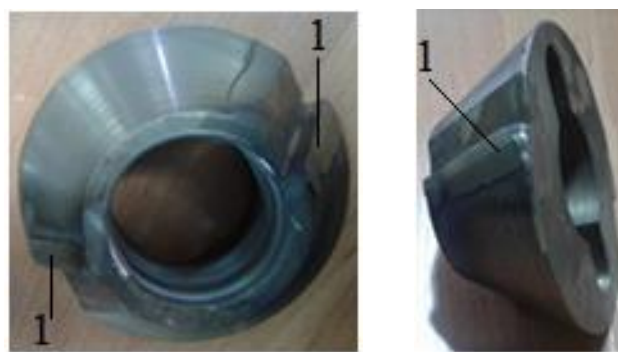
Үрігабаритті шиберлік ысырмалардың жартылай корпус торабының қисықсыздықты бетке ие тесігін өңдеу үшін STOODY M7-G материалымен балқымаланған конустық үйкеліс фрезасы дайындалды. Балқымаланған конустық үйкеліс фрезасы Р. Ғабдысалықтың диссертациялық жұмысы [108] бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде тәжірибелік сынақтан өткізілді [108,67-69 б.;109]. 3.10 – суретте балқымалау үшін дайындалған конустық үйкеліс фрезасының дайындамасы көрсетілген.



1 – балқымалау үшін дайындалған бет

Сурет 3.10 – Конустық үйкеліс фрезасының дайындамасы

3.11 – суретте STOODY M7-G материалымен балқымаланған конустық үйкеліс фрезасы көрсетілген [108,31 б.;109,164 б.].



а)

б)

а – жоғарыдан қарағандағы көрінісі; б – бүйір бетінен қарағандағы көрінісі;
1 – балқыма

Сурет 3.11 – STOODY M7-G материалымен балқымаланған конустық үйкеліс фрезасы

Балқымаланған конустық үйкеліс фрезасын механикалық өңдеу процесі токарлық жону, фрезерлеу және дөңгелек ажарлау операцияларынан тұрады. Балқыма жасалған конустық үйкеліс фрезасы сыртқы диаметрі жонылды, сонан соң оның алдыңғы кесуші беті фрезерленді. Соңғы операцияда балқымаланған екі беттің сыртқы диаметрі бойынша ажарлау орындалды.

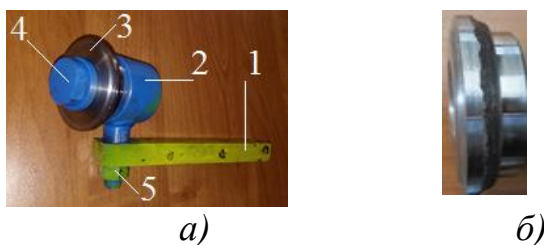
3.3 Балқымаланған термофрикциялық құралдарды сынақтан өткізу

3.3.1 STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақшалы кескішті сынау

STOODY M7-G материалымен балқытылған табақшалы кескішпен арнайы ротационды-фрикциялық құрал жабдықталды. Балқымаланған табақшалы кескішпен жабдықталған ротациялық-фрикциялық құрал Б.С. Доненбаевтың диссертациялық жұмысы [110,83-88 б.] бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде тәжірибелік және өндірістік сынақтан өткізілді [110, 78 б.;104,34 б.].

Өндірістік сынау "Алматы ауыр машина жасау зауыты" АҚ-ның өндірістік жағдайында 1М63БФ101 жону-бұрама кескіш білдегінде жүзеге асырылды [110, 80 б.;106,150-151 б.]. Жалпы 16 тәжірибе өткізілді. Сынау кезінде өңдеу үшін әйткеншек білдектің "стакан" тетігін дайындау қолданылды. Тетіктің материалы – болат 30ХГСА. Өңделетін тесіктің өлшемдері: Ø305мм, L=56 мм.

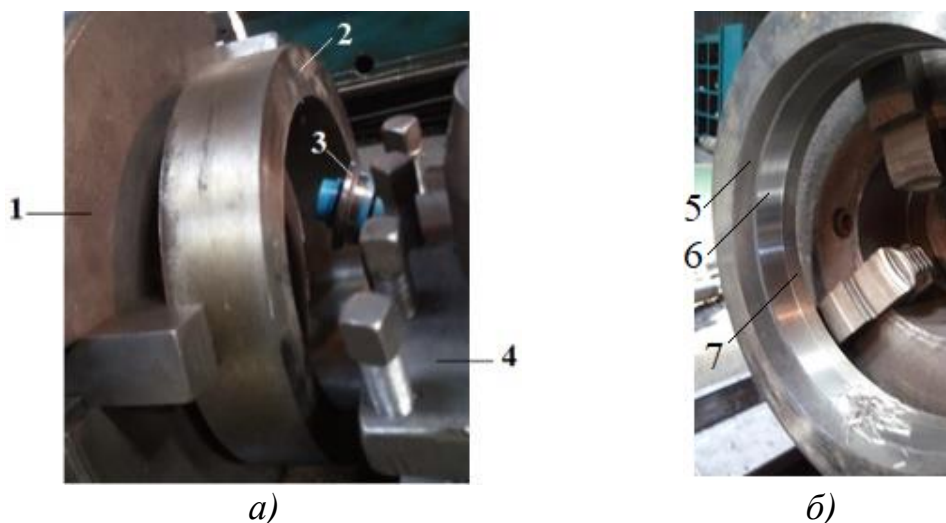
3.12 – суретте STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақша кескішпен жабдықталған ротациялық-фрикциялық құрал көрсетілген.



а – ротациялық-фрикциялық құрал; *б* – табақшалы кескіш; 1 – ұстағыш; 2 – мойынтірек корпусы; 3 – табақшалы кескіш; 4,5 – қысуға арналған гайкалар

Сурет 3.12 – STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақшалы кескішпен жабдықталған ротациялық-фрикциялық құрал

3.13-суретте STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақша кескішпен жабдықталған ротациялық-фрикциялық құралмен «стакан» тетігін өңдеу процесі көрсетілген [110,83 б.;104,35 б.].



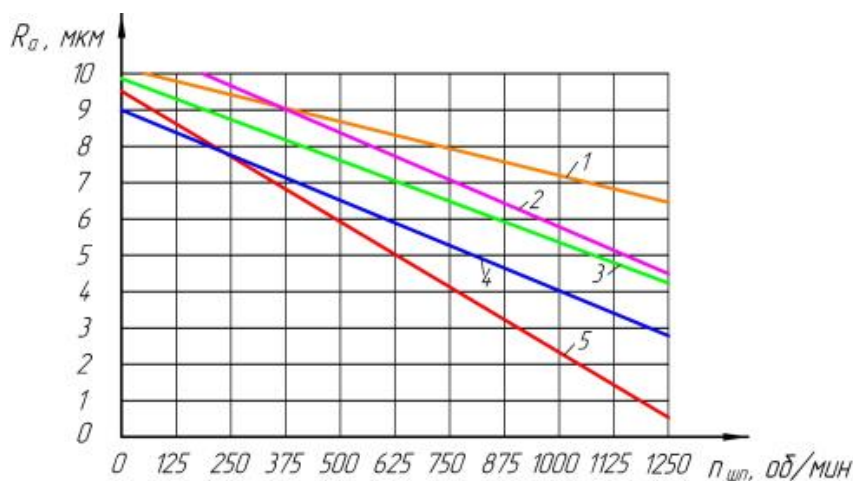
а – өңдеу процесі; *б* – әртүрлі кесу режимдерінде өңделген беттер; 1 - үшжұдырықшалы қысқы; 2 – «стакан» тетігі; 3 – STOODY M7-G материалымен балқытылған тостаған кескіш; 4 – кескішұстағыш; 5 – $t=1$ мм; $\beta_y=10^0$; $S=0,26$ мм/айн; $n=500$ айн/мин 6 – $t=1$ мм; $\beta_y = 10^0$; $S=0,7$ мм/айн; $n=875$ айн/мин; 7 – $t=1$ мм; $\beta_y = 10^0$; $S=0,7$ мм/айн; 100; $s=1,3$ мм/айн; $n = 1250$ айн / мин

Сурет 3.13 – Өңдеу процесі

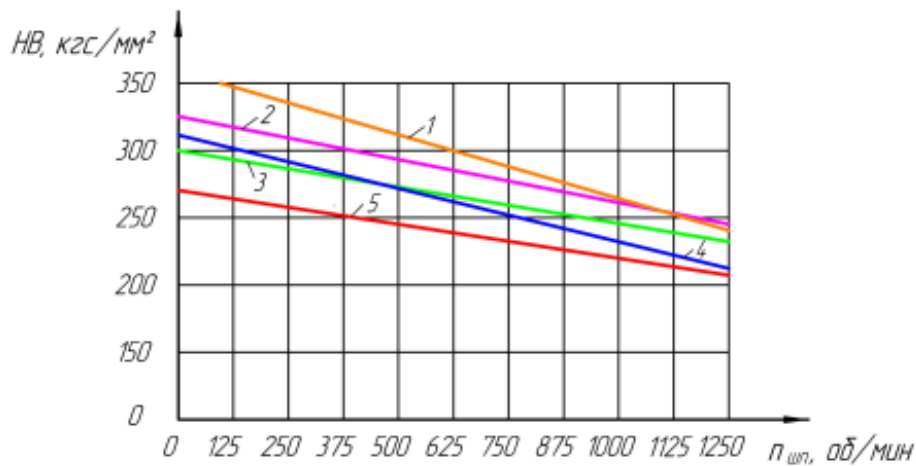
Кедір-бұдырлықты және қаттылықты өлшеу зауыттың ғылыми-зерттеу зертханаларының техникалық бақылау бөлімінде жүзеге асырылды.

Сынақтан өткізу кезінде келесі кесу режимдері қолданылды: $n_{\text{айн}} = 10 \div 1250$ айн/мин; $\beta_y = 7^0 \div 35^0$; $S = 0,07 \div 1,3$ мм/айн; $t = 1 \div 3$ мм.

3.14-суретте STOODY M7-G материалымен балқымаланған табақша кескішпен жабдықталған ротациялық-фрикциялық құралдың орнату бұрышы мен айналу жиілігіне байланысты өңделген беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығының тәуелділік графиктері көрсетілген [110,87 б.;104,37 б.].



а)



б)

а – беттің кедір-бұдырлығының айналдырғықтың айналу жиілігіне тәуелділік графиктері; б – беттің қаттылығының айналдырғықтың айналу жиілігіне тәуелділік графиктері; $t = 1$ мм; $\beta_y = 10^\circ$; 1 – $S=0,07$ мм/айн; 2 – $S=0,26$ мм/айн; 3 – $S=0,4$ мм/айн; 4 – $S=0,7$ мм/айн; 5 – $S=1,3$ мм/айн;

Сурет 3.14 – STOODY M7-G материалымен балқытылған тостаған кескіш құралының орнату бұрышы мен айналу жиілігіне байланысты бетінің кедір-бұдырлығы мен қаттылығының тәуелділік графиктері

Беріліс және айналдырғықтың айналу жиілігінің сапа көрсеткіштеріне әсерін зерттеу нәтижесінде [110,88 б.;104,38 б.], берілістің және айналдырғықтың айналу жиілігін арттыруы өңделген беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығына жағымды әсер ететіні анықталған (сурет 3.14, б, түзу 5 қараңыз). Беріліс және айналдырғықтың айналу жиілігінің ең жоғары мәндерінде өңделген беттің жоғары сапасы қамтамасыз етілді: бетінің кедір-бұдырлығы $R_a \leq 1$ мкм (сурет 3.14, а, түзу 5 қараңыз); 30ХГСА болат үшін беттің қаттылығы HB212÷248 (сурет 3.14, б, түзу 5 қараңыз).

Алайда, берілістің артуынан өңделетін беттің сапа көрсеткіштеріне деген жағымды әсері, ротационды-фрикциялық кесу механизмінің гипотезасына қайшы келеді. Оны келесідей түсіндіруге болады, тостаған кескіштің шеттігі, қаттылығы HRC58-66 болатын, STOODY M7-G балқыма материалымен балқытып қаптастырылған. Демек, бұл тостаған кескішпен өңдеу кезінде кесу механизмі дәстүрлі кесу механизміне сәйкес келеді немесе оған жақын келетінін жабалай аламыз. Бұл процесті нақтылау үшін, қосымша зерттеулерді талап етеді.

Алынған деректерді талдау және өңдеу нәтижесінде, STOODY M7-G материалынан балқытып қаптастырылған тостаған кескіші бар құралмен 30ХГСА болатты өңдеу үшін келесі оңтайлы кесу режимдері анықталды – $S=1,3$ мм/айн; $n_{айн}=1250$ айн/мин; $t=1$ мм.

Сынақ нәтижелері STOODY M7-G материалмен балқытылған тостаған кескішпен кеулей жонуға қолдануға жарамды екенін көрсетті. Тостаған кескішті көзбен шолып тексеру кезінде, сынаудан кейін тозу іздері (сызаттар, сынықтар, жарықтар) табылған жоқ.

STOODY M7-G материалымен балқытылған тостағанды кескішті пайдалана отырып, 30ХГС болаттан жасалған тетіктің тесігін кеулей жонғанда кесудің оңтайлы режимдері белгіленген: $S=1,3 \text{ мм/айн}$; $n_{\text{айн}}=1250 \text{ айн/мин}$; $t=1 \text{ мм}$; $\beta_y=10^0$.

Өндірістік сынақтар нәтижесінде келесі сапа көрсеткіштеріне қол жеткізілді:

- беттің кедір-бұдырлығы $Ra=10 \div 1,25 \text{ мкм}$ шегінде;
- беттің қаттылығы HB 212-248 шегінде.

3.3.2 Балқымаланған үйкеліс фрезасының өңдеу қабілетін эксперименттік зерттеу және талдау

Қарағанды техникалық университетінің «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының зертханалық жағдайында, жетекші профессор Шеров К.Т. басшылығымен және магистрант Мусаева М.М. қатысуымен термофрикциялық фрезалап жону тәсілі эксперименттік зерттелді [107,556.].

Арнайы құралдың өңдей алу қабілетін эксперименттік зерттеу үшін 30ХГСА болатынан жасалған, илемдеумен алынған дайындама таңдалып алынды. Дайындама әзірленген болаттың физикалық-механикалық қасиеттерін толығырақ қарастырайық.

30ХГСА болаты қоспаланған конструкциялық болат класына жатады. Ол авиация қажеттілігі үшін әзірленген, бірақ өте жақсы сипаттамалардың арқасында машина жасаудағы танымал материалдар қатарына тез өтті.

Аталмыш болатты таңбалауда бірінші тұрған және көміртегі құрамының жүздік үлесінде көрсетілген пайызын көрсететін саннан тұрады. Бұл жағдайда ол 3% - ды құрайды, яғни орташа қорытылған Болаттың класы үшін нормаға сәйкес келеді (2,5% - ға дейін - төмен қоспаланған, 2,5-тен 10% - ға дейін-орташа қоспаланған, 10% - дан жоғары қоспаланған). "Х", "Г" және "С" литерлері болаттағы легирлеуші элементтердің – хромның, марганецтің және кремнийдің құрамын көрсетеді. Легирлеуші элементтердің әріптік белгілерінен кейін сандар жоқ болғандықтан, олардың пайыздық құрамы шамамен 1% - ға тең. Таңбалаудың соңында "А" литері 30ХГСА болаты жоғары сапалы болаттардың санатына жататынын көрсетеді.

Болатты кесумен өңдеу ең алдымен оның химиялық құрамына байланысты, ол термоөңдеумен бірге осы материалдардың пайдалану сипаттамаларын анықтайды: ыстыққа төзімділігі, коррозияға төзімділігі, механикалық беріктігі, тозуға төзімділігі және т.б. болатты қоспалаудың жоғары дәрежесі балқыманың қатты ерітіндісін нығайтатын дисперсиялық фазалардың қоспалаушы элементтерінің немесе карбидтер, нитридтер, интерметаллдық қосылыстар сияқты

өте қатты құраушы құрылымдардың пайда болуына байланысты оның өңдеуіне үлкен әсер етеді. Тәжірибелер бірнеше режимде орындалып, өңдеудің қай режимде қалай жүретіні анықталды. Эксперименттер 1К62 білдегіне орнатылған арнайы әмбебап қондырғыда орындалды. 3.15-суретте арнайы үйкеліс фрезасын қолданумен термофрикциялық фрезалап жону процесі көрсетілген [107,56 б.].



1 – білдектің үшжұдырықшалы патроны; 2 – балқыту материалдарымен қапталған арнайы үйкеліс фрезасы; 3 – әмбебап қондырғы; 4 – 30ХГСА болатынан жасалған дайындама

Сурет 3.15 – Арнайы үйкеліс фрезасын қолданумен термофрикциялық фрезалап жону процесі

Термофрикциялық фрезалап жону үшін 30ХГСА болатынан жасалған диаметрі Ø100 мм, ал ұзындығы $L = 500$ мм болатын дайындама таңдалып алынды. Әртүрлі өңдеу тәртіптерінде 5 түрлі тәжірибелер орындалды.

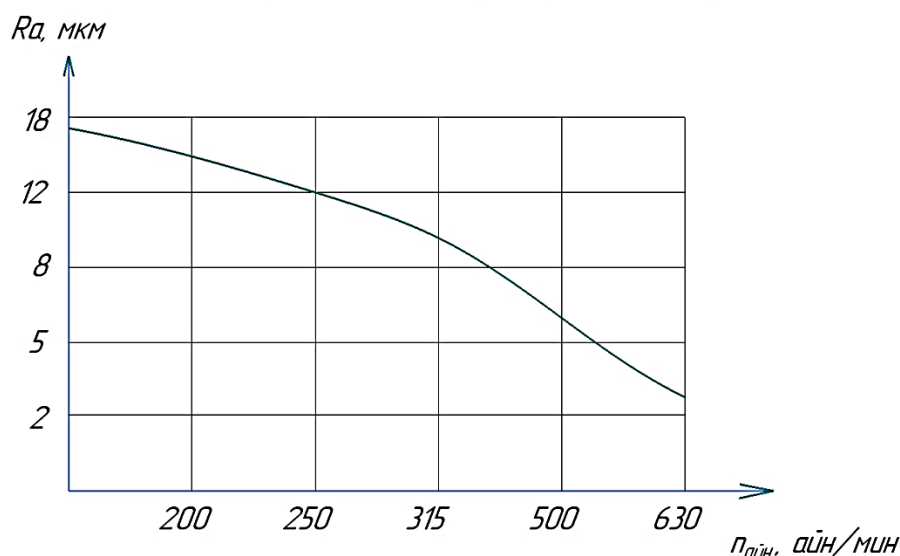
3.5-кестеде кесу режимдерінің және әртүрлі тәжірибедегі өңделген беттің кедір-бұдырлығының мәндері көрсетілген [107,58 б.].

Кесте 3.5 - Кесу тәртіптерінің және әртүрлі тәжірибедегі өңделген беттің кедір-бұдырлықтарының мәндері

Тәжірибелер	Кесу режимдері				Өңделген беттің кедір-бұдырлықтары
	$n_{\text{айн}}$ айн/мин	$n_{\text{фр}}$ айн/мин	S , мм/мин	t , мм	R_a , мкм
1	200	3000	15	1,0	16,8
2	250	3000	10	1,0	12,0
3	315	3000	10	1,0	9,5
4	500	3000	10	1,0	5,6
5	630	3000	10	1,0	2,2

3.5-кестеге байланысты №1 және №2 тәжірибелері кезінде өңделген беттердің кедір-бұдырлығы басқа тәжірибелермен салыстырғанда жоғары болды. Ол айналдырықтың айналым санының аз болуымен түсіндіріледі. Айналдырықтың айналым саны қаншалықты көп болса, өңделген беттің сапасы да соншалықты жақсы болды. Мысалы, №4 және №5 тәжірибелердің нәтижелері алдыңғыларымен салыстырғанда жақсырақ болғанын көруге болады. ($R_a=5,6\div 2,2$). Графиктен (3.16-суретті қараңыз) айналдырықтың айналу жиілігін артқан сайын, өңделген беттің сапасы жақсаратынын көруге болады.

3.16-суретте өңделген беттің кедір-бұдырлығына кесу режимдерінің әсерінің графигі көрсетілген [107,61 б.].



Сурет 3.16 – Өңделген беттің кедір-бұдырлығына кесу режимдерінің әсерінің графигі

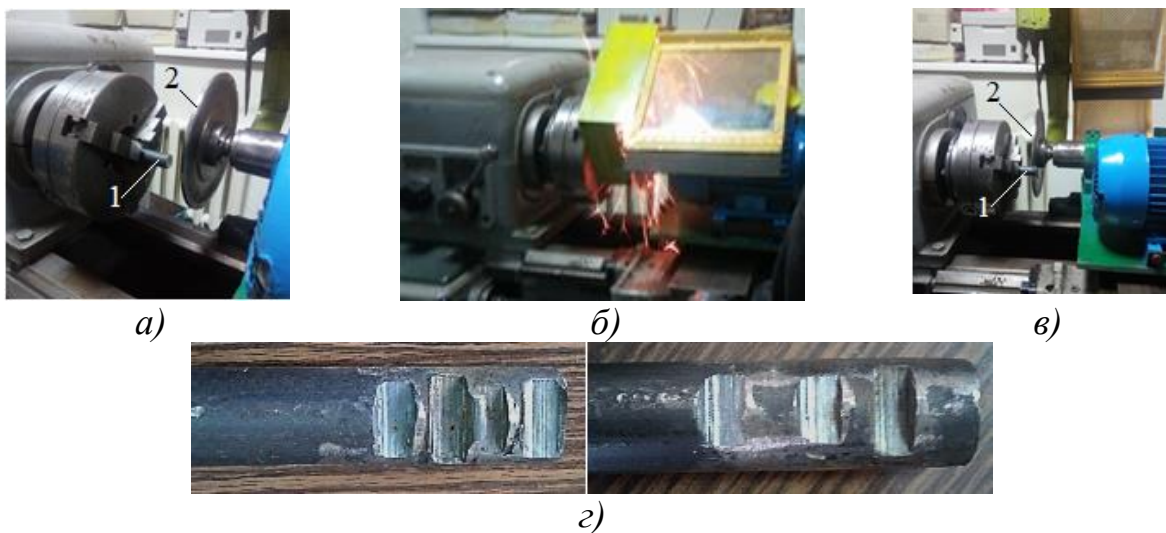
Әдетте, қиын өңделетін материалдарды кесу арқылы өндеуде шор болмайды. Осы себептерге байланысты құралдың тозуы өте қарқынды және тозу негізінен артқы беті бойынша басым орын алады. Осы материалдарды өндеу кезінде механикалық сипаттамалардың жоғары мәндері кескіш күштің жоғары мәндеріне әкеледі, бұл құралдың қызмет мерзімінің азаюына әкеледі.

Беріктігі жоғары материалдарды кесу арқылы ұтымды өндеу мүмкіндігін анықтайтын негізгі факторлар жоғары температура кезінде кесуші құралдың қажетті жоғары беріктігі мен тозуға төзімділігін сақтай отырып, кесілетін қабаттың мүмкін болатын беріксізденуін қамтамасыз ету, технологиялық жүйенің жоғары қаттылығы мен дірілге төзімділігін жасау, сондай-ақ, «құрал-дайындама» аймағындағы жылулық ағындарды басқару болып табылады. Ал кесуші құралдың жоғары беріктігі мен тозуға төзімділігі балқытып қаптау сияқты беріктендіру тәсілдерін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

3.3.3 Балқымаланған дискілі араны зертханалық сынаудан өткізу

1К62 токарлық-винткескіш білдегіне құрастырылған термофрикциялық кесуге арналған құрылғы көмегімен STOODY M7-G материалынан балқытылған дискілі араны сынау бойынша эксперименталды тәжірибелер жүргізілді [102,99 б.].

3.17 – суретте термофрикциялық кесу кезінде STOODY M7-G материалынан балқытылған дискілі араларды зертханалық сынау процесі көрсетілген.



а – білдекті баптау; *б* – кесу үрдіс; *в* – кесуден кейін; *г* – кейбір өңделген үлгілер; 1-үлгі-дайындама; 2-диск ара

Сурет 3.17 – Термофрикциялық кесу кезінде STOODY M7-G материалынан балқытылған дискілі араларды зертханалық сынау процесі

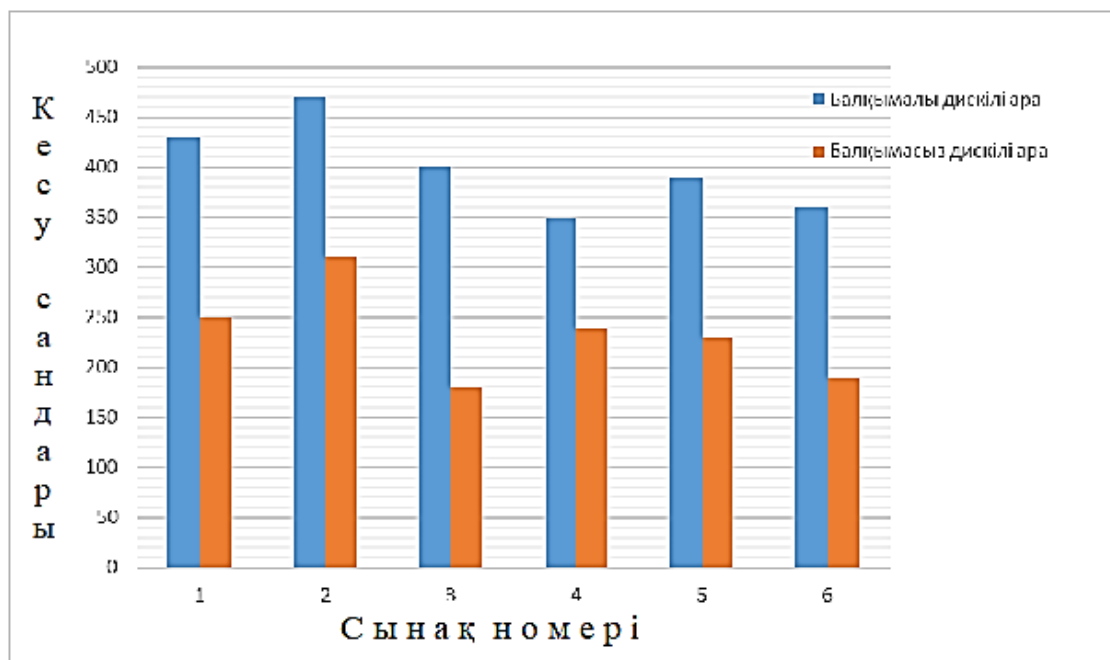
Дискілі ара диаметрі $D=285$ мм және ені $b=6$ мм. Цилиндрлік дайындаманың кесіндісі мынадай режимдерде орындалды: дискілі ара жылдамдығы $v=25-35$ м/с; дайындама берілісі $s = 0,07-0,12$ мм/айн. Барлық тәжірибелерде дискілі ара мүлдем қызған жоқ, жұмыс беттеріндегі жарықтар мен сынықтар табылған жоқ.

3.6-кестеде зертханалық сынақ нәтижелері көрсетілген.

Кесте 3.6 – Зертханалық сынақ нәтижелері

Сынақ номері	Кесу сандары	
	Балқымалы дискілі ара	Балқымасыз дискілі ара
1	430	250
2	470	310
3	400	180
4	350	240
5	390	230
6	360	190

3.18 – суретте зертханалық сынақ нәтижелері гистограммасы көрсетілген.



Сурет 3.18 – Зертханалық сынақ нәтижелері гистограммасы

Эксперименталды зерттеулер ҚарМТУ «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасының зертханалық базасында жүргізілді. Эксперименталды зерттеулердің нәтижелері термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігі STOODY M7-G материалынан жасалған балқымалы құралдар дәстүрлі термофрикциялық құралдармен салыстырғанда $1,5 \div 2$ есе артатынын көрсетті

3.3.4 Балқымаланған конустық үйкеліс фрезасын зертханалық сынаудан өткізу

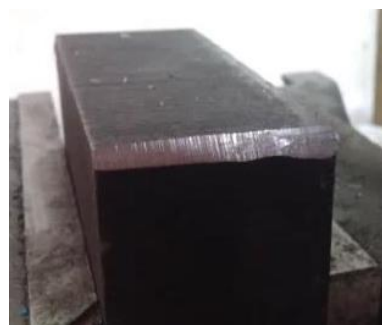
Тәжірибелік сынау нәтижелері конустық бетті фрезерлеу келесі кесу режимдерімен жүзеге асырылды: $n_{айн} = 500 \div 2500$ айн/мин; $S_{cm} = 20 \div 100$ мм/мин; $t = 1 \div 1,5$ мм.

3.19-суретте STOODY M7-G балқытылған материалынан жасалған конустық үйкеліс фрезасын қолдана отырып, конус бетін фрезерлеу процесі, сондай-ақ әртүрлі кесу режимдерінде дайындамалардың өңделген беттері көрсетілген.

Балқымасы бар конустық үйкеліс фрезасымен, фрезерлеу процесінің тәжірибелік зерттеу нәтижелері кесу жылдамдығының жоғарылауымен және берілістің төмендеуімен өңделген беттің барлық сапа көрсеткіштері жақсаратынын көрсетті. Бірақ, берілістің шамадан тыс төмендеуі, өңдеу өнімділігіне теріс әсер етеді.



а)



б)



в)

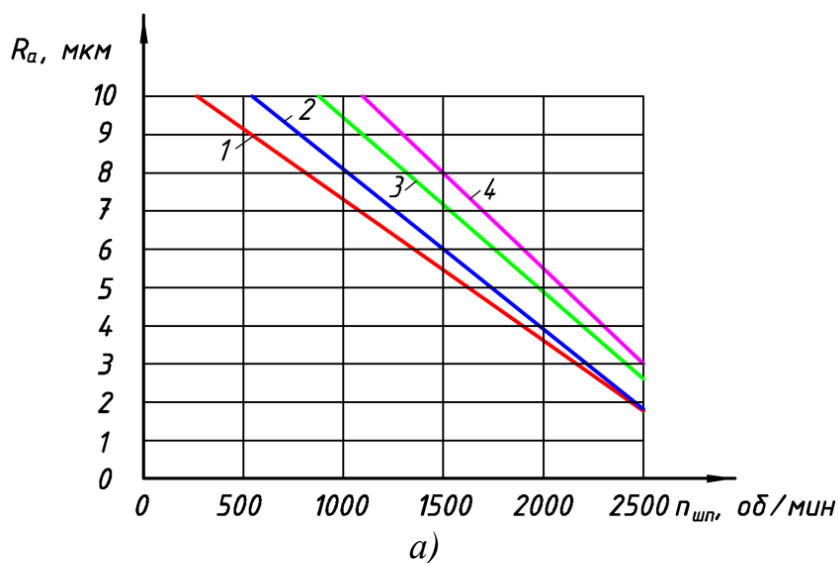


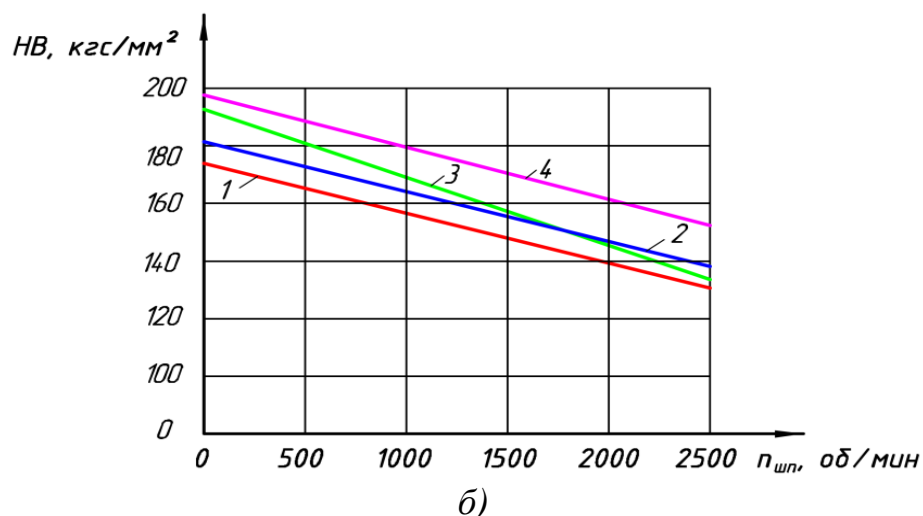
г)

а – фрезерлеу процессі; б - $n_{\text{айн}}=1500$ айн/мин, $S_{\text{см}} = 80$ мм/мин, $t = 1$ мм; в – $n_{\text{айн}} = 2500$ айн/мин, $S_{\text{см}} = 40$ мм/мин, $t = 1$ мм; г – $n_{\text{айн}}=2000$ айн/мин, $S_{\text{см}} = 60$ мм/мин, $t = 1$ мм

Сурет 3.19 – Конустық бетті фрезерлеу процесі және әр түрлі кесу режимдерінде дайындамалардың өңделген беттері

3.20-суретте сапа көрсеткіштерінің кесу режимдеріне тәуелділік графиктері көрсетілген.





1 – $S_{cm} = 20$ мм/мин; 2 – $S_{cm} = 40$ мм/мин; 3 – $S_{cm} = 60$ мм/мин;
4 – $S_{cm} = 80$ мм/мин; $t = 1$ мм

Сурет 3.20 – Сапа көрсеткіштерінің кесу режимдерінен тәуелділік графиктері

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде оңтайлы кесу режимдері анықталды: $n_{айн} = 2500$ айн/мин; $S_{cm} = 40$ мм/мин. Бұл режимдерде өңдеу кезінде өңделген беттің кедір-бұдырлығы $R_a = 1,75$ мкм қол жеткізілді (суретті қараңыз. 6а, түзу 2), сондай-ақ өңделген беттің қажетті қаттылығы $HB > 130$ қамтамасыз етіледі (суретті қараңыз. 6б, түзу 2). Дайындаманың өңделген беті 5в суретте көрсетілген.

Конустық бетті фрезерлеу процесінің эксперименталды зерттеу нәтижелері қатты қорытпалы тілімшелермен жабдықталған конустық фрезаны және STOODY M7-G материалмен балқытып қапталған конустық фрезаны [125] пайдаланып, оларды үлкен шиберлік ысырманың жартылай корпусының қисық беті бар тесіктерді өңдеу үшін қолдану мүмкіндігін көрсетті. Өңдеу кезінде өңделген беттің сапа көрсеткіштерінің жоғары нәтижелеріне қол жеткізілді.

Өңдеу кезінде өңделген бетінің $R_a = 1,25 \div 1,75$ мкм сапа көрсеткіштерінің жоғары нәтижелеріне қол жеткізілді. Кесу жылдамдығының артуы сапа көрсеткіштеріне оң әсер ететіні анықталды, ал берілістің артуы керісінше.

Оңтайлы кесу режимдері анықталды: $n_{айн} = 2500$ айн/мин; $S_{cm} = 40$ мм/мин.

Екі фрезамен өңдеу кезінде иірімді жоңқа пайда болды және жоңқаның сапалы ұсақталуы жүргізілді, сонымен қатар берілістің артуы жоңқаның өлшемдерінің ұлғаюына әкелді.

STOODY M7-G балқыма материалынан жасалған конустық үйкеліс фрезасын қолдана отырып, конустық бетті фрезерлеу процесін эксперименттік зерттеу нәтижелері, оларды үлкен шиберлік ысырманың жарты корпусындағы қисық сызықты беттермен тесіктерді өңдеу үшін қолдану мүмкіндігін көрсетті.

3.4 Балқымаланған табақшалы кескішпен конустық үйкеліс фрезасын бұзбай бақылаудан өткізу

Балқытылған қабаттардың сапасын анықтау үшін кейбір термофрикциялық құралдар бұзбай бақылау әдісімен ексерілді [102,98 б.].

3.21-суретте бақылауға алынған құралдардың үлгілері көрсетілген.



а)



б)

а – балқымаланған табақшалы кескіш; б – балқымаланған конустық үйкеліс фрезасы

Сурет 3.21 – Бақылауға алынған термофрикциялық құралдардың үлгілері

Магнитті ұнтақты әдіспен бақылау нәтижелері 3.7-кестеде берілген.

Кесте 3.7 – Магнитті ұнтақты бақылау нәтижелері

Бақылау объектісі	Бақылау нәтижелері	Ескертпе
Ротационды-фрикциялық тостағанды кескіш	Индикация табылмады	
Конустық үйкеліс кескіші	Бақылау объектісінің бетінде әртүрлі ұзындықтағы көптеген индикациялар	

Ұсынылған үлгілердің бұзбай бақылауды «Бұзбай бақылау бойынша

аттестаттау орталығы» ЖМ (Қарағанды қ.), «Тәуелсіз бұзбай бақылау және диагностика» сынау зертханасы жағдайында, «Бұзбай бақылау. Магнитті ұнтақты әдіс». Магнитті ұнтақты дефектоскопия бақылау объектісінің бетінде сыртқы катпарлықтардың болуын анықтау мақсатында жүргізілді.

STOODY M7-G материалынан балқытылып, дайындалған термофрикциялық құралдар да түрлі материалдарды өңдеу үрдісінде, сынақтан өтті.

«Тәуелсіз бұзбай бақылау және диагностика» сынау зертханасының сынау актісі ІІ қосымшада көрсетілген.

Үшінші тарау бойынша қорытынды

1. Термофрикциялық құралдарды тозуға төзімді балқытушы материалдармен балқытып қаптау арқылы тозуға төзімділігін арттыру бағыты бойынша зерттеу жұмыстары нәтижелері берілген. Балқытылған беттердің сапасын бұзбай бақылаудың магниттік ұнтақты әдісімен зерттеу және бақылау жүргізілді. STOODY M7-G материалынан балқытылып қапталған термофрикциялық құралдар да түрлі материалдарды өңдеу процесінде сынақтан өтті. Термофрикциялық құралдарды сынау Қарағанды техникалық университетінің (ҚарТУ) "Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау" кафедрасының (ТЖМжәнеС) зертханасы жағдайында, сондай-ақ, "Алматы ауыр машинажасау зауыты" АҚ өндірісінде ұйымдастырылды.

2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері STOODY M7-G материалынан жасалған қорытпамен балқытып қапталған термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігі дәстүрлі термофрикциялық құралдармен салыстырғанда $1,5 \div 2$ есе артатынын көрсетті.

4 БАЛҚЫМАЛАНҒАН ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРМЕН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛУЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН ЖӘНЕ КЕРНЕУЛІ – ДЕФОРМАЦИЯЛАНУ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ

4.1 Ротациялық-фрикциялық кеңейтежону кезінде кесу аймағында температураның тарқалуын және оның кернеулі – деформациялану жағдайын соңғы элементтер әдісімен зерттеу

Металдарды кесу процесінің қазіргі заманғы идеясы деформация аймағының тұрақты өзгеруі кезінде тұтқыр немесе сынғыш бұзылу мүмкіндігімен кесу жүзінің алдында өңделетін материалдың серпімді пластикалық деформациясының стационарлық емес, жоғары тізбекті, термомеханикалық процесі және кесу құрал жүзінің бетіндегі жұмыс бөліктерінде өте жоғары қысымдардың, жылдамдықтары мен температуралардың әсерінен сырғу [111]. Жоңқаның пайда болу механикасының түсінігін 1-суретте келтірілген схемамен қысқаша сипаттауға болады [111,13 б.].

Жалпы жағдайда, жоңқаға кесілген қабатты түрлендіру процесі серпімді және пластикалық деформациялармен, жырықтардың пайда болуымен және одан әрі бұзылумен бірге кесілген қабат пен дайындамада кернеулі-деформацияланған күйін (КДК) құру арқылы дайындама материалын бағытталған түрде қирау процесі екені белгілі [111,126.;112,91], бұл кесу жағдайында өңделетін материалдың күйіне байланысты тұтқыр немесе сынғыш болуы мүмкін [111,13 б.; 112,8 б.;114]. Бұл жағдайда жүзі кесілген қабатпен де, жоңқа және дайындамамен де тікелей байланыста болады. Бұл оның беттерінде байланыс процестерінің (үйкелістің) пайда болуына әкеледі, ал кесу жиегінің жанындағы аймақта – тоқырау аймағы, белгілі бір жағдайларда өсуге айналуы мүмкін.



Сурет 4.1 – Жоңқа пайда болу аумағының физикалық модель үрдістері

Бұл жүйеде жоғарыда сипатталған үрдістерде кесілген қабаттың материалын жоңқаға айналдыру кезінде деформациялауға және бұзуға жұмсалған жұмыс негізінде түйісу беттеріндегі үйкеліспен байланысты жұмыс жасалады [111,13 б.; 112,8 б.;115;116;117].

Жұмыстарда [117;110;109,166 б.;112,9 б., 129] РФӨ кезіндегі жоңқаның пайда болу үрдісін әдістемелік зерттеулер орындалды. Зерттеу нәтижелері қайталама пластикалық деформациялар аймағының көлемін едәуір төмендететін ротациялық-үйкеліс құралының өздігінен өсуі өсудің пайда болуын жоққа шығармайтындығын көрсетті: төмен кесу жылдамдығымен кесу аймағынан кесу жиегінің шығу нүктесіне жақын жерде кішкентай өсу пайда болуы мүмкін. Алайда, кесу және беріліс жылдамдығының жоғарылауымен өсу өлшемдері азаяды немесе мүлдем жоғалады. Сондай-ақ, жоңқаның пайда болудың металлографиялық зерттеулері және жоңқа пайда болу аймағында деформациялардың таралу сипатының негізінде, РФӨ кезінде пластикалық деформациялау, дәстүрлі кесу заңдылықтарына бағынатындығы орнатылды. Ығысу бұрышы құралдың жұмыс бөлігінің ұзындығы бойынша өзгереді, нәтижесінде жоңқа элементтерінің ығысуы белгілі бір бетке өтеді, ал жоңқаның өзі, өзінің көлденең қимасы бойынша деформацияның ауыспалы дәрежесімен сипатталады.

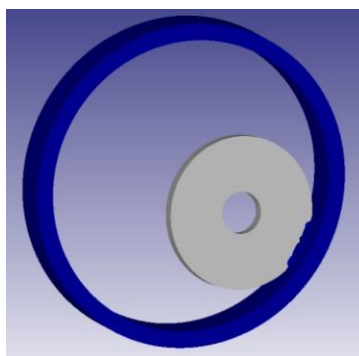
РФӨ үрдісі пластикалық және серпімді деформациялармен, қираумен, үйкеліспен және жылу шығарумен бірге жүретін өңделетін материалдың физика-механикалық қасиеттеріне байланысты өте күрделі құбылыстардың кешені.

Кесу аймағында деформация үрдісі изотермиялыққа жақын деп болжанады, өйткені деформация аймағында бөлінетін жылу деформация кезінде осы аймақтан, металдың іргелес аймақтарына толығымен шығарылады және деформацияланатын қабаттардың қызуын тудырмайды.

Жоғарыда келтірілген болжамдарды нақтылау үшін DEFORM-3D -де АЭ модельдеуді қолдана отырып, өңдеу процесінде дайындамадағы кернеулі-деформацияланған күйін және температураның таралуы бойынша зерттеу жүргіземіз.

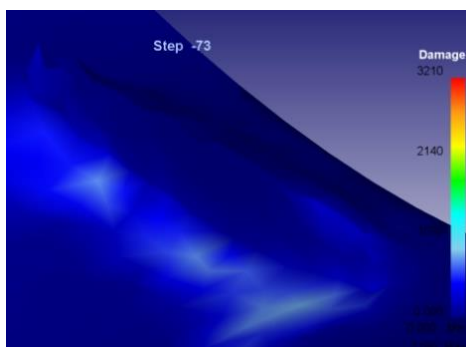
Модельдеу үрдістің "ішіне" қарауға мүмкіндік береді, пайда болатын кернеулер мен деформацияларды бағалауға, ақаулардың пайда болуын болжауға, сонымен қатар үрдістің жақсы жүруі үшін құрал мен дайындаманың оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Үш өлшемді ротационды-фрикциялық тостағанды кескіш дайындама температурасының изотопты таралуын алу үшін, сегмент түрінде дайындамамен өзара әрекеттесу кезіндегі құрастыру әдісі, сондай-ақ кернеулі-деформацияланған күйі егжей-тегжейлі [119] жұмыста сипатталған, ал ол болса [120,121,122] жұмыстарында келтірілген әдістерге негізделген.

РФӨ үрдісіндегі жоңқаның пайда болу 4.2-суретте келтірілген, көріп тұрғанымыздай жоңқа түрі иірімелі (болат 45) [112,10 б.].



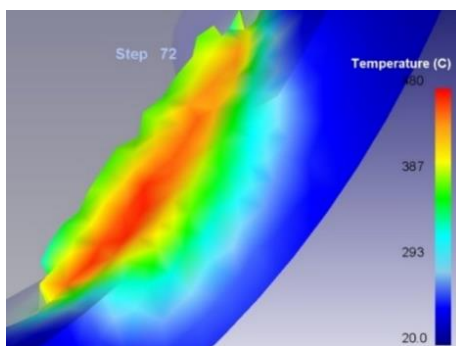
Сурет 4.2 – Құралдың дайындамамен 1,0 мм-дегі кесу тереңдігі кезіндегі өзара әрекеттесуі

Қашау кезіндегі жоңқаның пайда болуы 4.3-суретте көрсетілген



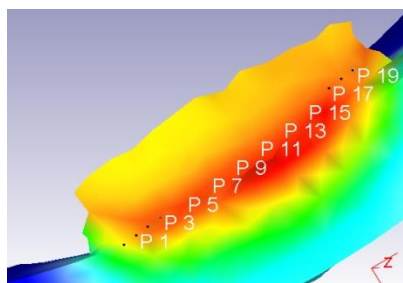
Сурет 4.3 – Қашау кезіндегі жоңқаның пайда болуы

Дайындамада температураның таралуы 4.4-суретте көрсетілген.



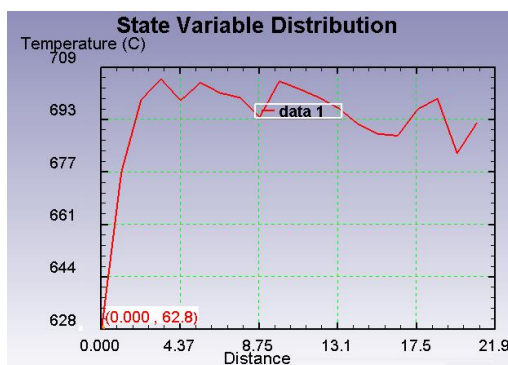
Сурет 4.4 – Дайындама температурасының таралуы 1,0 мм-дегі кесу тереңдігі кезінді (болат 45)

Жоңқаны зерттеу аумағы 4.5-суретте көрсетілген.



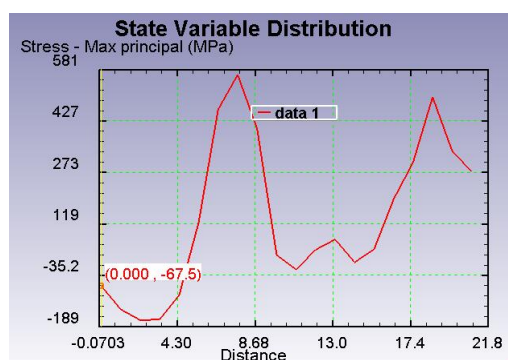
Сурет 4.5 – Жоңқаны зерттеу аумағы

Температураның жоңқа ұзындығына тәуелділігі 4.6-суретте көрсетілген.



Сурет 4.6 – Температураның жоңқа ұзындығына тәуелділігі

Жоңқа ұзындығы бойынша кернеу күйі 4.7-суретте көрсетілген.



Сурет 4.7 – Жоңқа ұзындығы бойынша кернеу күйі

Өңдеу үрдісін модельдеу нәтижесінде (болат 45) дайындамада температураның таралуы және кернеулі-деформацияланған күй алынды [112, 12 б.]. Жоңқаның пайда болу аймағында және жоңқа бетінің бүкіл ұзындығы бойынша температураның таралуы зерттелді. Ол үшін жоңқаның пайда болу аймағы P1 P3 P5 нүктелерімен және т.б. нүктелермен белгіленді (4.6-сурет)

жоңқаның ұзындығы бойынша температура $630\div 700^{\circ}\text{C}$ аралығында болатынын байқауға болады. Температураның орташа мәні $\approx 660^{\circ}\text{C}$ құрайды, бұл болат 45 үшін қайта кристалдану температурасынан аспайды (4.6-суретті қараңыз). Ал максималды температура жоңқаның пайда болу аймағына жақын және $\approx 700^{\circ}\text{C}$ құрайды [112,12 б.].

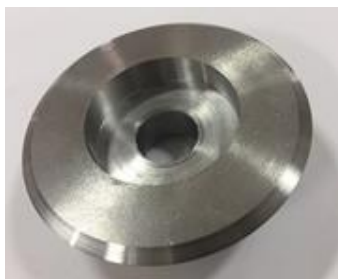
Кесу аймағындағы жоңқаның пайда болуы күштердің әсерінен кесу аймағында пайда болатын кернеулерге байланысты екені белгілі [123], өйткені бұл үрдіс жоңқаның ығысу жазықтығында сыни ығысу кернеулеріне жеткен кезде ғана мүмкін болады. Жоңқаның ұзындығы бойынша кернеулі күй (4.7-сурет) графигінен көрініп тұрғандай,кернеудің максималды мәні 581 Мпа жетеді. Бұл материалдың бұзылуы үшін жеткілікті, өйткені болат 45 тың беріктігі 470 МПа 620 МПа аралығында болады.

РФӨ кезіндегі жоңқаның пайда болу процесі серпімді және пластикалық деформациялар пайда болатын күрделі физикалық процестердің бірі болып табылады, сонымен қатар бұл процесс үлкен үйкеліс, жылу бөлу, өсу, жоңқаның бұйралануы және шөгуі, металдың деформацияланған қабаттарының қаттылығының жоғарылауы және кесу құралының тозуы. РФӨ үрдісінің физикалық мәнін ашып, олармен бірге жүретін құбылыстардың себептері мен заңдылықтарын анықтау үшін қосымша эксперименттік және теориялық зерттеулер жүргізу қажет. Бұл мәселені дұрыс шешу айналмалы үйкеліс кесу үрдісін ұтымды басқаруға, оны өнімді және үнемді етуге мүмкіндік береді, жақсы өңделген беттерді алуға және бөлшектерді жасауға мүмкіндік береді.

4.2 Термофрикциялық фрезалап-жону кезінде дайындаманың беткі қабатының жылулық күйін модельдеу

Үйкеліс жоңғышының тозуға төзімділігін арттыру үшін STOODY M7-G материалымен балқытып қапталып үйкеліс жоңғыш жасалды [106].

Термофрикциялық фрезалап-жону кезінде дайындаманың беткі қабатының жылулық күйін модельдеу Шеров К.Т. жетекшілігімен магистрант Мусаева М.М. қатысуымен орындалды. 4.8-суретте STOODY M7-G материалымен балқытылып қапталған үйкеліс фрезасының суреті көрсетілген.



Сурет 4.8 – STOODY M7-G материалымен балқытылып қапталған үйкеліс фрезасы

Зерттеу нәтижелері кесу құралының құрылымдық элементтерін жетілдіруге итермелеуі мүмкін, сонымен қатар күш пен тұрақты тәуелділіктерді түсіндіруге және дұрыс қолдануға мүмкіндік береді.

Жоғары беріктігі бар болаттарды дәстүрлі кесумен өңдеуде, кесу кезінде өте төмен пластикалық деформация байқалады [13,124,126]. Механикалық жұмыс негізінен серпімді деформацияға және дайындаманың құралдың артқы бетіне үйкелуіне жұмсалады. Бұл материалдарды өңдеу кезінде шор, әдетте, болмайды. Осы себептерге байланысты құралдың тозуы өте қарқынды және негізінен артқы бетінде жүреді. Бұл материалдарды өңдеу кезінде механикалық сипаттамалардың жоғары мәндеріне байланысты кесу күшінің үлкен мәндері пайда болады, бұл құралдың төзімділігінің төмендеуіне әкеледі. Термофрикциялық жоңғылау кезінде кесу механизмі қайтакристалдану температурасына жақын жеткілікті пластикалық күйде болып, белгілі бір температура жағдайында ағымдағы қабаттың [127;56, 21 б.] пайда болуына байланысты басқаша жүзеге асырылады. Ағымдағы қабаттың пайда болуы құрал-дайындаманың бетіндегі үйкелістің төмендеуіне, демек, тозудың төмендеуіне және өңделген беттің сапасын жақсартуға әкеледі.

Көміртекті болат өзінің беріктік сипаттамаларын 400°C температураға дейін сақтайтыны белгілі [128]. Бұл мәндер жылдам кесетін болаттар үшін 600°C , қатты қорытпалар үшін $800^{\circ}\text{C} \div 900^{\circ}\text{C}$. Кесілген қабаттың материалының беріксіздену дәрежесі температураның жоғарылауымен үздіксіз жоғарылайды. Кесу кезіндегі құрал мен дайындама материалдарының өзара әрекеттесуін ескере отырып, кесу режимдерін, әсіресе жылдамдықты құрал материалының рұқсат етілген қызу төзімділігіне байланысты таңдалады. Кесу жылдамдығы мен материалдың беріктігі неғұрлым жоғары болса, кесу аймағында температура соғұрлым жоғары болады. Бұл жағдайда кесу қимасы бойынша температураны теңестіру дәрежесінің маңызы зор, яғни температура өрістерінің сипаты және кесу аймағындағы олардың кернеуі.

Өңделетін материалдың қаттылығын арттырғанда кесу кезінде шығарылатын жылу мөлшері артады, сондықтан кесудің рұқсатталған жылдамдығын төмендетеді. Жоғары беріктікті материалдарды кесумен ұтымды өңдеу мүмкіндігін анықтайтын негізгі факторлар: кесу құралының жоғары температурада жеткілікті жоғары беріктікті мен тозуға төзімділікті сақтай отырып, кесілген қабат материалының максималды беріксізденуін қамтамасыз ету, технологиялық жүйенің жоғары қаттылығы мен дірілге төзімділігін жасау, сондай-ақ "құрал-дайындама" байланыс аймағында жылу ағындарын басқару болып табылады.

Осыған байланысты, құралдың геометриялық параметрлерінің және өңдеу режимдерінің термофрикциялық жоңғылау кезінде дайындаманың өңделген бетінің беткі қабатының температуралық өрісіне әсер ету сипаты мен дәрежесін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Модельдеу әдістемесі. Компьютерлік модельдеуге арналған бастапқы деректердің ішінде ең маңыздыларының бірі – өңделетін материалдың механикалық қасиеттері туралы мәліметтер, яғни ондағы деформациялар мен кернеулер арасындағы байланыс. Бұл қасиеттер анықтаушы теңдеумен және күй теңдеуімен сипатталады.

Соңғы элементтер әдісін қолдана отырып, әртүрлі материалдардың пластикалық деформация процестерін зерттеуге арналған жұмыстарда белгілі теңдеу ретінде Джонсон-Кук моделі кеңінен қолданылады.

Джонсон-Кук теңдеуінің коэффициенттері әдістемеге сәйкес арнайы эксперименттер сериясын жүргізу арқылы анықталады [4;111,47 б.;130].

Ол үшін ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) талаптарына сәйкес зерттелетін материалдардан арнайы үлгілер жасалады, олар әртүрлі температурада (25°C, 200°C, 400°C) созылу сынақтарына ұшырайды. А, В, n, m теңдеуінің коэффициенттері сынау барысында алынған шартты беріктік шегі (σ_0), салыстырмалы тарылу (ψ_k) және салыстырмалы деформация (ϵ) зерттелетін материалдың механикалық қасиеттерін ескере отырып, теңдеулер жүйесін шешу арқылы анықталады [4,337 б.].

Бұл теңдеулер жүйесін шешу және коэффициенттерді анықтау үшін арнайы бағдарламалық қамсыздандыру қолданылды. Теңдеу коэффициенттері дайын кестелік деректерден алынды (кесте 4.1).

Кесте 4.1 - Анықталатын теңдеудің коэффициенттері [124, 243 б.]

Дайындамалар	А, МПа	В, МПа	С	n	m
30ХГСА	1680	500	0,5	0,015	1,0
Ст. 45	410	280	0,47	0,0037	1,1

Әдістемеде қираудың геометриялық және физикалық өлшемшарты жүзеге асырылған. Материалды кесу жиегінен бөлетін, геометриялық критерий ретінде, берілген кесу жолын өткеннен кейін құрал торының соңғы элементтерін (СЭ) қайта құру қолданылады.

Бұл критерийді қолдану үлкен пластикалық деформациялар кезінде СЭ бұрмалануын болдырмауға және осылайша есептеу жылдамдығы мен тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Модельдеу кезінде жалпақ деформациялық тізбектегі есептерде қолданылатын соңғы элементтер торының екі өлшемді r -адаптивті қайта құрылуы қолданылды. Explicit-Dynamic (Ansys) бағдарламасында іске асырылған алгоритм, ескі тордың сыртқы шекарасына негізделіп, жаңа тор жасайды. Пластикалық деформацияланатын материалдың қирауының физикалық өлшемі ретінде Джонсон-Кук түрінде жинақталған пластикалық деформация өлшемі қабылданды (4.1) [131,132]:

$$\omega = \sum \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta \varepsilon_f}, \quad (4.1)$$

мұндағы $\varepsilon_f = [D_1 + D_2 \cdot \exp(D_3 \cdot \sigma^*)] \cdot [1 + D_4 \cdot \ln \varepsilon^*] \cdot [1 + D_5 \cdot T^*]$,
 $D_1, \dots, D_5$ - эмпирикалық коэффициенттер (кесте 4.2).

Кесте 4.2 – Дайындамалардың пластикалық қирау деформациясының параметрлері [131,870 б.;132,30 б.]

Дайындамалар	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
30ХГСА	0,54	4,89	-3,03	0,014	1,12
Болат 45	0	1,3	-0,17	0,063	2,8

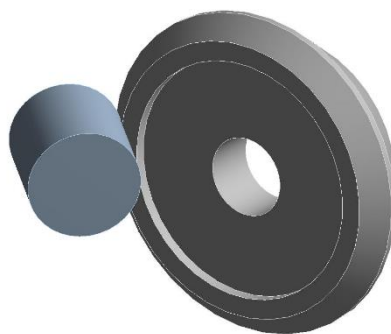
Термомеханикалық мәселелерді шешу кезде шекаралық жағдайлар дайындаманың тірек бетінің қозғалыссыз цилиндрлік бекітуден және орын ауыстыруынан, сондай - ақ дайындаманың Z осі бойымен V тұрақты жылдамдығы мен кесу тереңдігі t бойымен абсолютті қатты құралды мәжбүрлеп айналдырудан тұрды.

Есептеу барысында жылу өткізгіштікті ескере отырып, 3D мәселесі шешілді. Материалдардың қасиеттері 4.3-кестеде келтірілген.

Кесте 4.3 – Материалдың теплофизикалық қасиеттері

Параметрлері	Өлшем бірлігі	30ХГСА	Ст. 45
Тығыздығы, ρ	кг/м ³	7850	7850
Юнг модулі, E	ГПа	215	215
Пуассон коэффициенті, ν	-	0.3	0.3
Меншікті жылу өткізгіштік, c_p	Дж/(кгС)	466	469
Жылу өткізгіштік, λ	Вт/(мС)	39	79
Бастапқы температура, T_t	°С	22	22
Балку температурсы, T_f	°С	1030	1500

Модельдеу үрдісінің сұлбасы 4.9-суретте көрсетілген. Әзірленген әдістемені қолдана отырып, сандық эксперименттер барысында белгіленген өңдеу шарттары 4.4-кестеде көрсетілген [107,61 б.;130,12 б.]. Модельдеу кезінде құрал мен тетік арасындағы түйісу беттерінің үйкелісі көбінесе Show M. C тендеуімен сипатталады.

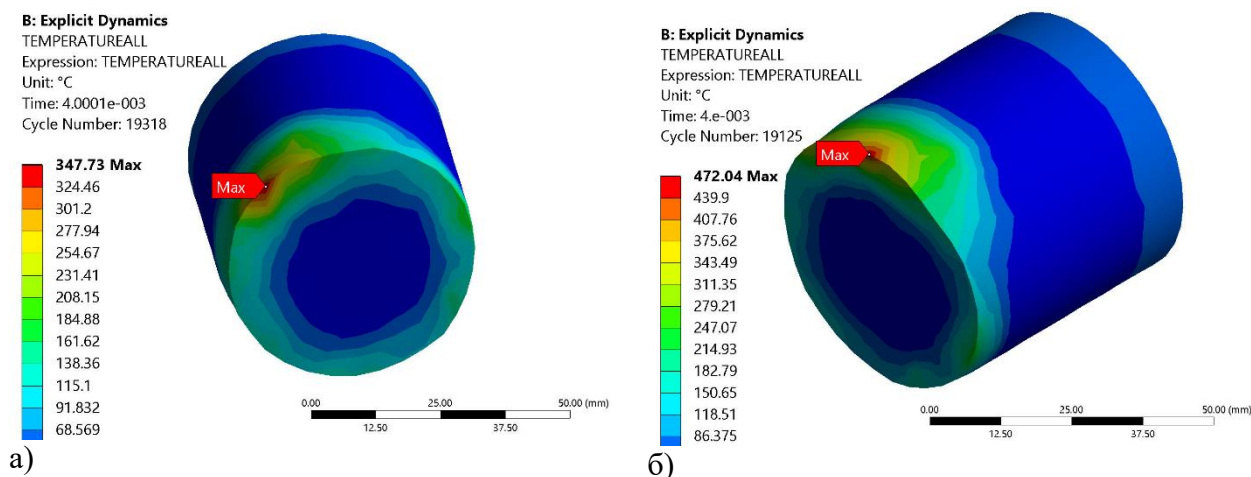


Сурет 4.9 – Модельдеу үрдісінің сұлбасы

Кесте 4.4 – Сандық эксперименттердің шарттары

Өзгермелі факторлар	Тұрақты факторлар
$V=20, 60, 120, 180$ м/мин $n_{\text{шп}}=100, 400, 800, 1000$ айн/мин	$D_{\text{құрал}}=148\text{мм}$, $D_{\text{дайын}}=100\text{мм}$, $t=1,0\text{мм}$, $\beta_y=15^0$

Модельдеу нәтижелері және оларды талқылау. Қиын өңделетін материалдардан жасалған дайындамаларды термофрикциялық жоңғылау кезінде кесу аймағының көлеміндегі температураның таралуы 4.10-суретте көрсетілген [107,58 б.].

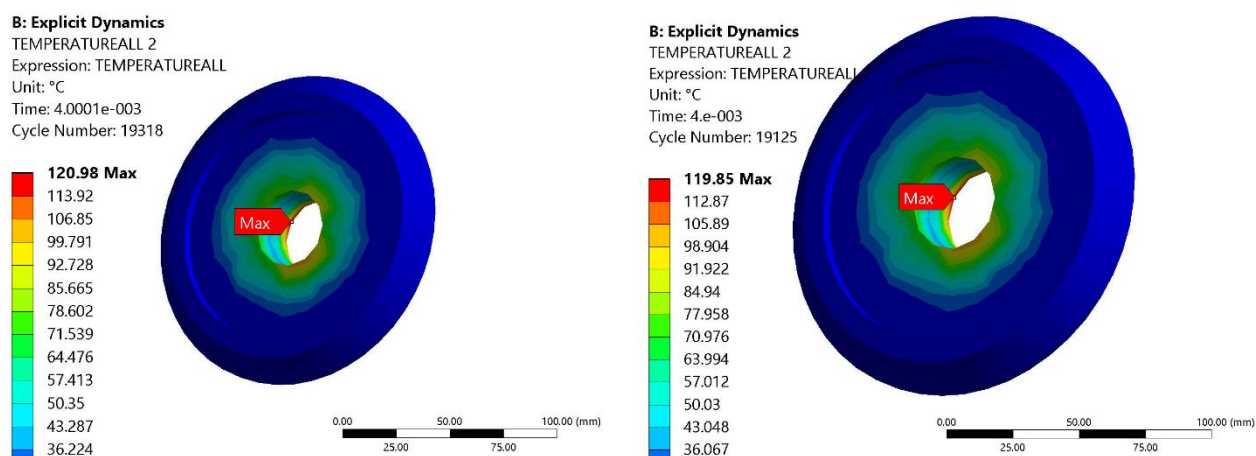


а – болат 45 тен дайындама, б – 30ХГСА болаттан дайындама

Сурет 4.10 – Дайындама бойынша температураның таралуы

Болат 45 материалын өңдеу кезінде температураның таралуы жоғары екендігі байқалады. Екі жағдайда да байланыс қабатындағы максималды температура қайта кристаллизация температурасынан аспайды.

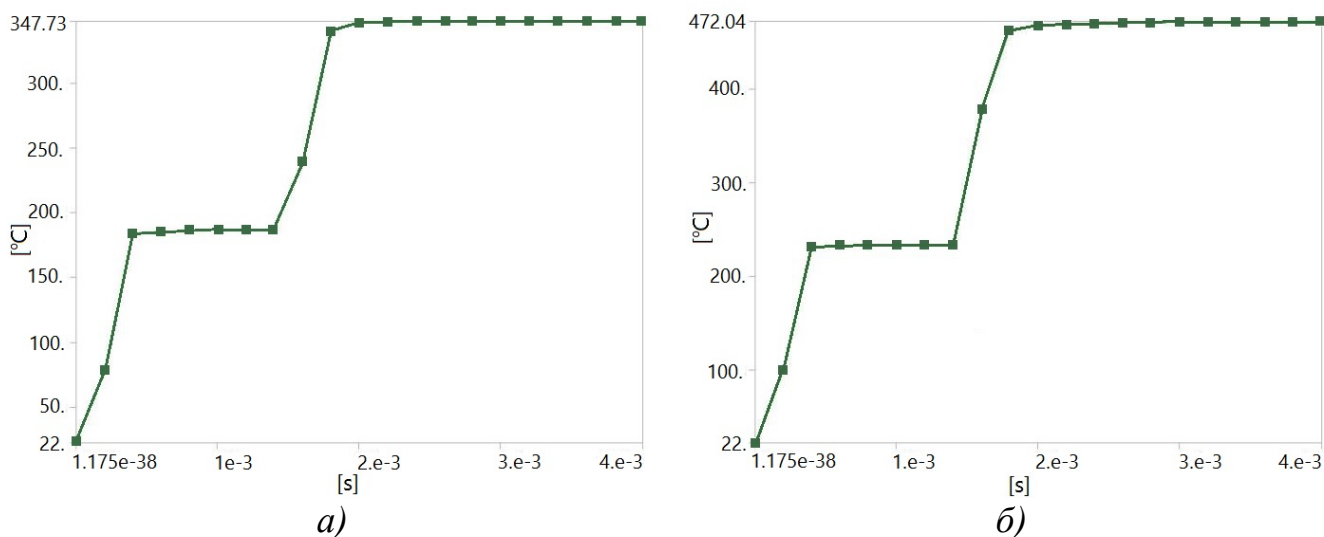
Төменде кесу құралы көлемінде температураның таралуы көрсетілген (4.11-сурет).



а – болат 45ті өңдеу кезінде, б – 30ХГСА болатты өңдеу кезінде

Сурет 4.11 – Кескіш дискінің бойымен температураның таралуы

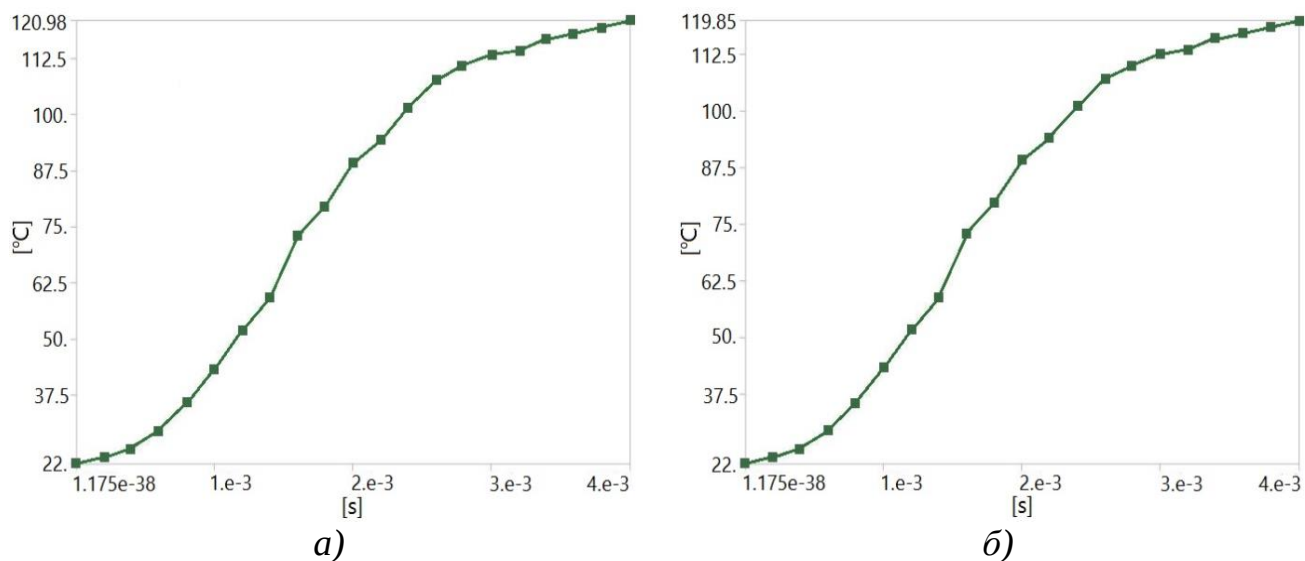
Жоғарыда көрсетілген суреттер температураның таралуы бойынша айқын, бірақ толықтай өзгерістің сипатын бермейді. Осыған байланысты термофрикциялық өңдеу кезінде дайындамалар мен кесу құралдарыдың бойымен температураның өзгеру графиктері алынды (4.12 және 4.13 суреттер) [107,59 б.; 130,19 б.].



Сурет 4.12 – Термофрикциялық жоңғылау кезінде дайындамалардың бойымен температураның өзгеру графиктері

Құралдың өңделетін материалға кірекесу кезінде температура 200°C және 250°C шамаларына дейін тез артады (сурет 4.12, а және б).

Одан кейін, белгілі бір уақыт аралығында тұрақты болып, күрт сызықтық ұлғайюға барады. Сонан соң өз мәнін сақтайды. Айта кету керек, температураның соңғы мәні тұрақты және қайта кристалдану температурасынан аспайды, бұл ҚарТУ зертханалық жағдайында өңделген беттің жоғары сапалы көрсеткіштерін көрсетеді.



Сурет 4.13 – Термофрикциялық жонғылау кезінде кесу құралының бойымен температураның өзгеру графиктері

Кесу құралының бойымен температураның өзгеруі мен мәні практикалық жағынан бірдей $\approx 120^{\circ}\text{C}$ екені 4.13-суреттен анық [107,62 б.].

Кесу аймағы мен кескіш құралдың жиегінің түйісу бетінде таралған температураның тұрақты мәні, өңделген беттің жоғары дәлділігі мен сапасымен шартталады және материалдың механикалық қасиеттерін өзгертпейді. Сонымен қатар, термофрикциялық жонғылаудың қанағаттанарлық өңдеудің негізгі шарттары болып, технологиялық жүйенің максималды қаттылығы мен дірілге төзімділігі, кескіш құралдың мұқият қайралуы және оның жұмыс беттерінің тазалығын қамтамасыз ету болып табылады.

Оңтайлы өңдеу режимдерін таңдаған кезде, берілген жонғылау әдісі тегістеу кезіндегідей өңдеудің дәлдігін және кедір-бұдырлығын, сонымен бірге беттің жақсы сапасын қамтамасыз етеді, демек, өндірілген тетіктердің ұзақ мерзімділігі мен сенімділігін арттырады.

Бұл тегістеуге тән күйік, құрылымдық түрлендіру, абразив бөлшектерімен беттік қабатты шаржылау сияқты ақаулардың болмамуымен сипатталады.

4.3 Балқымаланған беттерді өндеу кезінде жылулық процестерді математикалық үлгілеу

Қазіргі заманғы машина жасау үнемі жауапты тетіктердің беткі қабатының сапасына қойылатын талаптарды арттырады, бұл беттік қабаттың сырт пішінін жасау процесін басқарудың жаңа тәсілдері мен әдістерін одан әрі әзірлеуге әкеледі. Қазіргі уақытта машина жасау тетіктерін жөндеу және қалпына келтіру үшін негізінен қорғаныс орталарында көп электродты пісіру және балқыту әдістері қолданылады. Тетіктердің номенклатурасы топсадан, айкартопса біліктерінің айқастырмасынан бастап, құрал жабдықтарға және қалыптарға дейін әртүрлі.

Пластикалық күйдегі механикалық өндеу процестерімен біріктірілген әдістер, сондай-ақ балқытылған металлдың құрамы мен құрылымын басқару тәсілдері электродтар мен қоспалайтын материалдар комбинацияларын қалыптастыру есебінен металды қоюлатылған энергия ағыны (доға) арқылы оны жалату кезінде тасымалдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді [36,102 б.;133,134]. Аталған процестерді қарқындалу үрдісі соққы жүктемелерін қолдану, энергияның концентрацияланған ағындарымен (ЭКА) өндеудің әртүрлі тәсілдерін біріктіру, негізгі және қосымша материалдар ретінде ұнтақ және наноматериалдарды қолдану есебінен қол жеткізіледі. Дыбыс және ультрадыбыстық диапазон жиілігінің серпімді тербелістері, дірілмен өндеу, жоғары жиіліктегі токтар, лазерлік, электрондық сәуле шығару сияқты электрофизикалық өндеу әдістері кеңінен қолданылады. Ұсынылатын технологияларға қарамастан, материалдар құрылымы сапасының айтарлықтай өсуіне, яғни бұйым қасиеттерінің кешені деңгейіне де жылу шөгуінің және балқытылған металдан жылу жұмсау динамикасымен байланысты кристалдану процесі параметрлерінің тұрақты өзгеруіне, электродтың материалымен қалыптасатын балқытпаның химиялық құрамының өзгеруіне, қоспалы материалға және балқытпаға ауысатын бұйымның негізгі металына байланысты қол жеткізілмейді. Жіктің құрылымы жылу беру, диффузия, балқытпаның қызып кетуден салқындатуға тез өту фонында қорытпаның компоненттері арасындағы химиялық әрекет ету процестері арасындағы теңгерім нәтижесінде қалыптасады. Сонымен қатар, кристалдану процесінің сапалық және сандық көрсеткіштері, тіпті қымбат материалдар мен жабдықтарды қолдану жағдайында да, технологиялық процесті іске асыру нәтижелеріне, өте кең ауқымда әсер етуіп, өнімді ақауға дейін де апаруы мүмкін. Ультрадыбыспен өндеу, энергияның концентрацияланған ағындарымен (ЭКА) өндеу процесінде балқымаларға қосымша термиялық әсер ету, мәжбүрлі қалыптау және біріктірілген механикалық өндеу (мысалы, фрикциялық) процестерін қолдану сияқты біріктірілген технологияларды пайдалану кезінде неғұрлым тиімді нәтижелерге қол жеткізуге болады.

Пісіру мен балқытуда жік аймағы мен тікелей жік металының жанында олардың қыздыру, салқындату және кристалдану кезіндегі жылу әсерінің

кезеңділігіне байланысты құрылымның түзілуі ерекше маңызға ие [36,103 б.;133, 482 б.;134,109 б.]. Көп жағдайларда бұйымға негізгі технологиялық әсер ету мерзімділігі негізгі материалда дәнекерлеу және балқыту кезінде температураның өсу градиенттерін төмендету үшін бетті алдын ала қыздыру, салқындату жылдамдығын төмендету үшін термостаттарда кейіннен жылыту немесе салқындату, кристалдану процесінде балқытылған металға периодтық жылу әсері, балқытылған металдың құрылымын ұсақтау мақсатында кезеңдік электромагниттік және ультрадыбыстық әсер ету сияқты кезеңдік қосалқы технологиялық әсерлермен, дәнекерленген өнімнің дірілін пайдалану; электродтар мен қоспаларды импульстік берілісімен өтеледі және т. б. Пригожин принципі негізінде – өзгермейтін жылдамдықпен өтетін, тепе-теңсіз физика-химиялық процестер үшін қолданылатын энтропияның ең аз өндірісі, гетерогенді тізбекті кристалданудың басымдылығы туралы айтуға болады, ол көлемді гомогенді қатаюмен салыстырғанда энергетикалық жағынан тиімдірек болып табылады, сондай-ақ бәсекелес екі механизмнің өзара әрекеттестікте және гетерогенді кристалдаудың басымдылығы туралы да айтуға болады. Фазалар бөлігінің шекарасында және дәнекерлеу-балқыма шомылғының балқыма көлемінде, пісіру немесе балқыма тігісінің салқындату және кристалдану процесі шеңберінде, бөлу диффузиясы мен салқындаудың бір жағынан тозуы процесінде фаза аралық шекара аймағындағы химиялық құрамының өзгеруіне, мысалы, шомылықтың артқы бөлігіне жапсырма материалды екінші жағынан енгізуге байланысты әртүрлі болуы мүмкін.

Сондай-ақ фаза аралық шекарада кристалдану кезінде балқудың жасырын жылуы көлемінде жылудың бөлінуін, сонымен қатар кристалдардың белсенді өсу аймағындағы балқымалардың нақты артық салқындату төмендететінін ескеру қажет. Бұл гетерогенді және гомогенді кристалдану үшін тән. Дәнекерлеу-балқыма шомылғының балқымасын кристалдау процесінің маңызды айырмашылығы, тұнба материалдарын берумен, химиялық элементтердің қорғаныс ортасынан өтуімен, доға арқылы өту кезінде балқыма компоненттерінің жануымен, шомылықтың балқымасындағы металлургиялық процестердің қысқа уақытқа созылуына байланысты химиялық өзара әрекеттесудің реакцияларының аяқталмауымен байланысты кристалдану саласындағы балқыманың химиялық құрамының тұрақсыздығы болып табылады. Кристалдардың өсу аймағындағы балқыманың бірқатар компоненттері оның өсуі мен төмендеуі жағына қарай тепе-тең емес өтімділіктің жағдайын өзгертеді.

Осылайша, беттің сырт пішінін басқару және бөлшектерді балқымамен қалпына келтіру кезінде берілген қасиеттерді қалыптастыру өте күрделі және өзекті мәселе болып табылады.

Балқытудан кейін тетіктерді механикалық өңдеудің технологиялық процесі негізінен қатты материалдардан жасалған тілімше бар кескіштермен токарлық өңдеуді, сондай-ақ алдын ала және таза ажарлау операцияларын қамтиды. Әдетте,

мұндай бөлшектерді өңдеу, өңделетін материалдың жоғары қаттылығына байланысты белгілі бір қиындықтарға тап болады. Жекелеген жағдайларда термоөңдеу (босату) қолданылады, содан кейін кесу құралдарының жеткілікті төмен төзімділігі кезінде жону немесе жоңғылау мүмкін болады.

Энергияның бірнеше түрін біріктіретін [36,103 б.;135,18 б.;3,98 б.] жаңа технологиялар осындай күрделі көп өлшемшартты мәселені шешу кезінде ең тиімді болуы мүмкін.

Бұл әдістерге жоғары жылдамдықты кесу үйлесімінде фрикциялық өңдеу жатады. Тетіктің қалпына келтірілген бетін үйкеліс дискісімен жылытып, алдын ала өңдейді, содан кейін соңғы өңдеу жоғары жылдамдықпен кесетін құралмен жүргізіледі. Сондай-ақ, аз жылдамдықты термофрикциялық кесудің, кесу механизміне негізделген аралас өңдеу әдістері [136,5,6,7] перспективті болып табылады, мысалы, көплезвиялық айналу жонулар [137,138], ротацонды-фрикциялық жону [139,140], кесіндіні термофрикциялық жоңғылау [141,142].

Осы өңдеу тәсілдерінің негізгі артықшылығы аспаптық емес материалдардан жасалған кескіш құралдарды қолдану есебінен, орындалатын өңдеу операцияларының жоғары дәлдігі мен сапасын қамтамасыз етіп, кескіш құралдың өзіндік құны арзан болып табылады. Сондай - ақ, оңтайлы кесу режимдерін дұрыс таңдағанда, ұсынылған тәсілдермен өңдеу финиш-ажарлау операциясын қолдану қажеттілігін болдырмайды.

Оңтайлы жағдайлар мен өңдеу режимдерін қамтамасыз ету үшін кесу аймағында оңтайлы температураны қамтамасыз етуге ұмтылу қажет [36,104 б.; 143]. Құралдағы және бөлшектегі жылу процестерінің ұсынылған математикалық моделі есептік жолмен жанасатын денелердегі температураны анықтауға және оңтайлы мәндерге жақын мәндерді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Үйкелістік өңдеу кезінде жылу әсерінің процесі анықталмаған және орныққан екі режиммен сипатталады. Анықталмаған режим тетік пен құрал өзара әрекеттесе бастаған кезде өңдеудің басында орын алады. Жылуфизикалық процестердің математикалық моделін әзірлеу үшін процесті схемалау қажет.

Схемалауды ескере отырып, бөлік жарты кеңістік түрінде ұсынылуы мүмкін, оның бетінде ұзындықтың сызықты жылу көзі B , қарқындылығы q_1 , S_m жылдамдығы екінші типтегі шекаралық шарттармен қозғалады [36,104 б.;144]:

$$q_1 = \varphi(x, y, z, \tau) = 0, \text{ яғни жылу ағынының таралу заңы белгілі.}$$

Бастапқы шарт:

$$f_0(x, y, z) = \Theta_0$$

мұндағы Θ_0 – қоршаған ортаның температурасы, ($\Theta_0 = 20^\circ\text{C}$).

Температураны есептеу формуласы:

$$\theta(x, z) = \frac{q_1}{\pi\lambda} \exp\left(-\frac{S \cdot z}{2\omega}\right) K_0\left(\frac{S}{2\omega} \sqrt{x^2 + z^2}\right) \quad (4.1)$$

Фрикциялық диск 90 бұрышымен ұсынылған, оның жиегінде қозғалмайтын, сызықтық, үздіксіз жұмыс істейтін қ2 қарқындылығы бар жылу көзі әрекет етеді.

$$\theta(x, z, \tau) = \frac{q_2}{4\pi\lambda_1} \left(-E_i \left[\frac{R^2}{4\omega_1\tau} \right] \right) \quad (4.2)$$

мұндағы $R^2 = x^2 + y^2$; $\tau = L_0/S$;

L_0 – өңделетін беттің ұзындығы, м;

S – беріс м/с; q_1 – жоңқада әрекет ететін көздің жылу бөліну тығыздығы, Вт/м²;

E_i – Эйлер функциясы;

x, z – зерттелетін нүктенің координаттары, м;

ω_1 – диск материалының температуралық өткізгіштік коэффициенті, м²/с;

λ_1 – диск материалының жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/м^{°С};

τ – көздің әрекет ету уақыты, с.

Жылу көзі сынаның шыңында орналасқандықтан, онда жылу режимі көрсетілген көздердің әрекетін ескере отырып, түрінде жазылуы мүмкін [36, 104 б.]:

$$\theta(x, z, \tau) = \frac{q_2}{\pi\lambda_1} \left(-E_i \left[\frac{R^2}{4\omega_1\tau} \right] \right) \quad (4.3)$$

Жылу бөліну тығыздығын анықтау үшін q_1 және q_2 бөлшекке және үйкеліс дискіге түсетін жылу мөлшерін анықтайтын жылу балансының есебін шешу қажет. Тепе-теңдік мәселесін шешу үшін төрт дененің шекаралық шарттары қолданылады, оған сәйкес екі дененің түйісу аймағында орташа немесе максималды температура тең болады.

Белгілеуді енгіземіз:

$$\psi_1 = \frac{1}{\pi\lambda} \exp\left(-\frac{S \cdot z}{2\omega}\right) K_0\left(\frac{S}{2\omega} \sqrt{x^2 + z^2}\right) \quad (4.4)$$

$$\psi_2 = \frac{1}{\pi\lambda_1} \left(-E_i \left[\frac{R^2}{4\omega_1\tau} \right] \right) \quad (4.5)$$

Температураны есептеу қажет нүктелердің координаттары бетінде жатыр,

яғни $x=0$. $Z=0$ координаты бар нүктеде Эйлер мен Бессель функциялары шексіздікке ұмтылады, сондықтан $z=0,05$ қабылдайды.

(4) және (5) формулаларды ескере отырып, теңдеулер жүйесі келесі түрде болады:

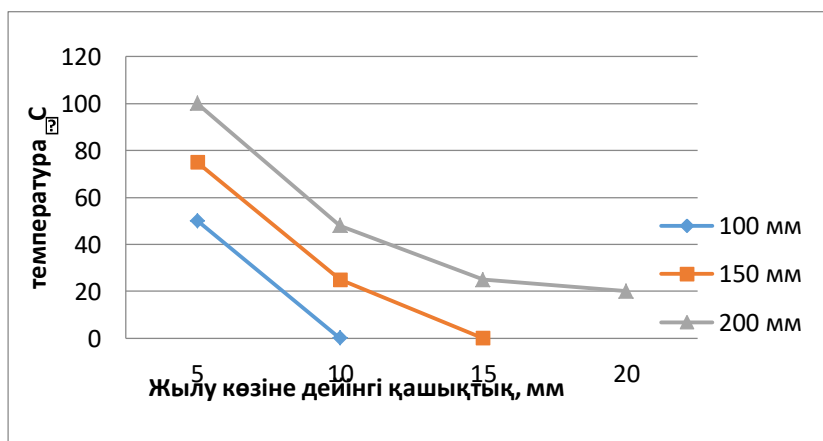
$$\begin{cases} q_1 B + q_2 \pi D = P_z V \\ \psi_1 q_1 = \psi_2 q_2 \end{cases} \quad (4.6)$$

Теңдеулер жүйесін шеше отырып, q_1, q_2 есептейміз, сәйкесінше тетіктің және үйкеліс дискісінің температурасын есептеу үшін жылу үлесін анықтаймыз:

$$q_1 = \frac{P_z V}{\left(B + \frac{\psi_1 \lambda_2}{\psi_2 \lambda_1} \pi D_{\phi p} \right)} \quad (4.7)$$

$$q_2 = q_1 \frac{\psi_1}{\psi_2} \quad (4.8)$$

4.14-суретте дискінің қыздыру температурасының жылу көзіне дейінгі қашықтықтағы тәуелділік графигі келтірілген [36,105 б.].



Сурет 4.14 – Дискінің қыздыру температурасының жылу көзіне дейінгі қашықтықтағы тәуелділік кестесі

Аспаптың диаметрі $D = 500$ мм болған кезде $V = 10$ м/с кесу режимдерімен, $S = 60$ мм/мин жылу балансы сәйкесінше 93% және 7 % құрады. 93% үйкеліс дискісінің денесіне енеді және жылу өткізгіштік арқылы оған шашырайды. Қалған

7% жылу, тетіктің қыздыруға жұмсалады. Жанасатын денелерге түсетін жылу мөлшерінің арақатынасын біле отырып, тетіктің беткі температурасын анықтауға болады және кесу жағдайларын өзгерту арқылы жанасу аймағында оңтайлы температураны қамтамасыз етуге болады. Тәжірибелік жолмен аспаптағы температура өрісі бірқатар факторлармен анықталады [36,106 б.;143,12 б.]: жұмыс уақыты, құралдың және өңделген материалдың термофизикалық және физика-механикалық сипаттамалары; жылу бөлу, байланысатын денелердің өлшемдік сипаттамалары. Үйкеліс дискінің жұмыс уақыты өңделетін беттің ұзындығын және кесу режимін анықтайды. Кесте (1-суретті қараңыз) жылу көзінен шығарылу кезінде температураның күрт төмендеуін сипаттайды. Салыстырмалы жоғары температура $R < 10$ мм қашықтықта сақталады, содан кейін күрт төмендеуі байқалады. Құралдың қызу температурасының максималды мәні бүкіл төзімділік кезеңі ішінде $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан аспады. Дискінің қызу температурасының орташа мәні $70\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$ құрады.

4.4 Орталық саңылауы бар тұрақты қалыңдықтағы дискінің кернеулі күйін аналитикалық есептеу

Орталық тесігі бар тұрақты қалыңдықты айналмалы және біркелкі емес қыздырылған дискінің кернеуін табамыз. Температура радиус бойымен сызықтық түрде өзгеретіндіктен, кернеу теңдеулері келесідей жазылады [145]:

$$\sigma_r = K + \frac{L}{r^2} - \frac{3+\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 \cdot r^2 - \frac{T}{3(r_2 - r_1)} \cdot \alpha \cdot E \cdot r; \quad (4.9)$$

$$\sigma_\theta = K - \frac{L}{r^2} - \frac{1+3\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 \cdot r^2 - \frac{2 \cdot T}{3(r_2 - r_1)} \cdot \alpha \cdot E \cdot r; \quad (4.10)$$

мұндағы K, L – шекаралық шарттардан анықталатын тұрақтылар.

Бастапқы деректер: дискінің сыртқы диаметрі $R=250$ мм, тесік диаметрі $r = 60$ мм, дискінің қалыңдығы $h=20$ мм және бұрыштық жылдамдығы 20000 рад/с. Дискінің сыртқы тізбегіне қысым $p = 0,0102$ кгс/см² (1000 Па) әсер етеді, дискінің ішкі контуры бос деп саналады. Ішкі контурдағы температура $T_1=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ал сыртқы $T_2=1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ және сызықтық заңға сәйкес радиус бойымен өзгереді. Диск материалы – болат, серпімділік модулі – $E=2 \cdot 10^6$ кгс/см², Пуассон коэффициенті – $\mu=0,3$, тығыздығы – $\gamma=7,85 \cdot 10^{-3}$ кгс / см³, сызықтық кеңею коэффициенті – $\alpha=125 \cdot 10^{-7}$.

Осы формулаларға кіретін шамаларды есептейміз:

$$\frac{3+\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 = 1,32 \cdot 10^3;$$

$$\frac{1+3\mu}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 = 760,194;$$

$$\frac{T}{3(r_2 - r_1)} \cdot \alpha \cdot E = 614,035;$$

Осы шамаларды (4.9) және (4.10) формулаларға қойғанда, аламыз:

$$\sigma_r = K + \frac{L}{r^2} - 1,32 \cdot 10^3 \cdot r^2 - 614,035 \cdot r;$$

$$\sigma_\theta = K - \frac{L}{r^2} - 760,194 \cdot r^2 - 1228,07 \cdot r.$$

К және L тұрақтыларды шекаралық шарттардан табамыз:
 $r = R = 6 \text{ см}$ кезінде:

$$\sigma_r = \sigma_{r1} = 0.$$

$r = R = 25 \text{ см}$ кезінде

$$\sigma_r = \sigma_{r2} = -p = -0,0102 \text{ кгс/см}^2.$$

Бұл шарттар келесі екі теңдеуді береді:

$$\begin{cases} 0 = K + \frac{L}{6^2} - 1,32 \cdot 10^3 \cdot 6^2 - 614,035 \cdot 6; \\ -0,0102 = K - \frac{L}{25^2} - 760,194 \cdot 25^2 - 1228,07 \cdot 25. \end{cases}$$

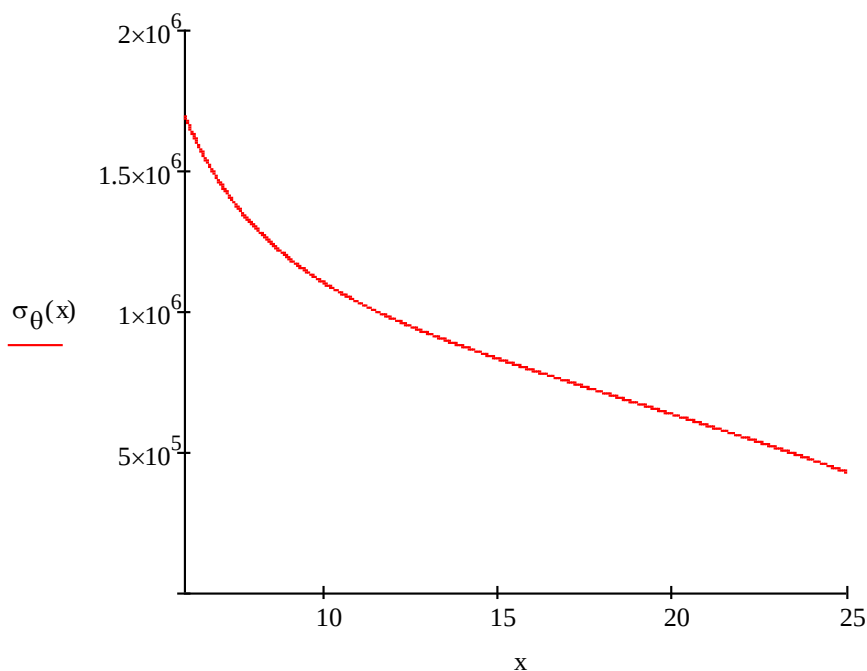
Теңдеулерді есептеп, мәндерді табамыз $K = 8,888 \cdot 10^5$, ал $L = -3,015 \cdot 10^7$.

Нәтижесінде біз r -ден R -ге дейін өзгертін радиусқа ғана байланысты кернеу формулаларын аламыз.

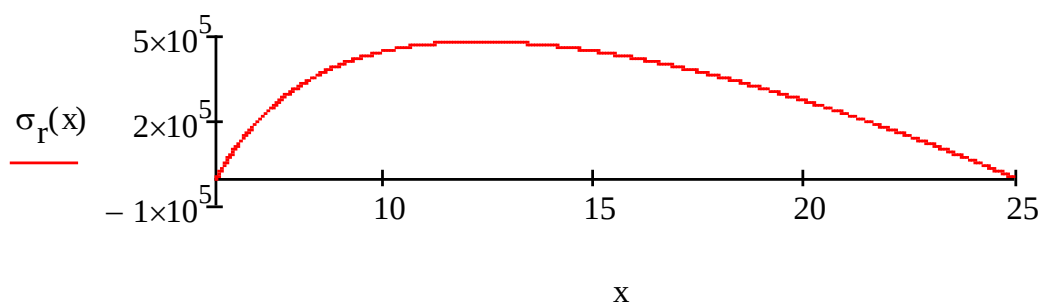
$$\sigma_r(r) = 8,888 \cdot 10^5 - \frac{3,015 \cdot 10^7}{r^2} - 1,32 \cdot 10^3 \cdot r^2 - 614,035 \cdot r;$$

$$\sigma_\theta(r) = 8,888 \cdot 10^5 + \frac{3,015 \cdot 10^7}{r^2} - 760,194 \cdot r^2 - 1228,07 \cdot r.$$

Mathcad бағдарламасында кернеудің радиуска тәуелділігінің келесі графиктерін алуға болады [r; R].



Сурет 4.15 – Тангенциалдық кернеудің радиуска тәуелділік графигі (x=r)



Сурет 4.16 – Радиалды кернеудің радиуска тәуелділік графигі (x=r)

Пластикалық материалдар үшін төртінші теорияға сәйкес беріктік шарты [123,458 б.]:

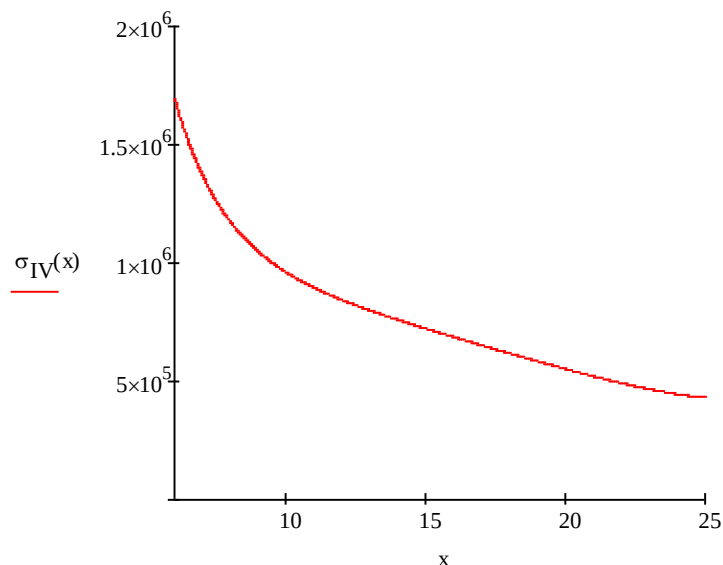
$$\sigma_{эквIV} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}, \quad (4.11)$$

мұндағы $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – негізгі кернеулер.

$\sigma_1 = \sigma_\theta$, $\sigma_2 = 0$, $\sigma_1 = \sigma_r$ орнатылғаннан кейін, онда диск үшін беріктік жағдайы (4.11) келесі түрде жазылады:

$$\sigma_{\text{эквIV}} = \sqrt{\sigma_\theta^2 - \sigma_\theta \cdot \sigma_r + \sigma_r^2}. \quad (4.12)$$

Сондай-ақ, Mathcad бағдарламасында эквивалентті кернеудің радиуска тәуелділігінің келесі графигін аламыз [r; R].



Сурет 4.17 – Эквивалентті кернеудің радиуска тәуелділік графигі ($x=r$)

Біз кернеудің мәндерін бес нүктеде есептейміз және 4.5-кестеге енгіземіз.

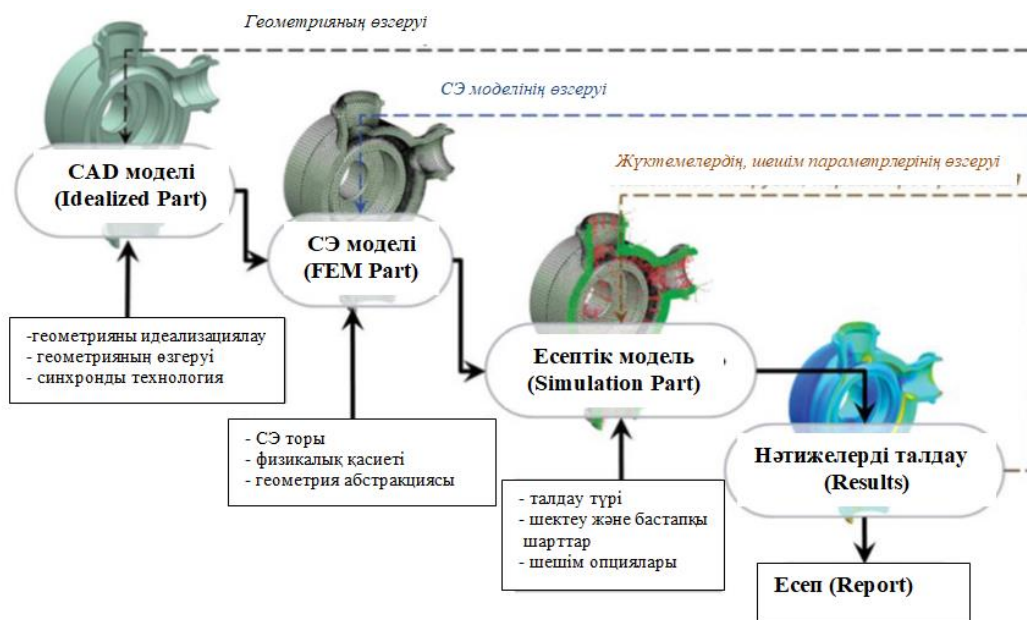
Кесте 4.5 - Бес нүктедегі кернеу мәндері

№	Нүктелердің радиус бойынша орналасуы, см				
Кернеу	6	10	15	20	25
σ_θ , Па	$16,6 \cdot 10^{10}$	$10,81 \cdot 10^{10}$	$8,18 \cdot 10^{10}$	$6,24 \cdot 10^{10}$	$4,23 \cdot 10^{10}$
σ_r , Па	0	$4,4 \cdot 10^{10}$	$4,4 \cdot 10^{10}$	$2,68 \cdot 10^{10}$	-1000
$\sigma_{\text{эквIV}} \cdot 10^{-10}$, Па	$16,6 \cdot 10^{10}$	$9,42 \cdot 10^{10}$	$7,09 \cdot 10^{10}$	$5,42 \cdot 10^{10}$	$4,23 \cdot 10^{10}$

Орталық тесігі бар тұрақты қалыңдықты айналмалы және біркелкі емес қыздырылған дискіде аналитикалық есептеу жүргізілді. Нәтижесінде радиалды, тангенциалды, эквивалентті кернеудің радиуска тәуелділік графиктері алынды. Айта кету керек, бұл әдіс білікке қону кезінде қынақ жағдайын ескеруге мүмкіндік береді.

4.5 Орталық саңылауы бар тұрақты қалыңдықтағы дискінің беріктігін соңғы элементтік есептеу әдістемесі

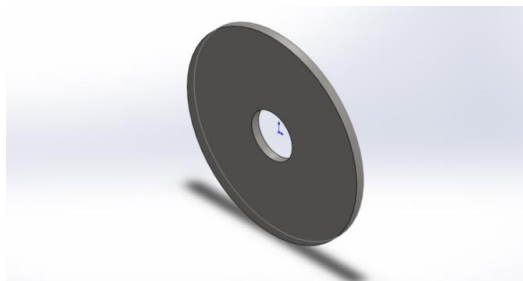
Есептік модельді құру құрылымы мен кезеңдері. SolidWorks Advanced Simulation-да кез-келген СЭ есептеуді орындау кезінде процестің физикасын нақты түсіну керек, өйткені бағдарламалық жасақтама тек пайдаланушы енгізген деректерді және ішкі шешімдерді пайдаланады. Пайдаланушы дұрыс емес тапсырма берген жағдайда, алынған шешім нақты емес немесе дұрыс емес болады. SolidWorks Advanced Simulation-да соңғы элементтер әдісімен конструкцияларды инженерлік есептеу процедурасын шартты түрде бірнеше кезеңге бөлуге болады (4.18-сурет). Сонымен қатар, модельді құру және есептеуді орындау кезінде есептеу моделі туралы белгілі бір мәліметтер типтері бар файлдар жасалады. SolidWorks Advanced Simulation-да тиімді жұмыс істеу үшін белгілі бір файлда қандай деректер сақталатынын және есептеу моделін құру және жұмыс істеу кезінде қандай файл белсенді болуы керек екенін нақты ажырату керек [146].



Сурет 4.18 – Есептік модельді құру кезеңдері

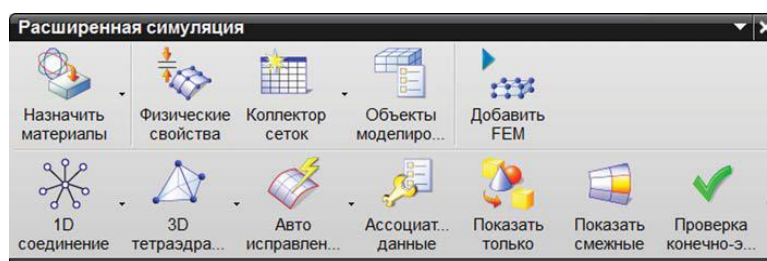
Идеализацияланған геометриялық модель құру (Idealized Part). СЭ әдісін тиімді қолдану үшін дұрыс және қарапайым геометриялық модель жасалуы керек (4.19-сурет). Ол үшін бастапқы геометрияны – мастер-модельді идеализациялау қажет. Есептеу моделінің күрделенуіне әкелетін, бірақ есептеудің күтілетін нәтижелеріне әсер етпейтін, барлық геометриялық элементтерді (технологиялық тесіктер, жұмырлау, қиықжиек) алып тастау ұсынылады. Егер бастапқы геометрияда көрінетін беттік ақаулар болса, онда тиісті геометриялық элементтерді қайта құру керек, ол үшін SolidWorks-та тиісті құралдар бар.

Геометрияны идеализациялау (яғни өзгерту немесе жеңілдету) мастер-модельді өзгергерместен жасалынады. Жүйе автоматты түрде идеализацияланған геометриялық модель жасайды, ол «аты_fem_i.prt» файлға сәйкес келеді. Бұл файл FEM моделінің СЭ файлын немесе SIM модельдеу файлын құрумен бір уақытта жасалады.



Сурет 4.19 – Геометриялық 3d – модель

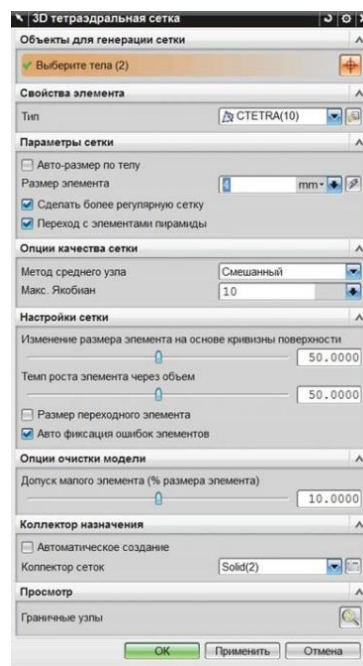
СЭ моделін құру (FEM Part). СЭ моделі үшін «имя_fem.fem» файл жасалынады. Тікелей СЭ торын салумен қатар, берілген файлда материалдардың қасиеттері немесе қабық пен өзек элементтерінің параметрлері сияқты модель бөліктерінің физикалық қасиеттері орнатылады және сақталынады. Құрылған FEM файлындағы геометрия көпжақты, яғни қырлардан, шыңдардан және жиектерден тұрады. Болашақта бұл геометриялық объектідегі элементтердің саны немесе мөлшері, геометрия абстракциясы сияқты тор құрудың мамандандырылған ережелерін белгілеу үшін көпжақты геометрия қолданылады. Бұл жағдайда FEM файлы идеализацияланған геометриямен байланысты, яғни бастапқы немесе идеализацияланған геометрияға өзгерістер енгізілген жағдайда автоматты түрде жаңартылуы мүмкін. SolidWorks қосымшасы кеңейтілген модельдеу (SolidWorks Advanced Simulation) (4.20-сурет) жеке құрылымдық элементтер үшін ғана емес, сонымен қатар бір құрастыруға біріктірілген бірнеше бөлшектер үшін де сандық модельдеуге мүмкіндік береді.



Сурет 4.20 – Кеңейтілген симуляция панелінің командалары (Advanced Simulation), СЭ моделі

Бұл жағдайда есептік құрастырылымның құрылымы (Assembly FEM немесе AFEM) есептеу моделінің құрастырымынан сәл өзгеше. (Соңғы элементтік құрастыру моделін құру үшін әр бөліктің СЭ модельдері алдын-ала жасалады, содан кейін AFEM құрастыру моделі жасалады, онда барлық СЭ бөлшектері модельдері бір құрастырылымға біріктіріледі. Сонымен қатар, жеке бөлшектердің модельдерін құрастыру кезінде бір-біріне қатысты орналастыру CAD құрастырудағы бастапқы жағдайына сәйкес автоматты түрде жүреді. Бастапқы CAD құрастыру болмаған жағдайда, жеке бөліктердің үлгілерін қолмен атқару үшін арнайы құралдарды қолдануға болады.

Таңдалған денелерде 3D тетраэдрлік соңғы элементтерді құру үшін 3D тетраэдрлік тор (3D Tetrahedral) диалогты терезесін шақырып, бірқатар қажетті параметрлерді көрсету қажет (4.21-сурет):



4.21-сурет – Тетраэдралды торды құру

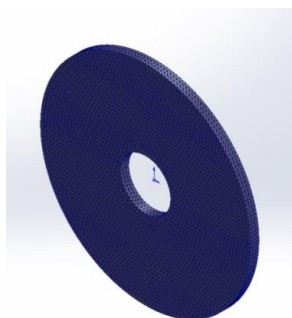
- *денелерді таңдаңыз (Select Bodies)* – элементтерге бөлінбеген денелерді таңдау керек;

- *түрі/Type (Элемент қасиеті/Element Properties)* – элемент түрі қойылады, мысалы, CTETRA(10) квадратты тетраэдрлік;

- *элемент өлшемі (Element Size)* – таңдалған өлшем бірлігі үшін элементтік сипаттық өлшемі енгізіледі;

- *тағайындау Коллектор (Destination Collector)* тобында тізімнен бар коллектор немесе автоматты коллектор құру опциясы (*Автоматты құру (Automatic Creation)*) жалауша қойыңыз немесе ағымдағы диалог терезесінен шықпай *Жаңа коллектор (New Collector)* жасалады.

Есептік модельді құру (Simulation Part). SIM файлы тапсырма қою бойынша ақпараттан құралған. Яғни, осы кезеңде дамыған СЭ моделі үшін шекаралық және бастапқы шарттар, мүмкін болатын байланыс өзара әрекеттесу шарттары, талдаудың бір немесе бірнеше түрлері, сондай-ақ шешуші опциялар анықталады. Жасалған симуляция файлы «аты_sim.sim» құрастырымның барлық сипаттамалық параметрлері мен қасиеттерін, есептеу жағдайларын, шешім түрі, шешім қадамы, модельдеу нысандары (байланыс шекаралық шарттары және т.б.), жүктемелер, шектеулер, физикалық қасиеттер кестелерін қайта жазу кезінде жасалған физикалық қасиеттерді қамтиды. Бір FEM файлымен байланысты бірнеше SIM модельдеу файлдарын жасау мүмкіндігі бар.



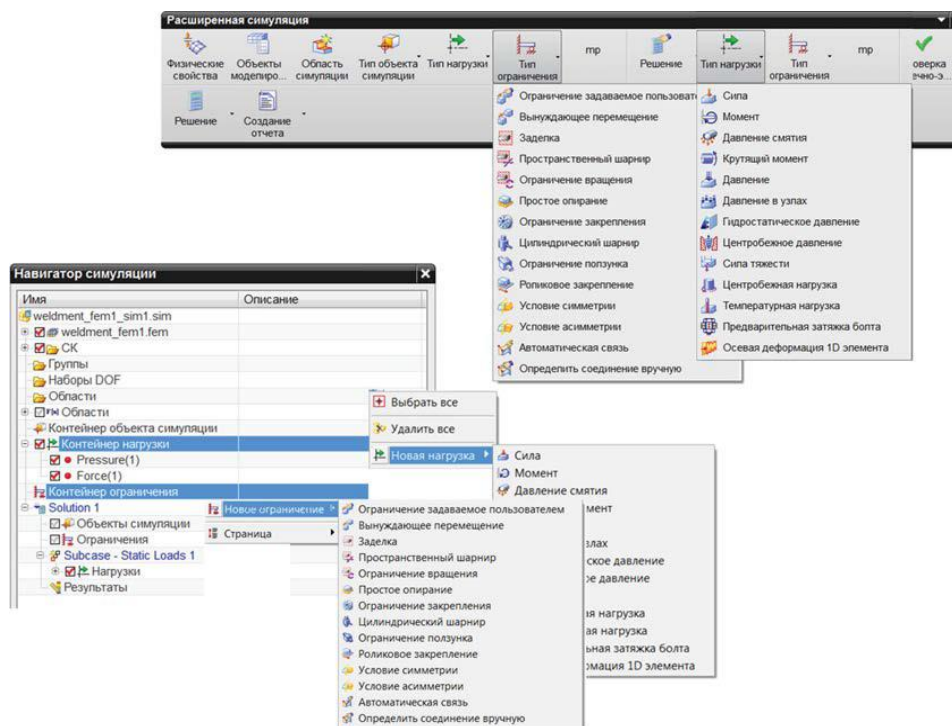
Сурет 4.22 – 3D тетраэдрлік торды қолданғаннан кейінгі тетік

Шекаралық шарттарды белгілеу кезінде барлық параметрлер мен опциялар интерактивті және таңдалған шешім мен шешім түріне сәйкес іске қосылады. Шешім жасалғанға дейін де, одан кейін де шекаралық жағдайлар жасауға болады. Егер алдымен шешім жасалса, онда жүктемелер, шекаралық жағдайлар және модельдеу объектілері тиісті контейнерлердегі Симуляция навигаторында (Simulation Navigator) сақталады: *жүктеме контейнері (Load Container)*, *шектеу контейнері (Constraint Container)* және *модельдеу нысандарының контейнері (Simulation Object Container)*. Жасалған нысандар белсенді шешімнің тиісті контейнерлерінде де сақталады. Егер алдымен жүктемелер, шектеулер және т.б. жасалса, олар тек Симуляция навигаторының (Simulation Navigator) қосымша контейнерлерінде сақталады. Содан кейін оларды тінтуірдің көмегімен жасалған шешімдер мен есептелген жағдайларға апаруға болады.

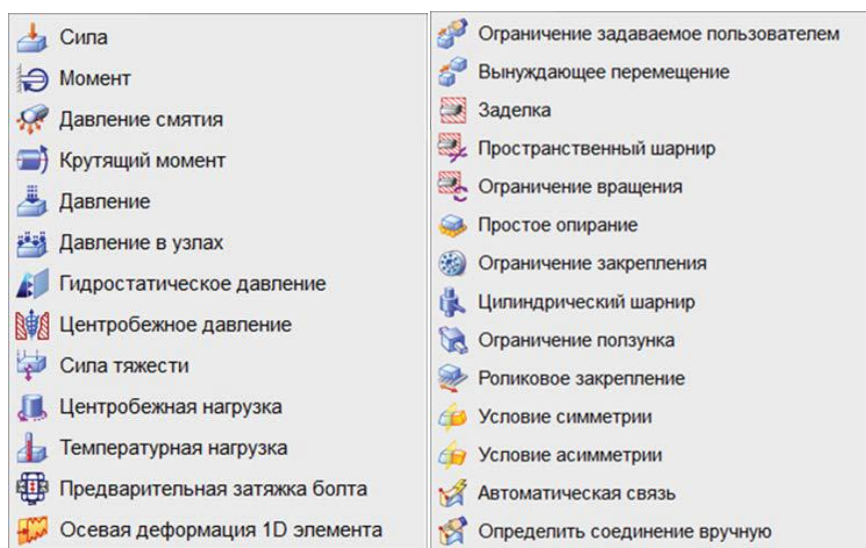
Жүктемелер мен шекаралық шарттарды күштік (күш салу мен моменттерге) және бекіту шарттар (еркіндік дәрежесін шектеу) болып бөлеміз. Белгілі бір жүктемені қолдануға жауапты команданы шақыру үшін келесідей командалар орын алады (4.23-сурет):

- кеңейтілген симуляция (Advanced Simulation) панель инструменті арқылы;
- симуляция навигаторы (Simulation Navigator) панелінің модель ағашы арқылы *Жүктеме контейнерінің (Load Container)* түйініне немесе *Шектеу контейнеріне (Constraint Container)* тінтуірдің оң жақ батырмасын басу арқылы –

ашылмалы мәзірді шақырып, сәйкесінше *Жаңа шектеуді (New Constraint)* немесе *Жаңа жүктемені (New Load)* таңдаңыз (4.24-сурет).

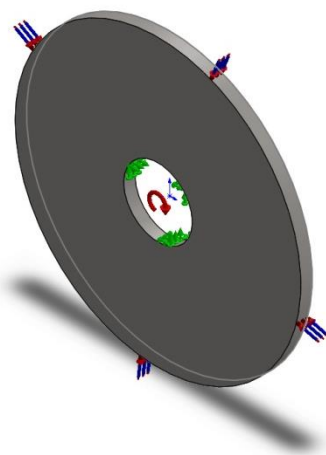


Сурет 4.23 – Жүктемелер мен шектеулерді қолдану командаларын шақыру



Сурет 4.24 – Жүктемелер мен шектеулердің түрі

Әрі қарай модельге жүктемелер мен шектеулер қолданамыз (4.25 сурет).



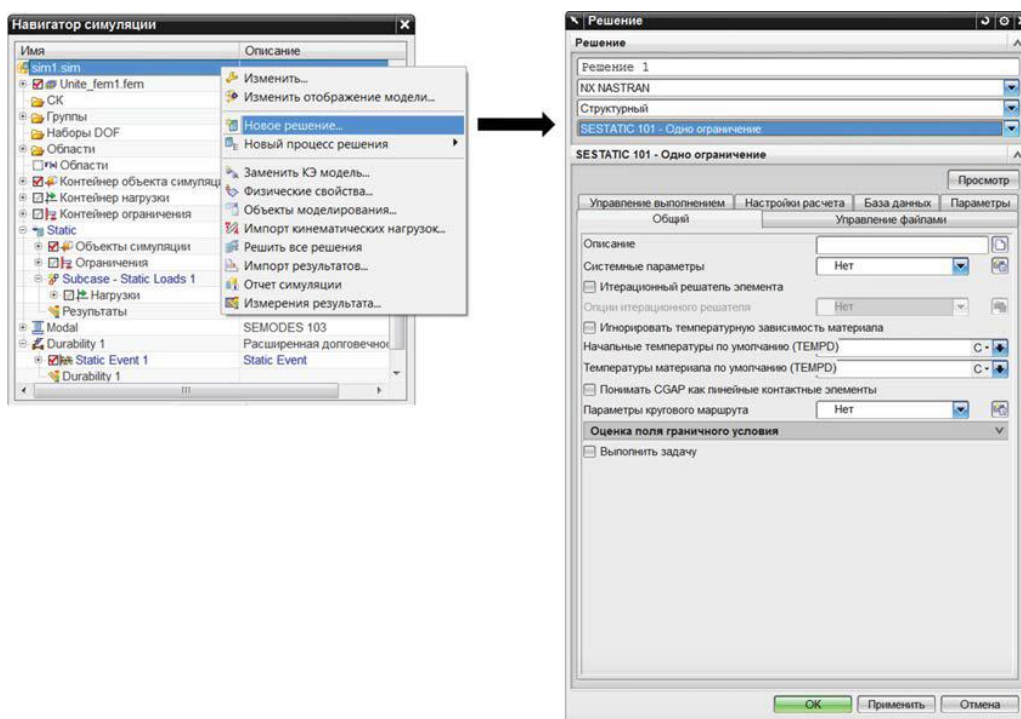
Сурет 4.25 – Қызыл түс – жүктемелер; жасыл түс – шектеулер.

Мәселені сандық шешу (Solution). Бұл кезең инженердің тікелей қатысуын қажет етпейді, бірақ әдетте шешім барысын бақылаумен (мониторинг) қоса жүреді. Шешім мәселелерін ерте кезеңде анықтау үшін шешім қабылдағыштың конвергенциясын, байланыс алгоритмінің конвергенциясын, шешімнің сызықты емес немесе стационарлық емес тарихын бақылау қажет. Шешімнің немесе басқа мәселелердің қайшылығы анықталған жағдайда, мәселені үзіп, FEM немесе SIM файлдарына түзетулер енгізуге болады.

Қажетті шешім мен талдау түрін құру үшін модель тақтасы арқылы Симуляция навигаторының (Simulation Navigator) жобалық модельдің атауына тінтуірдің оң жақ батырмасын басу арқылы ашылмалы мәзірді шақырып, *Жаңа шешімді (New Solution)* таңдау жеткілікті. Пайда болған диалог мәзірінде жаңа шешімнің атын орнатып, *Шешушіні (Solver)*, *Талдау түрін (Analysis Type)* және *Шешім түрін (Solution Type)* таңдау керек. Қажет жағдайда, әдетті параметрлерден ерекшеленетін басқа шешім параметрлерін орнатыңыз (9-сурет).

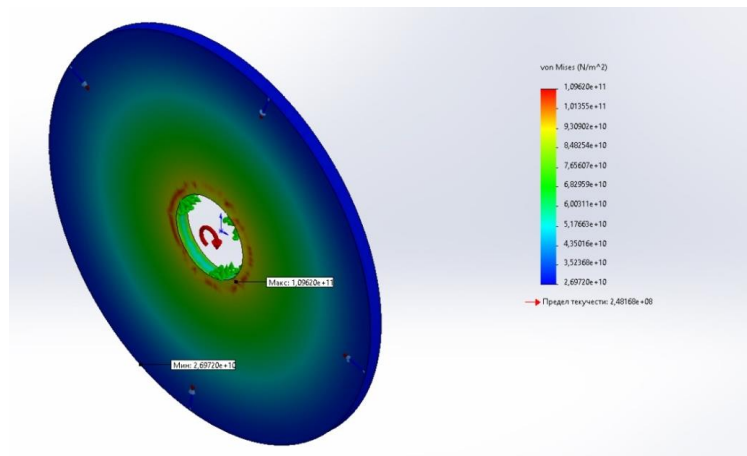
Симуляция моделін есептеу үшін Симуляция навигаторында (Simulation Navigator) шешім атауын тінтуірдің оң жақ батырмасымен басып, *Шешімді.. (Solve...)* таңдаңыз немесе Кеңейтілген симуляция (Advanced Simulation) құралдар тақтасында *Шешім (Solve)* пәрменін таңдаңыз. *Шешім (Solve)* диалог терезесінде есептеу моделіндегі қателерді болдырмау үшін *Модель параметрлерін тексеруге (Model Setup Check)* жалауша қою ұсынылады (4.26-сурет).

Бұл опция, мысалы, материал орнатылмаған, шекаралық жағдайлар мүлдем жоқ, физикалық қасиеттер толық анықталмаған және т. б. сияқты қателіктерді болдырмауды қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, есептеуді бастамас бұрын шешім мен шешушінің параметрлері және шешуші үшін есептік модельдің деректер файлын шешуші және шешім үшін есептеу моделінің деректер файлын құру параметрлері орнатылуы мүмкін.

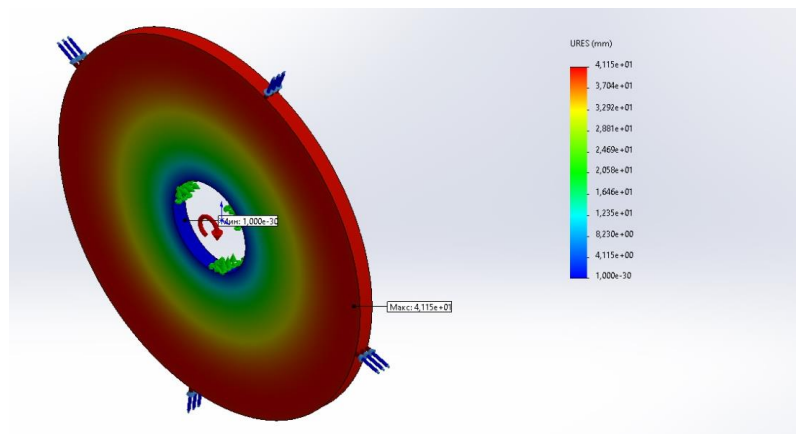


Сурет 4.26 – Шешім құрастыру

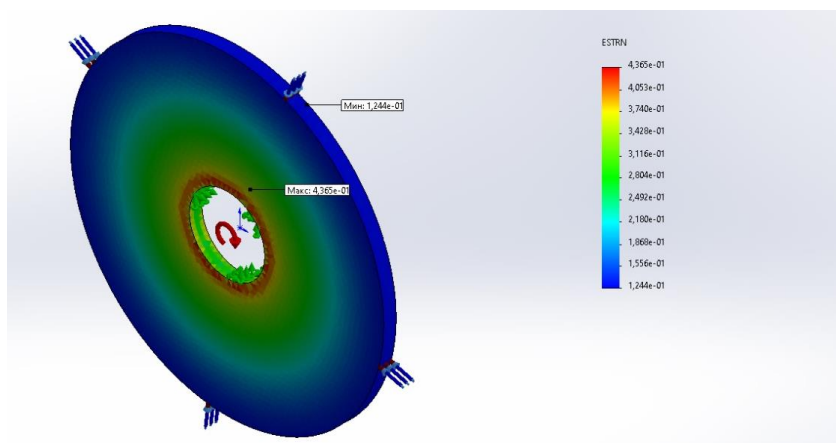
Іске қосылғаннан кейін бірден SolidWorks шешушілерін қолданған кезде Талдау мониторы (Analysis Job Monitor) пайда болады, онда орындалған шешімдерді қадағалауға болады және Шешім мониторы (Solution Monitor), ол нақты уақыт режимінде шешім процесін көрсететініне назар аудару қажет. Шешім мониторының жеке қосымша парақта график түрінде берілген ақпарат есептеу кезеңін, сызықтық емес есептер алгоритмдерінің конвергенциясын, динамикалық талдаудың алдын-ала берілген мәндерінің өзгеруін және тағы басқаларын бағалауға мүмкіндік береді. Графиктерді талдау шешім жылдамдығын және есептердің жинақталу дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді және шешім процесінің жұмысын жақсарту үшін есептеу моделінің параметрлерін өзгерту қажеттілігіне әкелуі мүмкін. Есептеудің аяқталғаны туралы талдау мониторында "Аяқталған (Completed)" және шешім мониторында "Тапсырма орындалды (Job Finished)" деген жазу сигнал береді. Бұл жағдайда модель ағашының орындалған шешімінің түйінінде Симуляция навигаторы (Simulation Navigator) қосымша парағында *Нәтижелер (Results)* түйіні пайда болады, тінтуірдің сол жақ батырмасымен екі рет басқанда жүктелген нәтижелері бар Постпроцессордың навигаторы (Post Processing Navigator) қосымша парағын ашады (сурет 4.27).



а)



б)



в)

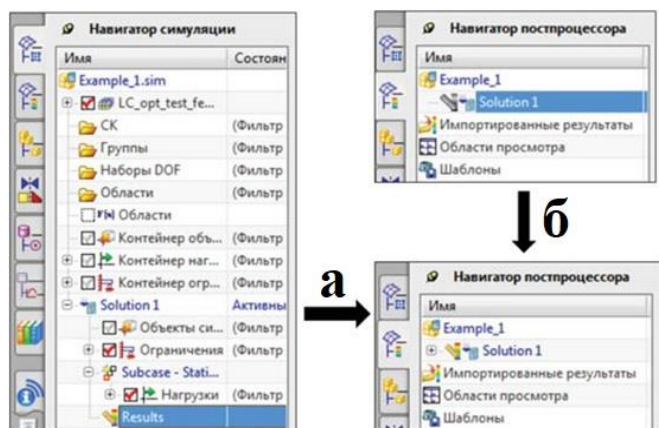
а – түйіндер бойынша кернеудің таралуы; б- түйіндер бойынша орын ауыстырудың таралуы; в - түйіндер бойынша деформацияның таралуы

Сурет 4.27 – Жасалған есептеулердің жүктелген нәтижелері:

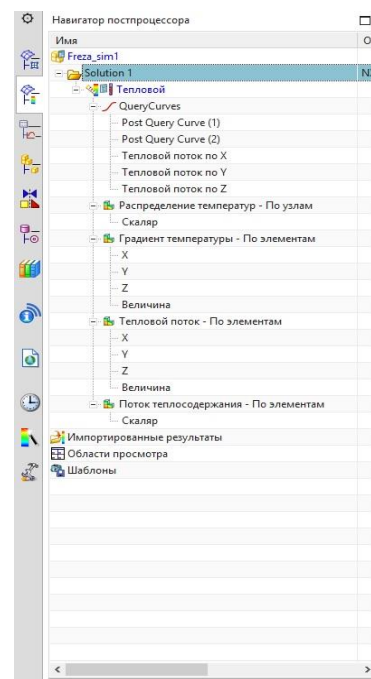
Алынған нәтижелерді талдау (Results). OP2 файлына (SolidWorks шешімі үшін) жазылған дұрыс нәтижелерді алғаннан кейін, олар талданады, қажетті графиктер мен үйлесілімдер құрастырылып, есеп жасалады. Мәселені сәтті шешкеннен кейін *op2* кеңейтімі бар нәтижелер файлы жасалады. Шешім нәтижелерін көрсету және талдау үшін жүктеу келесі әдістердің бірімен жүзеге асырылады:

- модель ағашында Симуляция навигаторы (Simulation Navigator) қосымша парағында *Нәтиже Results* түйінін тінтуірмен екі рет басу арқылы. Осыдан кейін жүктелген нәтижелермен Постпроцессордың Навигаторына (Post Processing Navigator) автоматты түрде ауысу жүреді (4.28-сурет, а);

- постпроцессордың Навигаторы (Post Processing Navigator) қосымша парағында түйінге өткізілген шешімнің атауымен екі рет тінтуірді басу арқылы (4.28-сурет, б). Нәтижелерді жүктеу сәтті болған кезде нәтижелер ағашы пайда болады (4.29-сурет).



Сурет 4.28 – Есептеу нәтижелерін постпроцессорға жүктеу



Сурет 4.29 – Нәтижелер ағашы

Осылайша, балқыма қабаты бар үйкеліс дискінің моделін жоғарыда аталған реттілікке сәйкес есептеу нәтижесінде, әртүрлі жүктемелерге (центрифугалық, температуралық, осьтік деформацияға) ұшыраған кезде балқымалы материалдармен қапталған үйкеліс дискілерінің денесінде және кесу бөлігінде болатын құбылыстарды сипаттайтын мәліметтерді аламыз. Алынған деректерді

талдау негізінде құралдың кесу бөлігінің беріктік сипаттамаларын анықтауға және жобалау кезеңінде жалпылай құралдың конструктивті параметрлерін реттеуге мүмкіндік береді.

Төртінші тарау бойынша қорытынды

1. DEFORM-3D АЭ модельдеуінің көмегімен РФК кезінде кесу аймағында жоңқаның пайда болуын зерттеу нәтижелері эксперименттік зерттеулер кезінде алынған қорытындыларды растайды [118,110]. Жоңқа ұзындығы бойынша алынған температураға тәуелділіктер (4.6 суретті қараңыз) кесу аймағындағы температура, яғни болат 45 үшін 690°C қайта кристалдану температурасынан аспайды.

2. РФК кезіндегі жоңқаның пайда болу үрдісі серпімді және пластикалық деформациялар пайда болатын күрделі физикалық үрдістердің бірі болып табылады, сонымен қатар бұл үрдіс үлкен үйкеліс, жылу бөлу, өсу, жоңқаның бұйралануы және шөгуі, деформацияланған металл қабаттарының қаттылығының жоғарылауы және кесу құралының тозуы.

3. Салыстырмалы талдау кезінде болат 45 және 30ХГСА материалдарынан жасалған дайындамаларды термофрикциялық жоңғылау кезінде температураның таралуы бойынша келесі қорытындылар алынды:

- температураның соңғы мәні тұрақты және қайта кристалдану температурасынан аспайтындығы орнатылды, бұл өңделген беттің жоғары сапалы көрсеткіштерін көрсетеді;

- кесу құралының бойымен температураның өзгеру сипаты мен мәні практикалық жағынан бірдей $\approx 120^{\circ}\text{C}$ екендігі анықталды;

- кесу аймағы мен кескіш құралдың жиегінің түйісу бетінде таралған температураның тұрақты мәні, өңделген беттің жоғары дәлділігі мен сапасымен шартталады және материалдың механикалық қасиеттерін өзгертпейтіні орнатылды.

4. Фрикциялық өңдеу беттің біркелкі жылуын және ақаулы қабатты жоюды қамтамасыз ететін, қалпына келтірілген балқыма тетіктің пішінін жасаудың ең тиімді және экономикалық тиімді тәсілі болып табылады.

5. Беттің қызуы екі режимде өтеді: стационарлық және стационарлық емес. Стационарлық емес режим қысқа уақытты алады және кесу жағдайларына, байланысушы жұптың термофизикалық және физика-механикалық сипаттамаларына байланысты.

6. Үйкеліс диск үшін құрал материалы ретінде үлкен жылу өткізгіштік коэффициенті бар материалдарды таңдау ұсынылады, себебі олар құралдың денесіне жылу ағынын күшейтеді және қоршаған ортамен жылумен белсенді түрде алмасады. Сондай-ақ, жұпты оңтайлы температураны қамтамасыз ету үшін диск-тетік өңделетін материалдың жылу физикалық сипаттамаларын ескеру қажет.

7. Орталық тесігі бар тұрақты қалыңдықты диск радиусынан кернеудің тәуелділік графиктері алынды. Орталық тесігі бар тұрақты қалыңдықты айналмалы және біркелкі емес қыздырылған дискідегі аналитикалық есептеу бойынша ең үлкен эквивалентті кернеу ішкі тізбекте пайда болатындығы және $16,6 \cdot 10^{10}$ Па-ға тең екенін көрсетті. Дискінің сыртқы контуры бойынша радиалды кернеу -1000 Па болды, ол қысымның мәніне сәйкес келеді, бұл тәуелділіктің дұрыстығын дәлелдейді. Бұл әдістеме білікке қону кезінде қынақ жағдайын ескеруге мүмкіндік береді.

8. NX Advanced Simulation-да соңғы элементтер әдісімен балқыма қабаты бар үйкеліс дискісінің конструкциясын есептеу реті көрсетілген. Жобалау кезеңінде құралдың есептік моделін құру, құралдың үздіксіз және сапалы жұмысын қамтамасыз ететін, құралдың кесу бөлігінің беріктік сипаттамаларын анықтауға және құралдың конструкциялық параметрлерін реттеуге мүмкіндік береді. Бұл әдістемені конструкцияны есептеу және әртүрлі металлескіш құралдардың, атап айтқанда, балқыма қабаты бар үйкеліс дискісінің есептік моделін жасау үшін қолдануға болады.

5 ӨНДІСКЕ ЕНГІЗУ ҮШІН ҰСЫНЫСТАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ ЕСЕБІ

5.1 Балқыма кезіндегі температуралық режимді сақтау бойынша

Барлық жағдайда бұйымды балқымалау алдында, кем дегенде, бөлме температурасына (20 - 40°C) дейін жылыту керек. Бұл талап кәдімгі болаттан жасалған бұйымдарға жатады. Болатта қоспаланған элементтер мен көміртегі құрамы арттыған сайын, әдеттегідей, одан әрі жоғары температураға алдын ала жылыту қажет. Мұндай жылыту ішкі сызаттар мен балқытылған металлда сызаттрадың пайда болуын болдырмау, балқытылған қабаттың үгілуін және ішкі кереңуден бұйымның бұзылуын болдырмау үшін қажет. Бұйым металлдарының химиялық құрамы бірдей болғанымен, қарапайым пішінді және шағын массалы тетіктермен салыстырғанда, күрделі және массивті тетіктер, неғұрлым жоғары жылыту температураны қажет етеді.

Марганецті болаттан жасалған тетіктің алдын ала жылыту температурасы, балқымалау кезінде бұйым температурасы 260°C-ден жоғары қызбау қажет.

Осылайша, бұйым металлының құрамы белгілі болу керек. Бұл алдын ала жылыту температурасын дұрыс анықтауға мүмкіндік береді, ол негізінде екі факторға тәуелді:

- көміртектің құрамы;
- қоспаланған элементтердің құрамы.

Тетік металлында көміртек құрамы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым алдын ала жылыту температурасы да жоғары болу керек. Бұл қоспаланған элементтер үшін де әділ, бірақ аздау дәрежеде. Қорытпада қоспаланған элементтердің құрамын көміртектің құрамына келтіруге болады белгілі формула бойынша:

$$\%C_{\text{экв}} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5 + (\%Ni + \%Cu)/15$$

Бұйымды берілген температурада, бүкіл ауданы бойынша жылынғандай етіп ұстау өте маңызды. Балқымалау кезінде температураны берілген деңгейде ұстап тұру да маңызды. Әдеттегідей, алдын ала жылытылған бұйым балқымалаудан кейін баяу салқындатуды қажет етеді.

5.2 Әртүрлі болат класстары үшін балқымалауды орындау бойынша

Төмен көміртекті болат (0,30% C дейін). Қақаталмаға шамалы бейімділігімен сипатталады. Алдын ала жылыту 20-150°C температураға дейін қажет етеді. Көміртегінің мөлшері 0,20 % жоғары болса, бұйым металлы үшін алдын ала жылыту температурасы 90-150°C-қа дейін қажет етеді. Өнім неғұрлым массивті және пішіні күрделі болса, соғұрлым жоғары температурада жылыту қажет.

Орташа көміртекті болат (0,30 % - дан 0,45% - ға дейін). Қақаталмаған қалыпты төзімділігімен сипатталады. Алдын ала жылыту 150-260°C температураға дейін қажет етеді. Болат көміртегінің құрамы, бұйым неғұрлым массивті және оның пішіні күрделі болса, соғұрлым жоғары жылыту температурасын қажет етеді.

Жоғары көміртекті болат (0,45 % C жоғары). Болат бұйымның пішіні мен массасына қарамастан, қақталмаға жоғары бейімділік және жоғары сызаттық сезімталдық тән. Алдын ала жылыту температурасы 260-430°C. Көміртегі көп мөлшерлі болаттар, массивті және күрделі бұйымдар үшін жоғарырақ температура қолдану қажет. Болаттың көміртекті мөлшері 0,80% және одан жоғары болған кезде, болатты жұмсартатын алдын ала аралық жабынды қолдану керек. Содан кейін ғана тозуға төзімді материалдарды балқымалайды. Аралық қабат ішкі қабатта сызаттардың пайда болу ықтималдығын азайтады, сонымен қатар негіз материал және тозуға төзімді жабын арасында жақсы ілінісуді қамтамасыз етеді.

Төмен қоспаланған болат. Қақталмаға бейімділік көміртегі мен қоспалы элементтердің құрамына байланысты, орташа шамадан жоғарыға дейін өзгереді. Алдын ала жылыту температурасы 40-260°C. Көміртегі көп мөлшерлі болаттар, массивті және күрделі бұйымдар үшін жоғарырақ температура қолдану қажет. Болаттың көміртекті мөлшері 0,35% жоғары болса, бұйымды 430°C дейін алдын ала жылыту керек немесе жұмсартатын аралық қабат қолданылады.

Марганецті болат (12-14 % Mn). Болат сызат түзілуіне бейім емес. 40 - 90°C температураға дейін алдын ала жылыту тек массивті және күрделі пішінді бұйымдар үшін қажет. Мұндай болатты 260°C жоғары температурада ұзақ ұстау болатты морт сыңғыш етеді. Қызып кетуден аулақ болу үшін шағын бұйымдарды сумен салқындатуға болады.

5.3 Балқыма материалдары бойынша қосымша мәліметтер

STOODY M7-G сымымен өндірілетін балқытылған металл, AISI M7 маркалы болатқа ұқсас, молибденді конструкциялық болат негізінде жасалған қорытпа болып келеді. Созу кезіндегі механикалық қасиеттері, дәнекерлеу параметрлері және балқытылған металлдың химиялық құрамы 5.1, 5.2, 5.3 кестелерде көрсетілген.

Артықшылықтары:

- берілген материал жоғары қаттылықпен (58 - 66 HRC) және өте жақсы тозуға төзімділікпен ерекшелінеді;
- бірқалыпты жылулық соққы шарттарында, жоғары температурада 1000F дейін қолдануға болады.

Кесте 5.1 – Созу кезіндегі механикалық қасиеттері

Созу кезіндегі механикалық қасиеттері	
Қаттылығы (HRC)	Қорғаныш газы
58 - 66 HRC	75% Ar – 25%CO ₂

Кесте 5.2 – Дәнекерлеу параметрлері

Дәнекерлеу параметрлері					
Ампер	В	Диаметр	Қорғаныш газы	Дайындама мен ұш арасындағы қашықтық	Балқыма типі
125-180 A	18-20 В	1,1 мм	75% Ar – 25%CO ₂	1/2"	Толық ауқымды
200-300 A	24-28 В	1,6 мм	75% Ar – 25%CO ₂	1/2 -3/4"	Толық ауқымды

Кесте 5.3 – Балқытылған металлдың химиялық құрамы

Балқытылған металлдың химиялық құрамы			
Тағы басқалар	C	Cr	Fe
14,5 %	1,0 %	4,0 %	BAL %

STOODY 102-G, балқытылған қабат құрамы мен физикалық қасиеті аспаптық болат Н-12 қасиеттерімен сәйкес келеді. Балқыма көлбеу және вертикаль жасалуы мүмкін. Қатты қорытпалы құралмен механикалық өңдеуге болады. жоғары температурада 1000F (600°C) дейін қолдануға болады. Созу кезіндегі механикалық қасиеттері, дәнекерлеу параметрлері және балқытылған металлдың химиялық құрамы 5.4, 5.5, 5.6 кестелерде көрсетілген.

Артықшылықтары:

- аралық өту температурасын және алдын ала жылыту температурасын сақтаған жағдайда көп қабатты балқыма мүмкін.

Кесте 5.4 – Созу кезіндегі механикалық қасиеттері

Созу кезіндегі механикалық қасиеттері	
Қаттылығы (HRC)	Қорғаныш газы
48 - 53 HRC	98% Ar – 2 % CO ₂

Кесте 5.5 – Дәнекерлеу параметрлері

Дәнекерлеу параметрлері					
Ампер	В	Диаметр	Қорғаныш газы	Дайындама мен ұш арасындағы қашықтық	Балқыма типі
135-185 А	18-24 В	1,1 мм	98% Ar – 2 % CO ₂	1/2 -1 "	Толық ауқымды
225-275 А	25-27 В	1,6 мм	98% Ar – 2 % CO ₂	1/2 -1"	Толық ауқымды

Кесте 5.6 – Балқытылған металлдың химиялық құрамы

Балқытылған металлдың химиялық құрамы			
Тағы басқалар	С	Cr	Fe
5,0 %	0,5 %	8,0 %	BAL %

5.4 Технологияның экономикалық тиімділігін есептеу

Машина жасауда технологияның кез-келген өзгерісі, маңыздылығына қарамастан, құралдарды жасап шығару құнына айтарлықтай әсер етеді. Негізгі технологиялық жабдықты пайдалану қарқындылығы, оның жұмыс параметрлері мен өнімділігі бұл құрал үшін қолданылатын сапамен тығыз байланысты. Өндірісті аспаптық жабдықтауды қазіргі заманға сай құралдармен уақтылы ауыстыру жаңа жабдықты сатып алуға жұмсалған салымдарды тезірек өтеуге, қолда бар жабдықтың өнімділігін және орындалатын операциялардың экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Құралдың жеткіліксіз беріктілігі жабдықтың қосымша тоқтап қалуына әкеледі, оның ұзақтығы құралды ауыстыру ұзақтығымен анықталады. Нәтижесінде өнімділік төмендейді. Сондықтан өңдеудің тиімділігі, құралды дұрыс таңдаумен және кесу режимдерінің тағайындалған параметрлеріне байланысты. Экономикалық тиімділіктің мәні негізгі және жаңа кесу құралының келтірілген шығындарының айырмашылығымен анықталады. Экономикалық тиімділікті есептеу кезінде кескіш құралдың пайдалану қасиеттерін немесе өңдеу сапасын жақсарту жөніндегі іс-шараларға байланысты өзгеретін шығындар ескеріледі.

Болат 65Г маркалы құрал және STOODY M7-G балқыма материалымен балқытып қапталған құралмен ауыстырудан болжамды экономикалық тиімділік есебі жасалды.

Есептеуді жүргізу үшін пайдаланылған бастапқы деректер 5.7-кестеде келтірілген.

Өңдеу құралдары ретінде 5.1 және 5.2-суреттерде бейнеленген табақшалы кескіштер қолданылды.

Кесте 5.7 – Салыстырмалы талдау үшін бастапқы деректер

№ р/н	Салыстырмалы параметр	Табақшалы кескіш болат 65Г	STOODY M7-G материалымен балқытып қапталған табақшалы кескіш
1	Құралдың кесу бөлігінің материалы	Сталь 65Г	STOODY M7-G балқыма материалы
2	Пайдаланылған кескіш саны, дана.	4	1
3	Кесу жылдамдығы V, айн/мин	630 айн/мин	630 айн/мин
4	Беріліс S, мм/айн	0,12	0,12мм/айн
5	Беріктілігі T _с , сағ	9	16
6	Машина уақыты T _м , сағ	1,4	0,8

5.1-суретте 65Г маркалы болаттан жасалған табақшалы кескіш, ал 5.2-суретте STOODY M7-G балқыма материалымен балқытып қапталған табақшалы кескіш көрсетілген.



Сурет 5.1 – 65Г маркалы болаттан жасалған табақшалы кескіш



Сурет 5.2 – STOODY M7-G балқыма материалымен балқытып қапталған табақшалы кескіш

Балқымасыз құралмен қалыпты режимде өңдеу кезінде беріліс 0,12мм/айн кезінде кескіштің шетжағында радиус бойынша көптеген жарықшатар пайда болады. Берілістің 0,20 мм/айн дейін арттыру кезінде, дірілдің пайда болуымен сипатталды.

Балқыма қабаты бар табақшалы кескішпен өңдеу кезінде берілістің 0,20мм/айн дейін үлкейтілгеніне қарамастан, соққылар мен тербелістер туындамай жұмыстың біркелкілігімен сипатталды. Бұл жағдайда құрал шетжағы және радиус бойынша біркелкі тозу процесі байқалды. Тозу 0,1 мм мөлшерінен аспады. Екінші құралмен өңдеу нәтижесінде өңделген беттің ең жақсы өлшемді дәлдігі мен сапасы алынды.

Құрал шығыны келесі формула бойынша есептелді (5.1):

$$N_p = \frac{T_M \cdot K_6 \cdot K_n \cdot K_v}{T_c \cdot K_H \cdot K_p}, \text{ дана} \quad (5.1)$$

мұндағы, $K_6=1,05$ – құралдың кездейсоқ кему коэффициенті;

$K_n=1,0$ – бір кәсіпорынның бірнеше механикалық өңдеу цехтарында өнім бөлшектерін параллель өңдеу қажеттілігіне байланысты кескіш құрал шығынын ұлғайтуды ескеретін түзету коэффициенті;

$K_v=1,25$ – 2-ретті технологиялық жабдықтау құралдарын дайындау үшін кесу құралы шығысының ұлғаюын ескеретін түзету коэффициенті (кәсіпорын анықтайды);

$K_m=3,1$ – өңделетін материалдың түрін ескеретін түзету коэффициентінің сандық мәні;

$K_p=1,2$ – өңделетін бұйым бетінің жай-күйін ескеретін түзету коэффициентінің сандық мәні.

Бөлшек уақытты есептеу үшін өрнек қолданылды (5.2):

$$T_{ш} = T_M \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ н-сағ.} \quad (5.2)$$

мұндағы, $k_1 = 1,3$ – машиналық уақытқа түзетуші коэффициент;

$k_2 = 1,15$ – н сағ құнына түзету коэффициенті.

Бір тетікті дайындау кезінде құралдың құнын есептеу келесі формула бойынша жүргізілді (5.3):

$$C_u = N_p \cdot C_\phi \cdot f, \text{ тг} \quad (5.3)$$

мұндағы, C_ϕ – кескіш құны, тг.;

$f = 1$ – бір бұйымға арналған бөлшектер саны, дана.

Бір тетікті дайындау кезінде құралдың құнын есептеу келесі формула бойынша жүргізілді (5.4):

$$C_{з.п.} = T_{ш} \cdot f \cdot C_D \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ тг.} \quad (5.4)$$

мұндағы, C_D – бір операцияның құны н-сағ, тг.

Жалпы шығындарды есептеу төмендегі формула бойынша жүргізілді (5.5):

$$C_{об} = C_u + C_{з.п.}, \text{ тг} \quad (5.5)$$

Шығындардың салыстырмалы талдауы және экономикалық әсердің қалыптасуы нәтижелері 5.8-кестеде келтірілген.

Кесте 5.8 – Салыстырмалы талдау нәтижесі

№ р/н	Көрсеткіштер	Табақшалы кескіш болат 65Г	STOODY M7-G материалымен балқытып қапталған табақшалы кескіш
1	Құрал бағасы C_ϕ , тг	5070	6790
2	Бұйым бірлігіне құралдың шығыны, N_p , дана	1,89	0,51
3	Бір операцияға н-сағаттың құны C_D , тг.	81,5	81,5
4	Бөлшек уақыт $T_{ш}$, н-сағ.	79,81	58,73
5	Бір тетікті дайындау кезіндегі құрал шығындары, C_u , тг.	9582	3463
6	Операция бойынша жалақы шығындары $C_{з.п.}$, тг.	6505	4787
7	Жалпы шығындар $C_{об}$, тг.	16087	8250

Қорытындылай келе, құралдың қаттылығының артуы кесу режимдерін жоғарылатуға және 0,12 мм/айн беріліс мәнін балқымалы қабаты бар құрал үшін оңтайлы мән ретінде пайдалануға мүмкіндік бергенін атап өткен жөн. Құралға жұмсалатын шығындар 6119 теңгеге төмендеді. Нәтижесінде балқыма қабаты бар құралды енгізудің экономикалық тиімділігі 7837 теңгені құрады (1,9 есе тиімді).

Бесінші тарау бойынша қорытынды

1. Балқымалау процесін орындау кезінде келесі мәселелерге мән берілуі ұсынылады:

- балқымаланатын материалды берілген температурада, оның бүкіл балқымаланатын ауданы бойынша қыздырылуын сақтап тұру;
- балқымалау кезінде температураны берілген деңгейде ұстап тұру және оның бүкіл процесс барысында біркелкілігін қамтамасыз ету;
- балқымалаудан кейін балқымаланған материалды баяу салқындатуды жүзеге асыру.

2. Әртүрлі болат материалдар үшін балқымалауды орындау кезінде балқымаланатын бетті алдын ала қыздыру температурасының келесі мәндері ұсынылады:

- төмен көміртекті болаттар (0,30% C дейін) - 20-150°C;
- орташа көміртекті болаттар (0,30 % - дан 0,45% - ға дейін) - 150-260°C;
- жоғары көміртекті болаттар (0,45 % C жоғары) - 260-430°C;
- төмен қоспаланған болаттар - 40-260°C;
- марганецті болаттар (12-14 % Mn) - 40 - 90°C.

3. Қолданыстағы бар балқыма материалдармен салыстырғанда қаттылығы, тозуға төзімділігі және температуралық шыдамдылығы жоғары болғандықтан термофрикциялық кесуші құралдарды балқымалау үшін STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M балқыма материалдары ұсынылады.

4. Зерттеу нәтижелері ұсынылып отырған үш балқыма материалдары екі қабатты балқымалау кезінде бастапқы қаттылық мәнін сақтайтындығын көрсетті.

Сондықтан да, термофрикциялық құралдардың кесуші бөлігін балқымалау үшін екі қабатты балқыма жеткілікті, сондай-ақ, бірінші және екінші қабаттардың қалыңдығы тиісінше 4 және 2 мм болуы тиіс.

5. Термофрикциялық құралдардың кесуші бөлігін балқымалау технологиясының экономикалық тиімділігін есептеу нәтижелері құралға жұмсалатын шығындардың 6119 теңгеге төмендейтіндігін және балқыма қабаты бар құралды енгізудің экономикалық тиімділігі 7837 теңгені құрайтындығын (яғни ≈ 2 есе тиімді екендігін) көрсетті.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмысты орындау барысында, термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігі, беріктігі және қаттылығына қатысты мәселенің жай-күйін зерттеу және талдау нәтижесінде, олардың кесу жылдамдығының төмендеуіне қарамастан жиі тозуға ұшырайтындығы анықталды. Ал ол болса өңдеудің сапалық көрсеткіштеріне кері әсерін тигізеді. Осы мәселені шешу мақсатында орындалған ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижесінде келесілерге қол жеткізілді:

1. Термофрикциялық құралдардың тозуға төзімділігін, беріктігін және қаттылығын арттыру әдісі жаратылды және ол келесілерді қамтиды:

- жоғары қаттылыққа, тозуға және температуралық төзімділікке ие болған STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M балқымалау материалдары іріктеп таңдалды;

- термофрикциялық құралдардың кесуші бөлігін балқымалау кезінде екі қабатты балқыма жеткілікті екені анықталды. Сонымен қатар, бірінші және екінші қабаттардың қалыңдығы сәйкесінше 4 және 2 мм болуы керек;

- ротациялық-фрикциялық кескіш, термофрикциялық фрезалап жонуға арналған үйкеліс фрезасы, дискілі ара және конустық үйкеліс фрезасы секілді тозуғатөзімді балқымалармен қапталған термофрикциялық құралдардың құрылымдары жаратылды;

- STOODY M7-G, STOODY 102-G және OK TUBRODUR 58 O/G M материалдарымен балқымаланған термофрикциялық құралдарды тәжірибелік сынақтан өткізу нәтижелері олардың тозуғатөзімділігі, қатаңдығы және беріктігі қолданыстағы термофрикциялық құралдармен салыстырғанда 1,5÷2 есе артатындығын көрсетті.

2. Термофрикциялық құралдың материалына байланысты балқымаланатын қабат қалыңдығын анықтау үшін математикалық үлгі жаратылды:

$$y = 13,867 - 0,0385 \cdot z_1 - 0,01612 \cdot z_2 - 0,1934 \cdot z_3 + 0,00144 \cdot z_1 \cdot z_3$$

3. ПК Explicit -Dynamic (ANSYS) компьютерлік бағдарламасын қолдану арқылы балқымаланған термофрикциялық құралдардың жылулық күйін, қатаңдығын және беріктігін үлгілеу әдістемесі жаратылды, сондай-ақ, термофрикциялық құралдың беріктігін аналитикалық есептеу орындалды.

4. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «MEGA GROUPKZ» ЖШС өндірісіне енгізілді және соның нәтижесінде кесуші құралдың материалының бағасын төмендету және токарлық операциясының қайтаөтулері санын қысқарту негізінде, сыртқы цилиндрлік беттерді өңдеу өзіндік құнын 2-3 есе азайтуға қол жеткізілді. Күтілетін экономикалық тиімділік жылына 1,6 млн. тенгені құрайды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Машина жасауды дамыту жөніндегі 2019-2024 жылдарға арналған жол картасы (кешенді жоспары). Қазақстан Республикасы Премьер-Министрінің 2019 жылғы 26 маусымдағы № 115-ө өкімі.
- 2 Каширская Е.Н., Орлов А.В. Определение износа металлорежущего инструмента на основе анализа температуры резания // Ползуновский вестник. – 2012. – №1/1. – С. 120 -122.
- 3 Насад Т.Г. Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов: монография. – Саратов: СГТУ, 2009. – 148с.
- 4 Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.
- 5 Инновационный патент №22998 РК на изобретение. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения / Шеров К.Т., Муравьев О.П., Уалиев Д.Ш. и др. опубл. 15.10.2010, бюл. №10. – 3с.
- 6 Инновационный патент №25649 РК на изобретение. Способ термофрикционной режуще-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения / Шеров К.Т., Муравьев О.П., Шеров А.К. и др. опубл. 16.04.2012, бюл. №4.
- 7 Патент №31934 РК на изобретение. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы / Шеров К.Т., Маздубай А.В., Сихимбаев М.Р., Исагулов А.З., Шеров А.К., Ракишев А.К., Мусаев М.М., Сихимбаева Д.Р. опубл. 30.03.2017, бюл. №6.
- 8 Патент РК №32933. Способ термофрикционного фрезоточения и фреза трения / Шеров К.Т., Мусаев М.М., Коккоз М.М. 2018. бюл. №25.
- 9 Подураев В.Н., Камалов В.С. Физико-химические методы обработки. – М.: Машиностроение, 1973. – 346 с.
- 10 Nasad T.G. Surface quality after high-speed heat treatment / Mechanical engineering technology. – 2004., №3 (27). – P. 11-13.
- 11 Насад Т. Г., Козлов Г.А. Лезвийная обработка сталей с фрикционным подогревом резания / СТИН. 2000. – №12.-С. 27-29.
- 12 Насад Т.Г., Игнатьев А.А. Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов с дополнительными потоками энергии в зоне резания: монография. – Саратов: Саратов. гос. ун-т, 2002.-112с.
- 13 Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2005. - 272 с.
- 14 Андрианов А.И. Прогрессивные методы технологии машиностроения – М.: Машиностроение, 1985. – 269с.
- 15 Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 337с.

- 16 Лоладзе Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
- 17 Талантов Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента. – М.: Машиностроение, 1992. – 240 с.
- 18 Аваков А.А. Физические основы теорий стойкости режущих инструментов. – М.: Машгиз, 1960. – 124 с.
- 19 Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1978. – 264 с.
- 20 Нечаев К.Н. Термофрикционная обработка – перспективное технологическое направление обработки и сборки деталей. //Инструмент и технологии. СПб. Институт машиностроения. 2005. № 17-18. – С.157-162.
- 21 Зарубицкий Е.У., Талантов Н.В., Костина Т.П. Исследование процесса стружкообразования при обработке металлов диском трения // Вестник машиностроения – 1981. – №9. – С. 57-58.
- 22 Зарубицкий Е.У. Термофрикционная обработка стальных деталей. // Машиностроитель. – 1996. – №2. – С. 25
- 23 Зарубицкий Е. У. Термофрикционная обработка сталей : автореф. дис. докт. техн. наук : 05.03.01 – Куйбышев, 1988. - 42 с.
- 24 Кушназаров И.К., Шеров К.Т., Алтынбаев Р. Р. Технология термофрикционного фрезерования с высокочастотным охлаждением. // Високи технології в машинобудуванні: зб. наук. пр./ Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т; дар. О. А. Крохмальов ; упоряд. А. І. Грабченко. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2007. – Вип. 2(15). – С. 134-139
- 25 Кушназаров И.К., Шеров К.Т. Обеспечение качество поверхности при отрезке с высокочастотным охлаждением / Известия ВУЗов. – Ташкент: Изд-во МВ и ССО РУз. – 1999. №1. – С.143-146.
- 26 Банников, А.И. Теоретические основы модернизации термофрикционных пил для резки горячего трубопроката: монография – ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 135 с.
- 27 Банников А.И., Макарова О.А., Курченко А.И., Банников А.А.. Износ при термофрикционном резании пилой с изменённой геометрией // Известия ВолгГТУ. Серия "Прогрессивные технологии в машиностроении". Вып. 4 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – № 9. – С. 8-9.
- 28 Сизый Ю.А. Теория и практика фрикционной резки. Харьков. – 1995. – С.333.
- 29 Сизый Ю.А. Савченко Э.В., Шатерников А.С. Исследование и оптимизация процесса фрикционной резки проката. – Резание и инструмент. 1986. – №35. – С.24-27.
- 30 Покинтелица Н.И., Левченко Е.А. Влияние тепловых явлений на энергосиловые параметры процесса термофрикционного упрочнения / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Машиностроение, материаловедение. – 2019. – Т.21, №1. – С.43-48. DOI: [10.15593/2224-9877/2019.1.06](https://doi.org/10.15593/2224-9877/2019.1.06)

31 Pokintelitsa N. Interrelation of processing modes with the current parameters of the contact zone during thermofriction processing // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018) MATEC Web of Conferences. – 2018 – Vol.224, 01132 <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822401132>

32 Pokintelitsa N., Levchenko E. Projecting Parameters of a Microprofile for a Surface Obtained as a Result of the Thermofrictional Treatment // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol.150. – P.1013-1019. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.155>

33 Pokintelitsa N., Levchenko E. Application of Thermo-Frictional and Mechanical Treatment Complex Method for Production of Parts with Specific Properties // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol.206. – P. 1326-1332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.639>.

34 Nasad T.G., Kochetkov A.V. Highly Efficient Methods of Machining Titanium for Oil-Gas Drilling Equipment // *Chem Petrol Eng.* 52 – 2016. –No4. – P. 227–230. <https://doi.org/10.1007/s10556-016-0179-4>

35 Казинский А.А., Насад Т.Г. Повышение эксплуатационных характеристик деталей машин, восстановленных методом наплавки. // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2018. – Вып. № 2 (28). – С. 36-41. <http://trts.esrae.ru/51-361>

36 Nasad T.G., Sherov K.T., Absadykov B.N., Tussupova S.O., Sagitov A.A., Abdugaliyeva G.B., Okimbayeva A.E. Formation management in parts processing regenerated by surfacing // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences.* – 2019. – Vol. 3, N 435. – P.102-108. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.74>

37 Sherov K., Sikhimbayev M., Mazdubay A., Sherov A., Rakishev A., Mussaev M., Donenbayev B., Bayzhabaginova G. (2017) The research of the temperature impact in tool-workpiece contact on the quality of the cut at thermofrictional cutting. *Mechanics and Mechanical Engineering*, Volume 21, Issue 3, 755-762. <http://www.kdm.p.lodz.pl/mme-art.html>

38 Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Sagitov A.A., Ainabekova S.S. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts // *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Sofia. – Vol. 47, No. 4 – P.23-36. <https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018>

39 Шеров К.Т., Тусупова С.О. Исследование износа термофрикционных режущих инструментов // *Механика и технологии.* – Тараз: Изд-во «Тараз университети» ТарГУ им. М.Х. Дулати., 2018. – №2(60) – С.7-16.

40 Зарубицкий Е.У., Покинтелица Н.И., Клименко Ю.В. Особенности процесса износа дисковых пил трения для электрофрикционной разрезки металла

// Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА., 2004. – вип. №15. – С.85-90.

41 Шеров К.Т., Маздубай А.В., Арапова Н.К. Об износостойкости режущих дисков трения для термофрикционной обработки на малых скоростях // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации». Ч.3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – С.256-258.

42 Банников А.А. Повышение эффективности термофрикционной резки труб за счет применения дисковой пилы с регламентированным профилем / Диссертация канд. техн. наук.: 05.02.07. – Волгоград, 2010г.

43 Михайлов С.В., Медянцев А.А. Повышение эффективности фрикционной отрезки труб дисковыми пилами с видоизмененным профилем зуба // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2012. – Том 14, №1(2). – С. 396-398.

44 Покинтелица Н.И., Сидоров В.А. Особенности температурно-деформационных процессов в зоне контакта инструмента и заготовки при термофрикционном резании металлов // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 111/2010. Серія: Машино. - обудування та транспорт. – Севастополь, 2010.

45 Шеров К.Т., Тулиева Н.Б., Мусаев М.М., Доненбаев Б.С., Курмангалиев Т.Б. Тұрқы тетіктерінің технологиялық тесіктерін бітеудің термофрикциялық әдісін тәжірибелік зерттеу / Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2015. – №4(70) – С.51-54.

46 Шеров К.Т., Боярский В.Г., Сихимбаев М.Р., Шеров А.К., Мусаев М.М. Заварка отверстия в стальной детали // Материалы международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои: Изд-во НГМК, 2013.- С.191-192.

47 Шеров К.Т., Мусаев М.М., Мұсатаева Н.Б. Тесікті пісіру арқылы бітеудің фрикциялық әдісі // Тезисы докладов межвузовской научной конференции «Инновации в технике, технологии и образовании». Часть 4. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2012. – С.45-46.

48 Шеров К.Т., Маздубай А.В., Мусаев М.М., Мусатаева Н.Б. Тұтас табакша материалдарда термофрикциялық бұрғылаумен тесік алу әдісін тәжірибелік зерттеу // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013.- №4(53) – С.18-22.

49 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Термофрикциялық өңдеудің тағы бір технологиялық мүмкіндігі туралы // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2011. – №4(45) – С.33-36.

50 Шеров К.Т., Маздубай А.В., Мурсалбекова Н.К., Куанов И.С. Әр түрлі құрылымды үйкеліс дисктерімен термофрикциялық кесу кезінде шығыңқылардың

пайда болуын зерттеу // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016.- №3 (64) – С. 20-24.

51 Шеров К.Т., Сихимбаев М.Р., Шеров А.К., Маздубай А.В., Мусаев М.М., Доненбаев Б.С., Куанов И.С. Экспериментальные исследования способа термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением при обработке сортового проката различных профилей // Международный журнал экспериментального образования. – Москва: Изд-во ИД «Академия Естествознания», 2016. – №11 (Часть 1). – С. 36-40.

52 Sherov K.T., Mardonov B.T., Buzauova T.M., Tussupova S.O., Smakova N.S., Izotova A.S., Gabdysalik R., Kurmangaliyev T.B., Elemes D.E. The research of micro-hardness of side surfaces of teeth cylindrical wheels processed by “shaver-rolling device” // Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia – 2020. – Vol. 50 No.1 – P.50-56.

53 Sherov K.T., Mardonov B.T., Zharkevich O.M., Mirgorodskiy S., Gabdyssalyk R., Tussupova S.O., Smakova N., Akhmedov Kh.I., Imanbaev Y.B. Studying the process of tooling cylindrical gears // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18 No.3 – P.327-332. doi:10.5937/jaes18-23794.

54 Шеров К.Т., Мусаев М.М., Шеров А.К., Курмангалиев Т.Б. Қиын өңделетін материалдарды фрезалап-жону әдісімен өңдеу // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2016.- №3(73)- С. 116-122.

55 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Сыртқы цилиндрлік беттерді фрезалап жону тәсілін эксперименттік зерттеу // Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2017.- №2- С.6-15.

56 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Влияния режимов резания на качество поверхности при термофрикционном фрезоточении // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – №3(68) – С.17-22.

57 Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями высокой твердости: монография – Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.

58 Патон Б.Е. Проблемы сварки на рубеже веков // Сварщик. – 1999. – № 1. – С. 2-3.

59 Фролов В.А. Сварка. Введение в специальность / В.А. Фролов, В.В. Пешков, А.Б. Коломенский, В.А. Казаков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 296 с.

60 Фрумин И.И. Автоматическая электродуговая наплавка И.И. Фрумин. – Харьков: Металлургиздат, 1961. – 421 с.

- 61 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. акад. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
- 62 Тылкин М.А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1971. – 608 с.
- 63 Тылкин М.А. Прочность и износостойкость деталей металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1965 – С. 3 - 47
- 64 Илюкович Б.М. Стойкость и расход прокатных валков. – М.: Металлургия, 1964. – 109 с.
- 65 Фрумин И.И. Современные типы наплавленного металла и их классификация // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавленный металл. – Киев: Наукова думка. – 1977. – С. 3-17.
- 66 Электроды для дуговой сварки и наплавки: каталог / под ред. И.И. Фрумина. – Киев: Наукова думка. – 1967. – 439 с.
- 67 Лившиц Л.А. Основы легирования наплавленного металла. – М.: Машиностроение, 1968. – С.188.
- 68 Юзвенко Ю.А. Наплавка порошковой проволокой. – М.: Машиностроение, 1973. – 45 с.
- 69 Бейн Э. Влияние легирующих элементов на свойства стали // перевод с англ. Под ред. А.И. Ольшевского. – Металлургиздат, 1945. – 330 с.
- 70 Гудремон Э. Специальные стали / перевод с нем. Под ред. А.С. Заимовского – М.: Металлургиздат, 1960. – 637 с.
- 71 Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975, 584 с.
- 72 Назарько А.С., Пломодьяло Р.Л. Восстановление трущихся поверхностей деталей машин износостойкими наплавочными материалами // VIII международная научно-техническая конференция «Техника и технологии машиностроения». – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – С. 9-14.
- 73 Сидоров А. А. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
- 74 Какуевицкий В. А. Восстановление деталей автомобилей на специализированных предприятиях. – М.: Транспорт, 1988. – С.147.
- 75 Тусупова С.О., Шеров К.Т. Методы повышения износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных инструментов // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С.27.
- 76 Тусупова С.О., Шеров К.Т. Наплавка - как технологический метод повышения износостойкости термофрикционных инструментов // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10), Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С.263-265.

- 77 Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240с.
- 78 Дьяченко И. О. Анализ способов наплавки. / Научный вестник ДГМА. – 2015. – № 3. – С. 92-96.
- 79 Дубровский В.А., Зещуля В.В. Применение технологий электроконтактной наварки проволокой при восстановлении различных деталей машин и механизмов / Ремонт, восстановление, модернизация. – 2011, №8. – С. 10–14.
- 80 Вайнерман А.Е. Металдарды плазмалық балқымалау.- Л.: Машиностроение, 1969.-192 б.
- 81 Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Дәнекерлеу процестерінің теориясы.- М.: Высшая школа, 1976.- 424 б.
- 82 Петров Г.Л., Буров Н.Г., Абрамович В.Р. Металдарды газ-жалынымен өңдеу технологиясы мен жабдықтары.- Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1978. – С.277.
- 83 Дубровский В.А., Булычёв В.В., Хабаров В.Н. Восстановление деталей путевых машин электроконтактной наплавкой // Путь и путевое хозяйство. 2001.- №2.-С. 13-15.
- 84 Макаренко К.В., Забелин А.Л., Савинов Д.Н. Рациональный выбор способа восстановления деталей методом ручной дуговой наплавки износостойкого слоя / Вестник Брянского государственного технического университета № 2 (75) 2019. - С.12-15.
- 85 Белик А.Г., Ефременко Б.В., Чейлях Я.А. Способы широкослойной наплавки износостойких сплавов // Вісник Приазовського державного технічного університету 2016р. Серія: Технічні науки Вип. 33. – С.63-67.
- 86 Рахманов С.Р., Сребрянский Г.А., Головачев А.Н., Мамедов А.Т., Орос Н.В. Повышение износостойкости прессового инструмента с помощью покрытий из аморфных сплавов // Вестник машиностроения. – Москва: «Издательство «Инновационное машиностроение», 2018. – №1 – С.55-60.
- 87 Salenko A.F., Fedotiev A.N., Fedotieva L.P., Mana O.M. Methods of froduction and processing of wear-resistant coatings for drill bits // Naukovyi Visnyk NHU. – 2015, №6. С.48-54.
- 88 Еремин Е.Н., Лосев А.С., Бородихин С.А., Маталасова А.Е., Пономарев И.А. Порошковая проволока для наплавки коррозионностойкой и износостойкой стали // Вестник машиностроения. – Москва: «Издательство «Инновационное машиностроение», 2018. – №7 – С.66-67.
- 89 Babak V.P., Shchepetov V.V., Nedaiborshch S.D. Wear resistance of nanocomposite coatings with dry lubricant under vacuum // Naukovyi Visnyk NHU, 2016. – №1. – С.47-52.
- 90 Исмаилов Ф. Б. Эффективный метод восстановления изношенных поверхностей деталей / Молодой ученый. – 2016. – № 5 (109). – С. 38-40.

91 Волков Д.И., Проскуряков С.Л., Дружков С.С. Применение модифицированных многофункциональных покрытий металлорежущего инструмента при токарной обработке высокопрочного чугуна // Вестник машиностроения – Москва: ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2016. – №9. – С. 79-83.

92 Шеров К.Т., Тусупова С.О., Иманбаев Е.Б., Мухамедьяров Д.З., Мусаев М.М., Габдысалық Р. Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалау кезінде балқыма қабаттарының қаттылығын зерттеу // Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2020. – №1(67)- С.15-25.

93 Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов. - М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

94 Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин. – 3-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 648 с.

95 Колмаков и др. Методы измерения твердости: справ. изд./А.Г. Колмаков, В.Ф. Терентьев, М.Б. Бакиров. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 150 с.

96 F.Velasco, G.Blanco, A. Bautista., M.A. Martínez (2009) Effect of welding on local mechanical properties of stainless steels for concrete structures using universal hardness tests Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 5, 1883-1891.

97 Mukanov R., Kasenov A., Itybayeva G., Musina, Z., Strautmanis, G. Modeling of the cutting head for treating holes in the railway // Procedia Computer Science. – 2019. – Volume 149. – P.355-359.

98 Zambrano O.A., Gómez J.A., Coronado J.J., Rodríguez S.A. The sliding wear behaviour of steels with the same hardness // Wear. 2019. – Volumes 418 – P.201-207.

99 Dudak N., Taskarina A., Kasenov A., Itybaeva G., Mussina, Z., Abishev, K., Mukanov R. Hole machining based on using an incisive built-up reamer // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2017. – Volume 18, Issue 107 – P.1425-1432.

100 Шеров К.Т., Тусупова С.О. Способ повышения износостойкости термофрикционных инструментов // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конференции: «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. – С.335-339.

101 Тусупова С.О., Шеров К.Т., Иманбаев Е.Б., Имашева К.И., Габдысалық Р. Металлографическое исследование качества наплавочных слоев при наплавке различными наплавочными материалами.// Вестник КазННТУ. – Алматы: Изд-во КазННТУ им. К. Сатпаева, 2020.- №4(140) – С.547-554

102 К.Т. Шеров, С.О. Тусупова, А.К. Ракишев, М.М. Мусаев, Б.С. Доненбаев, А.К. Шеров, Т.Б. Курмангалиев, А.К. Сарымбай. Контроль качества и испытание термофрикционных инструментов, наплавленных с износостойкими

наплавочными материалами // НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА. – Алматы, 2020. – №3 (145) – С.94-103.

103 Шеров К.Т., Черешка А., Доненбаев Б.С., Тусупова С.О. Исследование влияние угла установки инструмента на показатели качества при РФР отверстия // .Journal of Advanced Research in Technical Science. – North Charleston, USA: SRC MS, CreateSpace. – 2018. – Issue 11. – P.17-28.

104 Шеров К.Т., Доненбаев Б.С., Тусупова С.О. Исследование способа ротационно-фрикционного растачивания отверстий больших размеров // Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2018.- №3(61)- С.32-42.

105 Патент №34106 РК на изобретение. Ротационно-фрикционный чашечный резец / К.Т. Шеров, С.О. Тусупова, В.Ф. Михайлов, Р. Габдысалык [и др.] опубликовано 08.01.2020., Бюл. №1.

106 Шеров К.Т., Тусупова С.О., Мусаева М.М. Арнайы үйкеліс фрезасының кесуші бетіне STOODY-M7-G материалын балқытып қаптау процесі // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), 14-15 июня 2019 г. Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 260-262.

107 Мусаева М.М. Айналу денелері типтес тетіктерді қиыстырылған өңдеу кезіндегі кесуші құралдың шыдамдылығын зерттеу / 6M071200 – «Машина жасау» мамандығы бойынша техника және технологиялар магистрі дәрежесін алуға магистрлік диссертация. – Қарағанды: ҚарМТУ- 2019- 67с.

108 Габдысалык Р. Совершенствование технологии изготовления крупногабаритных шибберных задвижек для магистральных трубопроводов. // Дисс... PhD. – Караганда, 2018. – 148 с.

109 Шеров К.Т., Габдысалык Р. Экспериментальное исследование процесса фрезерования конусной поверхности с использованием специальных конусных фрез // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2019.- №1(83) – С. 163-168.

110 Доненбаев Б.С. Разработка ресурсосберегающей технологии изготовления крупногабаритных деталей технологического оборудования горно-металлургического комплекса // Дисс... PhD. – Караганда, 2018. – 149 с.

111 Криворучко, Д.В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монография: Залога; под общ. ред. В.А. Залог. – Сумы: Университетская книга, 2012. – 496с.

112 Шеров К.Т., Михайлов В.Ф., Е.Б. Иманбаев, Р. Габдысалык, А.Е. Окимбаева Исследование процесса стружкообразования при РФР с использованием чашечного резца с наплавкой из материала STOODY M7-G //

Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2020.- №1(67) – С.7-14.

113 Колмогоров В.Л. Напряжение, деформация, разрушение. – Л. : Металлургия, 1970. – 229 с.

114 El-Magd, E. Mechanical behaviour of AA7075, Ck45N and TiAl6V4 at high strain rates [Electronic recourse] / E. El-Magd, C. Treppman // Materialsweek. – 2000. – Access mode: http://www.proceedings.materialsweek.org/proceed/mw2000_786.pdf.

115 Зорев Н.Н. Развитие науки о резании металлов. – М.: Машиностроение, 1967. – 415 с.

116 Розенберг, Ю.А. О процессе стружкообразования при резании // Известия Томского политехнического университета. – Томск : Томский политехнический институт, 2002. – Вып. 1. – Т. 305. – С. 51–53.

117 Microstructure-Mechanics Interactions in Modeling Chip Segmentation during Titanium Machining / R. Shivpuri, J. Hua, P. Mittal, A. K. Srivastava // Annals of the CIRP : Manufacturing Technology.2002. –Vol. 51. – № 1.– P. 71-74.

118 Ракишев, А.К. Исследование и разработка комбинированного способа ротационно-фрикционного точения // Дисс... PhD. – Караганда, 2017. – 150 с.

119 Sherov, K.T. Method of investigation of rotary-friction boring process using DEFORM-3D // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region achievements, challenges and prospects.– Navoi: Printing house named after A. Navoi, 2019 – С.521-526.

120 Норри, Д. Введение в метод конечных элементов: Пер. с англ. [Текст] / Д. Норри, Ж. де Фриз - М.: МИР, 1981. – 145 с.

121 Паршин, В.С. Практическое руководство к программному комплексу Deform. [Текст] / В.С. Паршин, А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, А.И. Пугин, А.А. Федулов. – Екатеринбург: УРФУ, 2010. – 182 с.

122 Панин, Е.А. Математическое моделирование оборудования и процессов ОМД. – Темиртау: КГИУ, 2012. – 110 с.

123 Новиков В.В. Анализ контактных явлений при лезвийном резании металлов и смазочное действие СОТС // Научно-производственный журнал «Металлообработка».– Санкт-Петербург: Издательство «Политехника», №1(85) – 2015. – С.13-19.

124 Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 512 с.

125 Патент №4131 РК на полезную модель..Шеров К.Т., Тусупова С.О., Ғабдысалық Р.,Маздубай А.В.,Қуанов И.С. и др. опубл. 05.07.2019г. Бюл. №27

126 Wei Zhao, Haitao Wang, Wei Chen. [Cite as](#) Studying the effects of cutting parameters on burr formation and deformation of hierarchical micro-structures in ultra-precision raster milling / [The International Journal of Advanced Manufacturing Technology](#). – 2019. – Volume 101, [Issue 5-8](#). – P 1133-1141.

127 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Исследование способа термофрикционного фрезоточения деталей типа тел вращения // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №9), Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – С.224-226.

128 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Влияния режимов резания на качество поверхности при термофрикционном фрезоточении / Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017.- №3(68)- С.17-22.

129 Шеров К.Т., Тусупова С.О., Сейсенбаев Д.С. Тозуға төзімді ИЧ300Х18ГЗ шойынды ротациялық-фрикциялық өңдеу процесін зерттеу // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), 14-15 июня 2019 г. Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 263-265.

130 Тусупова С.О., Шеров К.Т., Каппас А.К. Методика моделирования теплового состояния фрезы трения с наплавкой из материала STOODY M7-G при термофрикционном фрезоточении (*научное производство*). – №11560, 2020.

131 [B. Gholamzadeh](#), [H. Soleimanimehr](#). Finite element modeling of ultrasonic-assisted turning: cutting force and heat generation / [Machining Science and Technology](#) An International Journal. 07 Aug 2019. – 869-885 б. <https://doi.org/10.1080/10910344.2019.1636266>

132 Zhang Y., Mabrouki T., Nelias D., Gong Y. FE-model for Titanium alloy (Ti-6Al-4V) cutting based on the identification of limiting shear stress at tool-chip interface. // Springer-Verlag France. – 2010.

133 Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова.-М.: Машиностроение, 2003. – 672с.

134 Восстановление изношенных деталей автоматической вибродуговой наплавкой. Челябинск, Кн. Изд., 1956. – 207с.

135 Восстановление изношенных деталей наплавкой трубчатыми электродами. М., ЦБТИ, 1960.-33с.

136 Кирюшин, Д.Е. Высокоскоростное торцовое фрезерование титановых сплавов / Кирюшин Д.Е., Кирюшин И.Е., Насад Т.Г. // СТИН. - 2008. - № 7. - С. 29-32.

137 Патент №2738 UZ. Специальный вестник. Способ резки металлических заготовок / Кушназаров И.К., Шеров К.Т., Гольденберг А., Мусаев Ф. – 1995.- №3. - С.33-34.

138 Кушназаров И.К., Шеров К.Т., Мардонов Б.Т. Повышение качества обработанной поверхности при многолезвийном ротационном точении / Известия ВУЗов. – Ташкент: Изд-во МВ и ССО РУз., 2001.-№1.-С. 43-44.

139 Шеров К.Т., Ходжибергенов Д.Т. Ротационный способ обработки детали / Известия ВУЗов. Специализированный научный журнал Кыргызской Республики. – Бишкек, 2010. – №9. – С 9-11.

140 Шеров К.Т., Ракишев А.К. Chip formation rotational-frictional turning cylindrical surfaces of agricultural machinery parts / Modern science success journal, Belgorod. – 2017. - Vol.1, No. 5. – PP.104-111.

141 Шеров К.Т., Ракишев А.К. Исследование ротационно-фрикционного способа точения цветных материалов / Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2017.- №2- С.16-24.

142 Шеров К.Т., Мусаев М.М. Studying chip formation when machining agrarian industry machine parts by thermo-frictional turn-milling / Modern science success journal, Belgorod. – 2017. - Vol. 1, No. 5 – PP. 198-203.

143 Насад, Т.Г. Качество поверхности после высокоскоростной обработки с тепловым воздействием // Технология машиностроения. – 2004. - №3 (27). - С.11-13.

144 Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.:Машиностроение, 1990.- 288 с. – ISBN 5-217-01013-4.

145 Писаренко Г.С. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / Под ред. акад. АН УССР – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа Головное изд-во, 1979. – 696 с.

146 Гончарев П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504с.

ҚОСЫМША А

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 4131

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2019/0329.2
(22) 12.04.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні /
Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики
Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the
Republic of Kazakhstan: 27.06.2019

(54) Конустық үйкеліс фрезасы
Конусная фреза трения
Friction taper mill

(73) Шеров Карибек Тагаевич (KZ); Ғабдысалық Риза (KZ)
Sherov Karibek Tagayevich (KZ); Gabdysalyk Riza (KZ)

(72) Шеров Карибек Тагаевич (KZ)
Ғабдысалық Риза (KZ)
Тусупова Саягуль Ораловна (KZ)
Маздубай Асылхан Владимирович (KZ)
Бузауова Тоты Мейрбековна (KZ)
Қуанов Иса Серікұлы (KZ)
Окимбаева Асель Еркиновна (KZ)
Айтбаев Нурлан Берікұлы (KZ)
Көбеген Ерболат (KZ)
Сарымбай Ансаған Кенжебайқызы (KZ)

Sherov Karibek Tagayevich (KZ)
Gabdysalyk Riza (KZ)
Tussupova Sayagul Oralovna (KZ)
Mazdubay Assylkhan Vladimirovich (KZ)
Buzauova Toty Meirbekovna (KZ)
Kuanov Isa Serikuly (KZ)
Okimbayeva Assel Yerkinovna (KZ)
Aitbayev Nurlan Berikuly (KZ)
Kobegen Yerbolat (KZ)
Sarymbai Ansagan Kenzhebaikyzy (KZ)




Е. Оспанов
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 34106

ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION



(21) 2018/0236.1

(22) 16.04.2018

Қазақстан Республикасы Өнертабыстары мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Inventions of the Republic of Kazakhstan: 08.01.2020

(54) Ротациялық-фрикциялық табакша кескіш
Чашечный ротационно-фрикционный резец
Cup rotary friction cutter

(73) Шеров Карибек Тагаевич (KZ)
Sherov Karibek Tagayevich (KZ)

(72) Шеров Карибек Тагаевич (KZ)
Ходжибергенов Даулетбек Тұрғанбекұлы (KZ)
Доненбаев Бақытжан Серикович (KZ)
Тусупова Саягуль Ораловна (KZ)
Айнабекова Сауле Серикбаевна (KZ)
Сағитов Алматы Ардақович (KZ)
Маздубай Асылхан Владимирович (KZ)
Михайлов Валентин Феликсович (KZ)
Таттимбек Гүлерке (KZ)
Ғабдысәлік Риза (KZ)

Sherov Karibek Tagayevich (KZ)
Khodzhibergenov Dauletbek Turganbekovich (KZ)
Donenbayev Bakytzhan Serikovich (KZ)
Tussupova Sayagul Oralovna (KZ)
Ainabekova Saule Serikbayevna (KZ)
Sagitov Almat Ardakovich (KZ)
Mazdubay Assylkhan Vladimirovich (KZ)
Mikhailov Valentin Felixovich (KZ)
Tattimbek Gulerke (KZ)
Gabdysalyk Riza (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed by EDS

К. Батаева
K. Batayeva

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директорының м.а.
И.о. директора РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Executive director of RSE «National institute of intellectual property»



ҚОСЫМША Б

УТВЕРЖДАЮ
Директор ТОО «MEGA
GROUPKZ»
Д.С. Балтабаев
« 31 » 07 2020 г.



«31» 07 2020 г.

Акт

о передаче технической документации для внедрения технологии ротационно-фрикционного точения наружных цилиндрических поверхностей заготовок из труднообрабатываемых материалов

Настоящий акт передачи научной разработки составлен о том, что представителями кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» (ТОМиС) Карагандинского государственного технического университета д.т.н., проф. К.Т. Шеровым и докторантом С.О. Тусуповой было передана техническая документация на реализацию способа ротационно-фрикционного точения наружных цилиндрических поверхностей заготовок из труднообрабатываемых материалов в производственных условиях ТОО «MEGA GROUPKZ» (г. Павлодар).

С целью дальнейшего внедрения технологии ротационно-фрикционного точения наружных цилиндрических поверхностей заготовок из труднообрабатываемых материалов в производственных условиях ТОО «MEGA GROUPKZ» были получены следующие конструкторские и руководящие материалы:

- рабочие чертежи чашечных резцов с наплавкой для ротационно-фрикционного точения;
- сборочный чертеж ротационно-фрикционного инструмента с наплавкой;
- технология изготовления чашечных резцов с наплавкой, которое включает технологические процессы механической обработки и наплавки, а также рекомендации по выбору материала корпуса чашечного резца и марки наплавочного материала;
- рекомендации по выбору режимов ротационно-фрикционного точения наружных цилиндрических поверхностей.

Предлагаемую конструкцию инструмента для реализации технологии ротационно-фрикционного точения не сложно изготавливать в условиях ТОО «MEGA GROUPKZ».

Режущие дискообразные чашечные резцы изготавливается из конструкционных сталей, который является одним из основных преимуществ данной технологии.

Выполненные расчеты показали, что применение технологии ротационно-фрикционного точения наружных цилиндрических поверхностей заготовок из

қосымша Б жалғасы

труднообрабатываемых материалов в производственных условиях ТОО «MEGA GROUPKZ» позволяет снизить себестоимость обработки наружных цилиндрических поверхностей в 2-3 раза, за счет сокращения переходов токарной операции и снижения стоимости материала режущего инструмента. Ожидаемый экономический эффект составляет ~ 1,6 млн. тенге в год.

Представители КарГТУ

Профессор кафедры ТОМиС
д.т.н. Шеров К.Т. 

Докторант кафедры ТОМиС
Тусупова С.О. 

Представители ТОО «MEGA GROUPKZ»

Начальник цеха
Калиев Р.Н. 

Инженер-конструктор
Дмитриенко С.И. 

ҚОСЫМША В

НЕКОМЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

И.о. заместителя Председателя
Правления по научной работе и
международному сотрудничеству

Н. Ержанов

« 29 » сентября 2020г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заместителя Председателя
Правления по академическим
вопросам

П. Быков

« 29 » сентября 2020 г.

А К Т

о внедрении результатов научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Учебно-методический совет факультета металлургии, машиностроения и транспорта в составе председателя зам. декана по учебной работе Тусупбековой М.Ж. и членов к.т.н., ассоц. профессора Жунусова А.К., к.т.н., ассоц. профессора Мусиной Ж.К., старшего преподавателя Ставрской Н.Д. составили настоящий акт о том, что в 2020-2021 учебном году на кафедре «Машиностроение и стандартизация» факультета инженерии, внедрены в лекционный курс для обучающихся бакалавриата и магистратуры по специальности «Машиностроение» (для внутривузовского пользования) «Методика моделирования теплового состояния фрезы трения с наплавкой из материала STOODY M7-G при термофрикционном фрезоточении (*научное производство*)» (составители: д.т.н., профессор КарТУ Шеров К.Т., старший преподаватель Торайгыров университет Тусупова С.О., магистрант КарТУ Каппас А.К.)

Форма внедрения (наименование нового курса, спецкурса, раздела лекций, лаб. работы, установки, учебного пособия, программного обеспечения и т.д.)	Объем внедрения (количество работ, лекц. час)	Наименование внедрения (краткое содержание внедренной работы, с указанием публикаций, заявок, докладов на конференциях)
«Методика моделирования теплового состояния фрезы трения с наплавкой из материала STOODY M7-G при термофрикционном фрезоточении (<i>научное производство</i>)»	6 час.	Sherov K.T., Mardonov B.T., Zharkevich O.M., Mirgorodskiy S., Gabdyssalyk R., Tussupova S.O. and etc. Studying the process of tooling cylindrical gears / Journal of Applied Engineering Science Vol. 18 No.3 (2020) PP.327-332 Шеров К.Т., Тусупова С.О., Иманбаев Е.Б. және басқалары. Әртүрлі балқыма материалдармен балқымалау кезінде балқыма қабаттарының қаттылығын зерттеу / Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университети» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2020.- №1(67)- С.15-25.

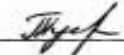
қосымша В жалғасы

		Шеров К.Т., Тусупова С.О., Мусаева М.М. Арнайы үйкеліс фрезасының кесуші бетіне STOODY-M7-G материалын балқытып қаптау процесі // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), 14-15 июня 2019 г. Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 260-262.
--	--	--

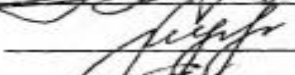
К акту приложены:

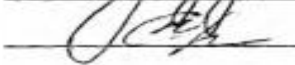
- выписка из протокола заседания кафедры;
- листы изменений и дополнений к рабочей учебной программе дисциплины «Проектирование и производство металлорежущих инструментов», «Исследование процессов в машиностроении»; «Кескіш аспаптардың қазіргі түрлері»;
- титульные выходные данные.

Материалы к настоящему акту рассмотрены на заседании УМС факультета
(протокол № 2 от 29 09 2020 года)

Председатель комиссии  М.Ж. Тусупбекова

Члены комиссии  А.К. Жунусов

 Ж.К. Мусина

 Н.Д. Ставрова

Декан факультета  К.К. Абишев
« » 2020 г.

И.о. директора
Научно-инновационный HUB



С. Шарипов

Директор департамента
академической деятельности



А. Биткеева

ҚОСЫМША Г

Қазақстан Республикасының білім және
ғылым министрлігі
Қарағанды мемлекеттік техникалық
университеті
«Технологиялық жабдықтар,
машинажасау және стандарттау»
кафедрасы
№17 ХАТТАМА
06.05.2019 ж.

Министерство образования и науки
Республики Казахстан
Карагандинский государственный
технический университет
Кафедра «Технологическое
оборудование, машиностроение и
стандартизация»
ПРОТОКОЛ №17
от 06.05.2019 г.

Заседание кафедры «ТОМиС»
Председатель – зав. кафедрой Юрченко В.В.
Секретарь – преп. Окимбаева А.Е.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: Шеров К.Т., Жаркевич О.М., Бейсембаев К.М.,
Малыбаев Н.С., Мухамедьяров Д.З., Синько А.Н., Бартенев И.А., Боченин
В.И., Лопухов Ю.И., Абдугалиева Г.Б., Бузауова Т.М., Никонова Т.Ю.,
Есиркепова А.Б., Гейдан И.А., Жукова А.В., Жунуспеков Д.С., Жунусова
А.Ш., Зложинская А.В., Имашева К.И., Матешов А.К., Нокина Ж.Н.,
Нуржанова О.А., Решетникова О.С., Тида О.В., Телиман И.В., Асмағамбет
Д.К., Акижанова Ж.Т., Мусаев М.М., Ракишев А.К., Окимбаева А.Е.,
Гордеева А.Е., Ким А.С., Ибраева Н.Р.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. О трудоустройстве выпускников (переговоры с предприятиями КУ,
распределение выпускников)
2. Итоги предварительной защиты
3. Разное

3.Разное

3.1. СЛУШАЛИ: отчет Айнабековой С.С. докторанта 2 курса о
выполнении научно-исследовательской работы.

ВЫСТУПИЛИ: Юрченко В.В., Никонова Т.Ю.

Вопросы задавали: Решетникова О.С., Бейсембаев К.М.

1. Вопрос. На сколько точными являются результаты моделирования?
2. Вопрос. Влияют ли рассматриваемые зоны на распределение
температуры?

ГОЛОСОВАЛИ: «За» - единогласно

ПОСТАНОВИЛИ: утвердить отчет Айнабековой С.С. докторанта 2 курса.

3.2. СЛУШАЛИ: отчет Тусуповой С.О. докторанта 2 курса о выполнении
научно-исследовательской работы.

қосымша Г жалғасы

ВЫСТУПИЛИ: Юрченко В.В, Никонова Т.Ю.

Вопросы задавали: Акижанова Ж.Т., Решетникова О.С.

1. Вопрос. Какие наплавки применяются?

2. Вопрос. Какими методами определяли качество наплавки?

ГОЛОСОВАЛИ: «За» - единогласно

ПОСТАНОВИЛИ: утвердить Тусуповой С.О. докторанта 2 курса.

Председатель
Секретарь



Юрченко В.В.
Окимбаева А.Е.

ҚОСЫМША Д

**Протокол № 1 от 6 ноября 2020 года
заседания научного семинара кафедры диссертационного совета по
защите докторских диссертаций PhD по специальностям
6D071200 «Машиностроение»,
6D071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии»
Карагандинского технического университета**

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Члены научного семинара: д.т.н., профессор Кадыров А.С., к.т.н., доц. Курмашева Б.К., д.т.н., доц. Бейсембаев К.М., доктор PhD Юрченко В.В., доктор PhD Ганюков А.А., доктор PhD Кызылбаева Э.Ж.

ППС: д.т.н., проф. Шеров К.Т., и.о. доцента, доктор PhD Мусаев М.М., преп. Ким А.С.

Докторанты: Нартов М.А., Карсакова Н.Ж., Айнабекова С.С., Тусупова С.С.

ПОВЕСТКА ДНЯ

1. Рассмотрение докторской диссертации докторанта специальности «6D071200 – Машиностроение» Айнабековой С.С. на тему «Оптимизация режимов резания при термофрикционной обработке труднообрабатываемых материалов на основе исследования физико-механических свойств поверхностного слоя».
2. Рассмотрение докторской диссертации докторанта специальности «6D071200 – Машиностроение» Тусуповой С. на тему «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

ВОПРОС 1

СЛУШАЛИ:

Председатель семинара при дис. совете д.т.н. профессор Кадыров А.С.: Тема диссертационной работы Айнабековой С.С. «Технологическое обеспечение качества изготовления крупных задвижек для магистральных трубопроводов». Научный консультант: д.т.н., профессор Шеров К.Т. Слово предоставляется PhD докторанту Айнабековой С.С.

СЛУШАЛИ:

1. Айнабекова С.С. Предлагаю вашему вниманию доклад по моей диссертационной работе на тему: «Оптимизация режимов резания при термофрикционной обработке труднообрабатываемых материалов на основе исследования физико-механических свойств поверхностного слоя».

В работе обосновывается актуальность темы диссертационной работы, определяются ее цель и задачи, объект исследования, характеризуется степень изученности проблемы, раскрывается научная новизна.

ВОПРОСЫ:

1 Докторант 3 курса Нартов М.А.: где применяется сталь 08, почему именно ее рассматриваете? Как технический осуществляется импульсное охлаждение?

Айнабекова С.С.: Сталь 08 применяется на машиностроительных предприятиях в виде прутков, т.к. она очень вязкая в процессе отрезки она налипает на режущий инструмент.

Для импульсного охлаждения была изготовлена специальная конструкция подачи СОЖ, так называемым импульсом служит то, что подача СОЖ осуществляется только по зоне охлаждения.

2 Доктор PhD Юрченко В.В: Вы рассматриваете теплопередачу «точка в точку», а когда диск режет заготовку контакт меняется на плоскость к плоскости?

Айнабекова С.С.: мы рассматривали при моделировании только гипотезу изменения тепла и в торцевой поверхности тоже.

3 Д.т.н. Бейсембаев К.М.: В чем сущность критерия разрушения?

Айнабекова С.С.: В данной работе рассматривался критерий разрушения Кокрофта-Латама для определения предельных значений критерия разрушения, учитывающая историю деформационной обработки металла.

4 Д.т.н. Бейсембаев К.М.: Имеются графики при моделировании, а при эксперименте получили эти ж графики?

Айнабекова С.С.: Экспериментально, мы не проводили измерение температуры, только твердость и шероховатость.

5 Д.т.н. Бейсембаев К.М.: Почему труднообрабатываемые поверхности?

Айнабекова С.С.: труднообрабатываемые материалы имеют высокие твердость и пластичность, из-за этого для их обработки необходимо большое тепло, что можно реализовать при термофрикционной отрезке.

6 Д.т.н. Кадыров А.С.: Почему графики линейные?

Айнабекова С.С.: Т.к. аппроксимировали полученные значения.

7 Д.т.н. Кадыров А.С.: объясните первый закон термодинамики?

Айнабекова С.С.: Первый закон термодинамики представляет собой некое обобщение закона сохранения и превращения энергии для термодинамической системы.

8 Доктор PhD Ганюков А.А.: Какую гипотезу Вы рассматриваете? Зачем изучаете тепло?

Айнабекова С.С.: Гипотезу распространения тепла и получения пленкообразного закаленного слоя на контактной поверхности.

9 Доктор PhD Ганюков А.А.: Для чего проводите эксперимент?

Айнабекова С.С.: для определения шероховатости и твердости, как физико-механических параметров поверхностного слоя.

10 Доктор PhD Ганиев А.А.: В чем адекватность модели?

Айнабекова С.С.: адекватность модели проверяли по критерию Фишера. При котором расчетное значения критерия больше табличного.

11 Д.т.н., проф. Кадыров А.С.: Физику процесса объясните.

Айнабекова С.С.: при трении в контактной зоне инструмента и заготовки возникает тепло, которое стремится распространиться вглубь заготовки и для поддержания необходимой температуры на контакте необходимы большие обороты шпиндельного узла. При термофрикционной резке с импульсным охлаждением, при подаче СОЖ в зону резания, тепло аккумулируется в зоне контакта и за счет этого обороты можно уменьшить.

12 К.т.н. Курмашева Б.К.: При моделировании показали и нагрев, шероховатость и твердость, а в экспериментальной части нагрев не показали почему?

Айнабекова С.С.: при проведении эксперимента мы не исследовали изменения температуры, т. к. она была уже изучена в других работах, а моделированием только уточнили полученные ранее результаты.

ВЫСТУПЛЕНИЯ:

Д.т.н. доц. Бейсембаев К.М.: начальные слайды может убрать, они на мой взгляд не информативны. Механизм традиционной резки может не обязательно показывать.

Доктор PhD Юрченко В.В.: слайды изменить где рассматривается изменение температуры.

Д.т.н., проф. Шеров К.Т.: Сама технология новая. Она широко не внедрена, как традиционная, которая внедрена на Украине и России. Станок большой очень. Термофрикционная отрезка применяется для уменьшения оборотов. Этот механизм резания отличается от других механизмов отрезки.

Д.т.н., проф. Кадыров А.С.: не рассказываете, что сделали другие докторанты по этой тематике. Существует положение о работе докторантов, по которому у Вас «решение прикладной задачи», это надо включить в диссертацию. С учетом замечаний можно рекомендовать к защите.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Докторанта Айнабекову С.С. рекомендовать к защите с учетом всех замечаний.

ВОПРОС 2

СЛУШАЛИ: Председатель заседания кандидат технических наук, Курмашева Б.К.: Тема диссертационной работы Тусуповой С.О. «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов». Научный консультант: д.т.н., профессор Шеров К.Т. Слово предоставляется PhD докторанту Тусуповой С.О.

СЛУШАЛИ:

1. Тусупова С.О. Предлагаю вашему вниманию доклад по моей диссертационной работе на тему: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

В работе обосновывается актуальность темы диссертационной работы, определяются ее цель и задачи, объект исследования, характеризуется степень изученности проблемы, раскрываются научная новизна.

ВОПРОСЫ

1 Доктор PhD, Юрченко В.В.: Откройте самый первый слайд «актуальность темы», тут указана скорость резания в об/мин, почему? Все же надо указать скорость в м/с.

Тусупова С.О.: да, здесь были указаны обороты для шпиндельного узла с учетом скоростей резания инструмента.

Д.т.н, проф. Кадыров А.С.: Здесь же вы говорите для решения «данной проблемы», но нет формулировки самой проблемы.

2 К.т.н. Курмашева Б.К.: Откройте слайд план эксперимента. У вас определены 3 основных фактора режима наплавки, а на 27 слайде указаны оптимальные режимы наплавки. Почему разные факторы?

Оптимальные режимы наплавки определены для какого количества слоев?

Тусупова С.О.: это 2 разных эксперимента, при планировании эксперимента стояла цель определить оптимальные режимы наплавки для получения требуемой высоты наплавляемого валика. А уже на 27 слайде показаны результаты испытания режущих инструментов с наплавкой. Оптимальные режимы наплавки определены для двухслойной наплавки.

3 Доктор PhD, Ганюков А.А.: Откройте 35 слайд, здесь какая зависимость?

Тусупова С.О.: температуры от времени.

Доктор PhD, Ганюков А.А.: Тогда на следующем графике, если зависимость от температуры, то по какой причине вы получили ступенчатые графики?

Тусупова С.О.: графики были получены в результате компьютерного моделирования. Тут, возможно, проходит охлаждение.

4 Д.т.н, доц. Бейсембаев К.М.: Как проходил контроль прочности наплавленных инструментов? Механизм исследования?

қосымша Д жалғасы

Какая толщина 1,2,3-х слойной наплавки?

В каких случаях нужна 1,2,3-х слойная наплавка?

Модель тепловых процессов и процессы фрезерования как связаны?

Тусупова С.О.: Методом моделирования. На инструмент были наложены возможные нагрузки, и на выходе получены следующие зависимости:

- распределение напряжения по узлам; - распределение перемещения по узлам;
- распределение деформации по узлам.

Однослойная наплавка ≈ 2 мм; двухслойная наплавка ≈ 4 мм и трехслойная наплавка $\approx 5-6$ мм. По результатам исследования, для наплавки на режущий инструмент оптимальна двухслойная наплавка.

5 Доктор PhD, Ганюков А.А.: Вы говорите, что по критерию Фишера модель адекватна, где сам критерий на слайдах? Заключение/выводы соответствуют задачам?

Тусупова С.О.: хорошо, укажу на слайдах. Да, задачи работы и заключение соответствуют.

6 Доктор PhD, Юрченко В.В.: Для инструмента всегда важна стойкость, какое время работы и количество экспериментов?

В чем экономическая эффективность?

Тусупова С.О.: стойкость инструмента по сравнению с инструментом без наплавки увеличивается в 2 раза, количество экспериментов везде разное, опыты проводили до появления дефектов на рабочей поверхности режущего инструмента. В повышении производительности инструмента.

ВЫСТУПЛЕНИЯ:

Доктор PhD, Ганюков А.А.: второй доклад лучше, чем первый. Составить блок схему для каждого проведенного эксперимента. У вас 3 эксперимента, зависимости между ними нету. Рассмотреть стилистику доклада.

Д.т.н., проф. Шеров К.Т.: основная цель работы - это повышение износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов, а не других металлорежущих инструментов, именно термофрикционных. В целом, она достигла поставленной цели работы, предложила способ повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных инструментов.

Д.т.н., проф. Кадыров А.С.: я считаю, что ей надо переделать доклад и выступить еще один раз. Доклад должен быть понятным, четким, логическим и описывать физический процесс.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. С учетом всех замечаний докторанту Тусуповой С.О. выступить на научном семинаре еще раз.

Председатель научного семинара
диссертационного совета



Кадыров А.С.

Секретарь



Кызылбаева Э.Ж.

ҚОСЫМША Е



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УР

Г.Г.Туганов

С.Г.Калганова

18 2018 г.

ВЫПИСКА

Из протокола № 6 заседания кафедры «Технология машиностроения»
«Саратовского государственного технического университета» имени
Гагарина Ю.А.

от «5» декабря 2018 г.

Присутствовали:

Зам.зав. каф. ТМС к.т.н. доцент Изнаилов Б.М., д.т.н. профессор Васин А.Н., д.т.н. профессор Королев А.В., д.т.н. профессор Насад Т.Г., д.т.н. профессор Игнатъев А.А., д.т.н. профессор Давиденко О.Ю., д.т.н. профессор Королев А.А., д.т.н. профессор Захаров О.В., д.т.н. профессор Янкин И.Н., к.т.н. доцент Решетникова О.П., к.т.н. доцент Кривошеин Ю.А., к.т.н. доцент Бабенко М.Г., к.т.н. доцент Мелентьев В.А., к.т.н. доцент Никифоров А.А., к.т.н. доцент Добряков В.А., к.т.н. доцент Сигитов Е.А., к.т.н. доцент Приказчиков С.Я., к.т.н. доцент Слесарев С.В., к.т.н. доцент Бойкова Л.В., к.т.н. доцент Коновалов В.В.

Слушали: доклад докторанта 2-курса специальности 61071200 «Машиностроение» Карагандинского государственного технического университета Тусуловой Саягуль Ораловны по работе над диссертацией на тему: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

Работа выполняется на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация». Научный консультант - д.т.н., профессор Шерон К.Г.

Докторант в своем докладе раскрыла актуальность работы, отметила цель исследования, познакомила с задачами исследования, изложила предполагаемую научную новизну и практическую значимость. В ходе исследования износа термофрикционных режущих инструментов выявлены основные причины появления дефектов. Для решения проблемы обеспечения износостойкости, жесткости и прочности режущих инструментов предложен метод упрочнение режущей части термофрикционных инструментов наплавкой, используя наплавочные материалы, обладающие высокой твердостью и температурной стойкостью.

Работа ведется в соответствии с утвержденным графиком, отставаний нет.

Опубликовано 8 статей, в том числе 2 публикации рекомендуемые Комитетом (ККСОН).

В процессе обсуждения был задан ряд принципиальных вопросов, касающихся научной новизны, актуальности темы, обоснованности выбора

қосымша Е жалғасы

конкретных научных и инженерных методов и средств решения поставленных задач, особенностей предлагаемых рекомендаций.

Вопросы задавали:

Д.т.н. профессор Васин А.Н.: В чем научная новизна Вашей работы?

Д.т.н. профессор Королев А.А.: Основные причины возникновения дефектов на поверхности режущего инструмента?

К.т.н. доц. Мелентьев В.А.: Каким образом определили режим сварки?

К.т.н. доц. Бабенко М.Г.: Для каких типов режущих инструментов будет применяться этот метод упрочнения?

Докторант Тусупова С.О. дала обстоятельные ответы на заданные вопросы.

Выступил научный консультант д. т. н., профессор Насад Т.Г., которая положительно охарактеризовала работу соискателя.

По результатам открытого голосования (за - 20, против - нет, воздержавшихся - нет) принято следующее заключение:

В результате обсуждения работы над диссертацией С.О. Тусуповой решено следующее:

Постановили:

Признать тему диссертационной работы С.О. Тусуповой «Исследование и разработки способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» актуальной.

Рекомендовать продолжить работу над диссертацией до полного завершения согласно плану.

Зам. зав. кафедрой «ТМС»
СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Секретарь кафедры «ТМС»



Б.М. Измаилов

О.П. Решетникова

қосымша Е жалғасы



ВЫПИСКА

Из протокола № 5 заседания кафедры «Оборудование и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института (филиала) «Саратовского государственного технического университета» имени Гагарина Ю.А. (ЭТИ СГТУ)

от «7» декабря 2018 г.

Присутствовали:

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой, Насад Т.Г.

Д. т. н., профессор, Артеменко А.А.

К. т. н., доцент, Козлов Г.А.

К. т. н., доцент, Стекольников М.В.

К. т. н., доцент, Двойнев А.Г.

К.т.н., доцент, Тихонов Д.А.

К.т.н., доцент, Чельшова И.А.

К.т.н., доцент, Милованова Л. Р.

К.т.н., доцент, Потехина Л.Н.

Слушали: доклад докторанта 2-курса специальности 6D071200 «Машиностроение» Карагинского государственного технического университета Тусуповой Саягуль Ораловны по работе над диссертацией на тему: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

Работа выполняется на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация». Научный консультант - д.т.н., профессор Шеров К.Т.

Докторант в своем докладе раскрыла актуальность работы, отметила цель исследования, ознакомила с задачами исследования, изложила предполагаемую научную новизну и практическую значимость. В ходе исследования износа термофрикционных режущих инструментов выявлены основные причины появления дефектов. Для решения проблемы обеспечения износостойкости, жесткости и прочности режущих инструментов предложен метод упрочнение режущей части термофрикционных инструментов наплавкой, используя наплавочные материалы, обладающие высокой твердостью и температурной стойкостью.

Работа ведется в соответствии с утвержденным графиком, отставаний нет.

Опубликовано 8 статей, в том числе 2 публикации рекомендуемые Комитетом (ККСОН).

қосымша Е жалғасы

В процессе обсуждения был задан ряд принципиальных вопросов, касающихся научной новизны, актуальности темы, обоснованности выбора конкретных научных и инженерных методов и средств решения поставленных задач, особенностей предлагаемых рекомендаций.

Вопросы задавали: д. т. н., профессор Насад Т.Г., к. т. н., доцент Тихонов Д.А., к.т.н., доцент Стекольников М.В., к. т. н., доцент Козлов Г.А.

Д.т.н. профессор Насад Т.Г.: Какое практическое применение и в каких условиях на предприятиях могут быть использованы результаты исследования?

К.т.н. доц. Тихонов Д.А.: Скажите, какие материалы из исследованных теоретически и практически наиболее эффективно обрабатывать предложенным вами способом с экономической точки зрения и какие технические сложности могут возникнуть при внедрении данного метода в производство?

К.т.н. доц. Стекольников М.В.: Как определялись оптимальные режимы обработки?

К.т.н. доц. Козлов Г.А.: Какие материалы использовались при наплавке? Как осуществлялась их выборка?

Докторант Тусупова С.О. дала обстоятельные ответы на заданные вопросы.

Выступил научный консультант д. т. н., профессор Насад Т.Г., которая положительно охарактеризовала работу соискателя.

По результатам открытого голосования (за - 10, против - нет, воздержавшихся -нет) принято следующее заключение:

В результате обсуждения работы над диссертацией С.О. Тусуповой установлено следующее:

Постановили:

Признать тему диссертационной работы С.О. Тусуповой «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» актуальной.

Рекомендовать продолжить работу над диссертацией до полного завершения согласно плану.

Заведующий кафедрой «ОТМ»
ЭТИ СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
д. т. н., профессор



Т.Г. Насад

Секретарь кафедры «ОТМ»
ЭТИ СГТУ имени Гагарина Ю.А.



И.А. Тарасова

қосымша Е жалғасы

Отзыв зарубежного консультанта о прохождении научной стажировки

В период с 30.11 по 10.12.2018 г. докторант Карагандинского государственного технического университета, Тусупова Саягуль Ораловна, прошла научную стажировку на кафедре «Оборудование и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института (филиала) «Саратовского государственного технического университета» имени Гагарина Ю.А. (ЭТИ СГТУ), г. Энгельс, Россия.

Во время научной стажировки докторант выступила с докладом по диссертационной теме: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов», получила рекомендации по дальнейшей работе над диссертацией, а также ознакомилась с научными работами ученых кафедры «Оборудование и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института и «Технология машиностроения» (ТМС) Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина.

Научно-исследовательская работа докторанта, Тусуповой С. О., выполняется как в теоретическом, так и в практическом (экспериментальном) аспекте.

В теоретическом аспекте докторантом освещены следующие вопросы: выполнен подробный анализ современной научно-технической литературы, изложен мировой опыт по теме диссертации. Также проанализированы мнения и теоретические исследования ведущих отечественных и зарубежных ученых и рассмотрен аспект развития данной проблемы. Сформирована концепция теоретической модели и проведен ряд экспериментов.

За период обучения в докторантуре, опубликовано 8 научных статей.

Работа выполняется согласно индивидуальному плану.

За время научной стажировки Тусупова С. О. зарекомендовала себя с положительной стороны.

Зарубежный научный консультант,
заведующий кафедрой «ОТМ»
ЭТИ СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
д. т. н., профессор



Т.Г. Насад

Саягуль Ораловна Тусупова
Насад Т.Г. заверю
Подпись *подпись* *подпись* *подпись* *подпись*



ҚОСЫМША Ж

Министерство высшего и среднего специального образования
Республики Узбекистан
Навоийский государственный горный институт

Выписка из протокола
расширенного Научно-технического семинара
Энерго-механического факультета

«8» ноября 2019 г.

г. Навои

Председатель – зав. кафедрой «Технология машиностроения»
доц. Ахмедов Х.И.

Секретарь – Каймокова Ё.Х.

Присутствовали: доц. Манглиева Ж.Х., доц. Атауллаев А.О., доц. Муминов Р.О., Кульмуратов Н.Р., Жураев Н.Н., Равшанов Ж.Р., Тоиров М.Ш., Обитов Н.М., Рузибаев А.Н., Жумаев А.С., Исаев Д.Т., Яхшиев Ш.Н., Орипов З.Б., Жураев Д.Д., Мамадияров А. Ж., Ашуров Х.Х., Каймокова Ё.Х., Пулатова А.К., Нурмаматов И.А., Наимов Ф.Х., Хошимов А.У., Есиркепова А.Б., Айнабекова С.С., Тусупова С.О., магистранты, докторанты.

Приглашенные: Уренов И. О., Зоирова Л.Х. доценты кафедры «Физика», Ботиров Т.В., Уренов Ш.Р. доценты кафедры «Автоматизация и управление».

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Научный доклад Тусуповой С.О. по теме диссертации: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

СЛУШАЛИ: доклад Тусуповой Саягуль Ораловны по работе над диссертацией на тему: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» (докторант 3-курс, специальность 6D071200 «Машиностроение», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан). Научный консультант - д.т.н., профессор Шеров К.Т.

Диссертационная работа состоит из таких разделов как: исследование состояние вопроса, исследование механических свойств наплавленных материалов и способов наплавки, экспериментальное исследование процесса наплавки термофрикционных инструментов, экспериментальное исследование износостойкости термофрикционных инструментов с наплавкой, исследование тепловых явлений процесса обработки термофрикционных инструментов с наплавкой, рекомендаций для производства, внедрение в производство. На данный момент ведется работа

қосымша Ж жалғасы

по исследованию тепловых явлений в процессе работы термофрикционных режущих инструментов с наплавкой.

Докторант остановился на каждом из разделов и дал подробное описание касательно результатов проделанной работы.

В процессе обсуждения был задан ряд принципиальных вопросов, касающихся научной новизны, актуальности темы, обоснованности выбора конкретных научных и инженерных методов и средств решения поставленных задач и особенностей предлагаемых рекомендаций. В ходе обсуждения были заданы следующие вопросы:

1. Каков экономический эффект от применения предлагаемого метода?
2. На каком предприятии будет применяться данные режущие инструменты?
3. Какие режимы резания будете соблюдать?
4. Какова стойкость данных режущих инструментов?

ВЫСТУПИЛ: Ахмедов Х.И. который отметил актуальность и эффективность предлагаемого метода по повышению износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов.

ПОСТАНОВИЛИ:

В результате обсуждения работы над диссертацией С.О. Тусуповой решено следующее:

1. Признать тему диссертационной работы С.О. Тусуповой «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» актуальной.
2. Рекомендовать продолжить работу над диссертацией до полного завершения согласно плану.

Председатель

Секретарь



Ахмедов Х.И.

Каймокова Ё.Х.

ҚОСЫМША И

«УТВЕРЖДАЮ»

**Проректор по научной работе
и инновациям Самаркандского
государственного архитектурно-
строительного института**

Э.Х.Исаков



«13» ноября 2019 г.

г. Самарканд

13 ноября 2019 г.

ВЫПИСКА

из протокола расширенного заседания кафедры «ПСМИ и К»
Самаркандского государственного архитектурно-строительного института
имени Мирзо Улугбека

ПРИСУТСТВОВАЛИ: Саидмуратов Бахтиёр Ибрагимович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «ПСМИ и К»; Бобоев Собир Муродиллаевич, д.т.н., профессор; Юсупов Хамид Вохобович, доцент кафедры «ПСМИ и К»; Султанов Аминжон Ахадович, доцент кафедры «ПСМИ и К»; Кулдашев Холжигит, доцент кафедры «ПСМИ и К»; Бахриев Нуриддин Фахриддинович, доцент кафедры «ПСМИ и К»; Тилляев Абид Джуракулович, доцент кафедры «ПСМИ и К»; Бурибаев Шавкат Абдувоитович, к.т.н. кафедры «ПСМИ и К»; Каримов Ғофур Умрқулович, докторант кафедры «ПСМИ и К», докторанты «КарГТУ»: Айнабекова С.С., Тусупова С.О., Есиркепова А.Б.

ПОВЕСТКА ДНЯ: Заслушивание докладов докторантов «Карагандинского государственного технического университета» г.Караганда, Казахстан.

СЛУШАЛИ: доклад Тусуповой С.О. докторанта специальности 6D071200 - «Машиностроение» Карагандинского государственного технического университета. Тема диссертаций: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

Работа выполняется на кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация». Научный консультант - д.т.н., профессор Шеров К.Т.

В работе исследованы механические свойства наплавленных материалов и способы наплавки, описан порядок проведения экспериментальных исследований процесса наплавки термофрикционных

қосымша II жалғасы

инструментов, а также проведен неразрушающий контроль термофрикционных режущих инструментов с наплавкой. Ведется дальнейшая работа по исследованию тепловых явлений в процессе работы термофрикционных режущих инструментов с наплавкой. Построены графики твердости наплавочных материалов для 3 типов наплавки для различных марок проволок.

В ходе доклада были заданы следующие вопросы:

К.т.н., доцент Саидмуратов Б.И. – Производство наплавочного материала?

К.т.н., доцент Кулдашев Х. – Каков ресурс наплавленных инструментов?

К.т.н., доцент Юсупов Х. В. – Как проводили отрезку образцов? Не повлияло ли на структуру металла?

На все вопросы были даны удовлетворительные ответы.

ПОСТАНОВИЛИ:

Поддержать работу докторанта и признать тему диссертационной работы Тусуповаой С.О. «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» актуальной.

Зав. кафедрой «ПСМИ и К»,
к. т. н., доцент



Б.И. Саидмуратов

Секретарь



Г.У.Каримов

ҚОСЫМША К

Выписка из протокола
технического совещания № 3
ООО «Интехком»
(наименование предприятия)

06.12.2018 г.

г.Саратов

Повестка дня

1. Научный доклад докторанта Тусуповой С.О. на тему: «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов».

Слушали докторанта Тусупову С.О. Были предоставлены результаты исследования износа термофрикционных инструментов в процессе обработки и метод обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов. Докторант в полной мере раскрыл актуальность исследуемой темы.

В процессе обсуждения докторанту были заданы следующие вопросы:

1. Из какой стали изготавливается инструмент?
 2. На каком предприятии будет применяться данные режущие инструменты?
 3. Химический состав проволоки, производитель? Каков экономический эффект?
 4. Основные причины возникновения дефектов?
- Докторант дал ответы на все вопросы.

Выступили: гл. технолог Калихман А.М., нач. производства Ключарев С.А.

Решили: Диссертационная работа докторанта Тусуповой С.О. «Исследование и разработка способа обеспечения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов» направлена на решение актуальной проблемы, связанной с возникновением различных видов дефектов на режущих инструментах.

Председатель

Секретарь



В.Г. Насад

С.Г. Яшина

ҚОСЫМША Л

Тетіктерді беріктендіру үшін кеңінен пайдалантын балқыма ұнтақ сымдардың қасиеттері мен белгіленуі (МЕСМТ 26101-84)

Сым маркасы ескі белгіленуі	Қаттылық, HRC/HB	Диаметр, мм	Қорғаныш	Тағайындалуы Қолдануы
ПП-Нп-200Х12М ПП-АН103	41-49	3,6	флюс	Абразивті тозу және соққы жүктемелері жағдайында жұмыс істейтін тетіктерді, рольганг роликтерін, металды суық кесу пышақтарын балқыту
ПП-Нп-90Г13Р4 ПП-АН105	160-240	2,8	Өздігінен қорғалатын	110Г13Л болаттан жасалған тетіктерді құю ақауларын дәнекерлеу, т/ж айқастырма-ларды балқыту. Гидропресстің плунжері, құбыр арматурасының тығыздағыш беттері, гидрокапас перделері
ПП-Нп-10Х14Т ПП-АН106	39-47	2,8	Өздігінен қорғалатын, флюс	
ПП-Нп-18Х1Г1М ПП-АН120	280-380	3,6-6,0	Флюс	Кран доңғалақтары, рольганг роликтері, тежегіш шкивтер, шынжыр табанды машина-лардың катоктары мен керме доңғалақтары, біліктердің отырғызу орындары, орауыш роликтерін қалыптастыратын, иінді мақталар, резенке алмастырғыштардың камералары мен шнектері
ПП-Нп-30Х5Г2СМ ПП-АН122	49-57	2,6	Өздігінен қорғалатын, флюс, СО2	Шынжыр табанды машиналар-дың жүріс бөлігінің катоктары мен роликтерін, араластырғыш-тардың камералары мен шнектерін балқымалау.
ПП-Нп-200Х15С1ГРТ ПП-АН125	47-59	2,0; 2,6; 3,2	Өздігінен қорғалатын	Абразивті тозу жағдайында жұмыс істейтін бөлшектерді балқыту
ПП-Нп-30Х4Г2М ПП-АН128	43-49	2,0	Өздігінен қорғалатын, флюс	Біліктерді, осьтерді және т. б. ашық доғамен балқыту
ПП-Нп-25Х5ФМСТ ПП-АН130	43-51	2,2 2,8	Өздігінен қорғалатын	-----
ПП-Нп-45В9Х3СФ ПП-4Х2В8	42-54	3,6 4,0 5,0 6,0	флюс	
ПП-Нп-25Х5ФМС ПП-25Х5ФМС	41-51	3,6; 4,0; 5,0; 6,0	флюс	Мерзімді илектеу біліктері металды ыстықтай кесу пышақ-тары, престеу және штампылау құралдары кесінділерді жинау конвейерін қырғыштар, орауыш роликтерін қалыптастыратын, жайма илектеу және шар илектеу орнақтарының біліктері.

қосымша Л жалғасы

ПП-Нп- 250X10Б8С2Т ПП-АН135	51-59	3,2	Өздігінен қорғалатын	Қарқынды абразивті және гидроабразивті тозу жағдайында жұмыс істейтін тетіктерді балқымалау
ПП-Нп-80X20Р3Т ПП-АН170	59-63	2,6 3,2	Өздігінен қорғалатын	Экскаваторлардың шөміштерін, драгалардың құнқағарларын, шлам сорғыларын, пеш колосниктерін ашық доғамен балқыту
ПП-Нп- 150X15Р3Т2 ПП-АН170М	59-68	2,6 3,2	Өздігінен қорғалатын, флюс	Бульдозерлер мен грейдерлердің пышақтарын, экскаватор шөм- іштерінің тістерін, соқалар лемехін балқымалау
ПП-Нп- 350X10Б8Т2	51-63	2,6 3,2	Өздігінен қорғалатын	Абразивтік және соққы-абразивтік тозу жағдайларында жұмыс істейтін тетіктерді балқымалау.
ПП-Нп- 35В9Х3СФ ПП-3Х2В8	42-54	3,2; 3,6; 4,0; 5,0; 6,0	флюс	Ыстықтай илектеу біліктерін, металды ыстықтай кесу пышақтарын, орауыш роликтерін, тежегіш шкивтерін, созғыш орнақтардың болат барабандарын және т. б. балқымалау
ПП-Нп-14ГСТ ПП-ТН250	220-280	3,0	Өздігінен қорғалатын	Т/ж вагондарының осьтерін, дөңгелектерін, 25Л, 35Л, 45Л көміртекті конструкция-лық және құйма болаттан жасалған тетіктерді, илемдеу орнақ-тарының біліктерін қаптау кезінде қабаттарды және т. б. балқыту.
ПП-Нп-19ГСТ ПП-ТН350	260-320	3,0	Өздігінен қорғалатын	Кран дөңгелектерін, гидропресс плунжер-лерін, созу орнақтары-ның барабандарын, дұрыс орнақтардың роликтерін, құймакесектер орауыштарын және т.б. балқымалау.
ПП-Нп-50Х3СТ ПП-ТН500	45-51	3,0	Өздігінен қорғалатын	Локомотивтер мен вагондардың біліктерін, осьтерін, тетіктерін балқымалау.

ҚОСЫМША М

Тозу шарттарын жіктеу (жұмыс шарттары)

Топ номері	Жұмыс шарттары	Тозығу	Тетіктер
1	Сусымалы абразив бойынша сырғу	Абразивті	Сусымалы таужыныс бойынша жұмыс кезіндегі экскаваторлардың қабыршақтары мен тістері; брикетті пресстер, қалыптау машиналары
2	Газ-абразивті немесе ағынды-абразивті ағынмен жұмыс істеу	Газ-абразивті немесе ағынды абразивті	Штуцерлер, қондырма, газ кәсіпшіліктеріндегі бекіту арматурасының элементтері
3	Ірі монолитті таужыныстардың соққы әсері	Соққы-абразивті	Таужыныс талқандаушы құрал, ұнтақтау аппараттарының тетіктері
4	Абразивті сұйық ортада сырғу	Гидроабразивті	Араластырғыштардың, сорғылардың, жер қазғыштардың тетіктері
5	Сусымалы абразивтің қатысуымен майлау материалынсыз металл бойынша металдың үйкеліс	Үйкеліс жұптарының абразивті тозуы	Шынжыр табанды машиналардың, экскаваторлар мен тракторлардың шынжырлары мен жұлдызшаларының тетіктері
6	Металл бойынша металдың тербелісі	Домалау үйкелісі кезінде	Тербеліс мойынтірегі
7	Майлау материалымен металл бойынша металдың үйкеліс	Түйіндес жұптардың тозығуы	Білік, осьтер
8	Шектес майлау кезінде тозу	Тозығу және түйіспелік қажу	Тістегершік тістері
9	Гидравликалық ағынның әсері	Кавитация	Плунжерлер, гидротурбиналық қалақтар, еспелі біліктер
10	Абразив ағынында жұмыс істейтін ершігі бар клапан	Соққы-абразивті және соққы-қажулық	Сорғы клапандары
11	Ыстық газдар ағынындағы клапандар	Тотығу және күйдіру	Іштен жану қозғалтқыштарының клапандары
12	Коррозиялық белсенді ортадағы абразивтің әсері	Коррозиялық механикалық қирау	Химиялық өндірістің сорғылары мен аппараттары, газконденсатты кен орындарының жабдықтары

ҚОСЫМША Н

Топ	Фазалық құрамы, %		Балқытылған металл, %	Электрод	Ұнтақ сымдар мен таспалар
	Матрица	Беріктендіретін фаза			
1	70-60 М	30-40 К, Б	1,4-2,5 С, 1025 Cr, Mn, В, Ni, Si	ВСН-9 (140Х10Н2Г2АР) ВСН-6 (110Х14В13Ф2)	ПП-АН170 (80Х20Р3Т)
2	$\alpha \leq 45^\circ$ 60 М, 10 А	30 К, Б, 20 К	1,4-2,5 С, 1025 Cr, Mn, В, Ni, Si	13АН/ЛИОТ80Х4 С	ПЛУ30Х30Г3ТЮ АН-125 (200Х15С1РГТ) ПП-АН17 (80Х20Р3П)
	$\alpha > 60^\circ$ 60 М, 20 А	30 К, Б, 20 К	0,8-2 С, ≤ 15 Cr, Mn, Ni, Si		
3	40 М, 40 А (тұрақты емес)	20 К, 10 К	0,7-1,5 С, 5-25 Cr, ≤ 15 W, Mn, Ni	ВСН-6 (110Х14В13Ф2) ОМГ-Н (65Х11Н3)	ПП-АН135 (250Х10Н8С2) ПП-АН122(30Х5Г2С М)
	АН-90		0,3-0,7 С, $\leq 7-9$ Mn, 5-10 Cr, Ni, Si, Mo, V, Ti	ВСН-10 (50Х12Н4М2)	
4	60 М, 10 А	30 К, Б	~ 3 С, ≤ 25 Cr, ≤ 1 В, Mn, Si, Ti	ЭНУ-2 (350Х15Г3Р1)	ПЛУ25Х25Г3Ф1Н РС
5	70 М	30 К	≤ 1 С, ≤ 12 Cr, Ni, Mo	ВСН-10 (50Х12Н4М2)	ПП-АН103 (200Х12М)
6	90 М	10 К	≤ 1 С, ≤ 15 Cr, Ni, Mo, W	ОМГ-Н (65Х11Н3)	ПП-АН103 (200Х12М)
7	90-100 М	0-10 К	$\leq 0,5$ С, ≤ 5 Cr, ≤ 3 Mn, Ni	ЭН-60М (70Х3СМТ)	ПП-25Х5ФМС ПП-АН122 (30Х5Г2СМ)
8	90-100 М, 70-80 Ф	0-10 К, 20-30 К	$\leq 0,5$ С, Cr, Mn $\leq 1,2$ С, Cr, Mn	НР-70 (30Г2ХМ) ОЗИ-3 (90Х4М4ВФ)	ПЛ-АН126 (20Х2ГСТ)
9	20-30 М, 70-80 АН	-	0,3-0,7 С, 7-9 Mn, 5-10 Cr, Ni, Ti, Mo	-	ПП-АН105 (90Г13Н4)
10	40 А, 40 М	20 К	1-1,5 С, 40-60 Ni, ≤ 20 Cr	ЭА-582/23 (5Н34Х14М6Г6Б)	ПП-АН-106 (10Х14Т)
	40 М, 40 Ф	20 К	$\leq 1,5$ С, ≤ 20 Cr, Ni, Mo, Ti		
11	40 А, 40 М	20 К	≤ 2 С, ~ 25 Cr, Ni, Mn	ЦН-2 (190К62Х29В5С2)	ПП-АН138 (10Х15Н2ГТ)
	60 А, 20 М	20 К	≤ 2 С, ~ 30 Cr, 60 Co		
12	60 М, 20 А	20 К	~ 2 С, ≤ 10 Cr, Mn, Ni	ЭЛ-898/21Б (8Х18Н9Г2Б3И08)	ПП-АН-106 (10Х14Т) ПП-АН133 (10Х17Н9С5ГТ)
	90 А	10 К	≤ 1 С, ≤ 20 Ni, ≤ 15 Cr, Mo, W, Mn		

ҚОСЫМША П

**ЧУ “АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ”
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ**

«Независимый неразрушающий контроль и диагностика»

г.Караганда, ул. Тулепова, 16/1, телефон 970417, факс (7212) 970417

Свидетельство о состоянии измерений № 168 от 31.10.2014 г.

Аттестат на право проведения работ в области промышленной безопасности

№ KZ40VEK00000303 выдан 15 февраля 2014 года

№ 01/518-19

от "23" апреля 2019 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

по неразрушающему контролю
конусной фрезы трения

Заказчик: частное лицо Тусупова С.О.

Адрес заказчика: г. Павлодар, ул. М.Горького 31-61

қосымша II жалғасы

1. Место проведения испытания: г. Караганда, ул. Тулепова 16/1
2. Неразрушающий контроль представленных образцов проведен в соответствии с нормативными документами:
 - ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод»;
3. Методы испытаний:
 - а) Магнитопорошковый методМагнитопорошковая дефектоскопия проведена с целью определения наличия наружных несплошностей на поверхности объекта контроля. Результаты контроля представлены в таблице 1.
4. Средства контроля:
 - штангенциркуль ШЦ-1, зав. № 0217433;
 - линейка измерительная металлическая 1-300.
 - дефектоскоп магнитопорошковый Contour Probe B300S, №4525;
 - магнитная суспензия 14-HF «Magnaflux»;Контрольные образцы:
 - уровень чувствительности А по ГОСТ 21105-87
5. Описание испытуемого образца:
 - Конусная фреза трения - фото1
 - Заводской номер: без заводского номера
 - Зона контроля: поверхность наплавки



Фото 1

01/518-19

Таблица 1 Результаты магнитопорошкового контроля

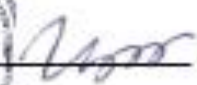
Объект контроля	Результаты контроля	Примечание
Конусная фреза трения	Многочисленные индикации различной длины на поверхности объекта контроля	Фото 2



Фото 2

Даты проведения и окончания испытаний 23.04.2019

Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Начальник ЦИ-ЧУ АЛСНБ  Бортников В.В. Ильяна Ю.С.

қосымша II жалғасы

**ЧУ “АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ”
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ**

«Независимый неразрушающий контроль и диагностика»

г.Караганда, ул. Тулепова, 16/1, телефон 970417, факс (7212) 970417

Свидетельство о состоянии измерений № 168 от 31.10.2014 г.

Аттестат на право проведения работ в области промышленной безопасности

№ KZ40VEK00000303 выдан 15 февраля 2014 года

№ 02/ 519- 19

от "23" апреля 2019 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

по неразрушающему контролю

зоны наплавки ротационно-фрикционного чашечного резца

Заказчик: частное лицо Тусупова С.О.

Адрес заказчика: г.Павлодар, ул. М.Горького, д.31, кв.61

02/519-19

1. Место проведения испытания: г. Караганда, ул. Тулепова 16/1

2. Неразрушающий контроль представленных образцов проведен в соответствии с нормативными документами:

- ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод»;

3. Методы испытаний:

а) Магнитопорошковый метод

Магнитопорошковая дефектоскопия проведена с целью определения наличия наружных несплошностей на поверхности объекта контроля. Результаты контроля представлены в таблице 1.

4. Средства контроля:

- штангенциркуль ШЦ-1, зав. № 0217433;

- линейка измерительная металлическая 1-300.

- дефектоскоп магнитопорошковый Contour Probe B300S, №4525;

- магнитная люминесцентная суспензия;

Контрольные образцы:

- уровень чувствительности А по ГОСТ 21105-87

5. Описание испытуемого образца:

Ротационно-фрикционный чашечный резец – фото 1

- Заводской номер: без заводского номера

- Зона контроля: поверхность наплавки



6. Результаты контроля

Таблица 1 Результаты магнитопорошкового контроля

Объект контроля	Результаты контроля	Примечание
Ротационно-фрикционный чашечный резец	Индикаций не обнаружено	Фото 2



Фото 2

Даты проведения и окончания испытаний 23.04.2019

Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям

Начальник ИЛ



Бортников В.В.

Ильина Ю.С.