

Қ.И.СӨТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИИВЕРСИТЕТІ

ӘОЖ 621.7 (043)

Қолжазба құқығында

БЕКБОСЫНОВА БАГЛАН АСЫЛХАНОВНА

**ҰЗЫН ПРЕСС БҰЙЫМДАРЫН СЫҒУ ҮШІН ҮЗІЛІССІЗ ВИНТТІ
ОРНАҚТЫҢ ТИІМДІ ҚҰРЫЛЫМЫН ЖАСАУ**

6D071200 – Машина жасау

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясы

Ғылыми жетекші: техника ғылымдарының кандидаты,
Қауымдастырылған профессор
Исаметова Мадина Есдаулетовна

Шет елдік ғылыми жетекші: техника ғылымдарының докторы, профессор
Дыя Хенрик (Польша)

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2022

Мазмұны

Нормативтік сілтемелер	4
Анықтамалар	5
Белгіленулер мен қысқартулар	6
Кіріспе	7
1 Илектелген шыбықтар мен жіксіз құбыр сымдарын өндіруге арналған бұрандалы орнақтар мен жабдықтарды талдау	15
1.2 Әмбебап үш білікті бұрандалы орнағын құру қажеттілігінің негіздемесі	21
Бірінші бөлім бойынша қорытынды	23
2 Бұрандалы орнақтың геометриялық параметрлерін жобалау, анықтау	
2.1 Көлденең бұрандалы илемдеу орнағын жобалауға арналған технологиялық кірістерді анықтау	25
2.2 Бұрандалы илемдеу процесінің технологиялық параметрлерін анықтау	25 28
2.3 Дайындаманың бұрандалы қозғалыс сызығының қадамы	30
2.4 Түсті металдардан жасалған шыбықтарды илектеу - престеу үшін жаңа бұрандалы орнақтың жетек конфигурациясын анықтау	44
2.5 Жаңа орнақтың жобалық құжаттамасының эскиздік нұсқасын әзірлеу	51
2.6 Жакен Қалша ЖШС де техникалық жобаны жүзеге асыруға әмбебап орнақты дайындау	51
Екінші бөлім бойынша қорытынды	57
3 Үздіксіз дайындаманың көлденең бұрандалы илемдеу процесін математикалық және үш өлшемді ақырлы-элементтік модельдеу, аналитикалық зерттеулер	58
3.1 Жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта шыбықтарды престеу процесін динамикалық компьютерлік модельдеу арқылы кернеулі деформацияланған күйді және ауыр жүктелген орнақ элементтерінің дірілін есептеу	67
3.1.1 Модельдеу нәтижелері бұрандалы илемдеу орнағында түйіндердің кернеулі деформацияланған күйі	72
Үшінші бөлімнің қорытындысы	78
4 Жаңа конструкциялы бұрандалы орнақта дайындамаларды илемдеу –престеудің жаңа бірлескен технологиясын құру	79
4.1 Энергия параметрлерін есептеу үшін илемдеу процесін модельдеу	85
4.2 Жаңа конструкцияның винтті орнағында шыбықтар мен сымдарды илемдеу және илемдеу-престеу кезінде энергия күш параметрлерін зерттеу	89
4.3 Жаңа құрылымдағы бұрандалы орнақта дайындамаларды илемдеу және илемдеу-престеу кезіндегі байланыс өзара әрекеттесуін және күшін компьютерлік модельдеу	92
4.4 SIMUFACT.FORMING бағдарламалық кешеніндегі "бұрандалы илемдеу престеу" бірлескен процесін модельдеу	104

4.4.1 Бастапқы модель және температураның таралуы	106
4.5 Микроқұрылым эволюциясын модельдеу	108
4.5.1 Дайындаманың қыздыру температурасының өзгермелі мәндері бар модельдердегі микроқұрылымның эволюциясы	109
4.5.2. Деформация жылдамдығы өзгертін модельдердегі микроқұрылымның эволюциясы	111
4.5.3 Бірнеше деформация циклдарынан кейінгі микроқұрылымның эволюциясы	113
4.6 Жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта шыбықтарды илемдеудің ұтымды технологиялық процесін әзірлеу	113
4.7 Айнымалы құрылымның эволюциясын зерттеу нәтижелері және оларды талқылау	114
Қорытынды	121
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	123

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер пайдаланылды:

МЕСТ 6.38–90 – Құжаттаманың сәйкестендірілген жүйелері. Ұйымдастырушылық–жарлықтық құжаттама жүйесі. Құжаттарды ресімдеуге қойылатын талаптар

МЕМСТ 7.32-2001. Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Рәсімдеу құрылымы мен ережелері.

МЕСТ 7.1-2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері.

МЕСТ 8.417–81 – Мемлекеттік өлшемдер біртұтастығын қамтамасыз ету жүйесі. Физикалық шамалардың бірліктері

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда мынадай терминдер және тиісті анықтамалар қолданылады:

Кернеу - сыртқы жүктеме әсерінен көлемде пайда болатын ішкі бөлінген күштердің немесе олардың құрамдас бөліктерінің қарқындылығы. Кернеу аудан бірлігіне түсірілетін күш ретінде анықталады.

Аққыштық шегі - бұл материал кернеу мен деформацияның пропорционалдылығынан дәл белгіленген ауытқуды көрсететін кернеу.

Иілгіштік - материалдың сыртқы жүктеме әсерінен оның өлшемі мен пішінін бұзбай өзгерту және оның әрекеті аяқталғаннан кейін бұл өзгерістерді сақтау қабілеті.

Илектену орнағының біліктері - илемдеудің негізгі операциясын-металдың пластикалық деформациясын (қысылуын) орындайды.

Деформация - сыртқы немесе ішкі күштердің әсерінен қатты дене нүктелерінің өзара орналасуының өзгеруі.

Иілу - сыртқы жүктеме әсерінен үлгінің немесе бұйымның осьтік немесе осьтік бетінің қисаюымен сипатталатын деформация түрі.

Клеть - мойынтіректері бар илемдеу орамдарына немесе беріліс орамдарына тірек ретінде қызмет ететін екі тұғырдан тұратын илемдеу орнақтарының негізгі құрылымдық элементі.

Жүктеме - бұл материалға әсер ететін және ондағы кернеулер мен деформациялардың пайда болуына әкелетін күш.

Илемдеу - илектелетін дайындаманың (құйманың) көлденең қимасын азайту, оның ұзындығын ұлғайту және қажетті пішінді беру мақсатында екі немесе одан да көп илектену орамдарының арасына қысу арқылы металдарды қысыммен өңдеу процесі.

Престену - бұл дайындаманы матрицаның арнасы (саңылауы) арқылы тұйық көлемнен шығару процесі.

БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

КДК - кернеулі деформацияланған күй

АЭМ - ақырлы элементтер моделі

АБЖ - автоматтандырылған басқару жүйесі

МҚӨ - металдарды қысыммен өңдеу

ИО - илемдік орнақ

ҮБО - үш орамды бұрандалы орнақ

ҚПД - қарқынды пластикалық деформация

УҰТ - ультра ұсақ түйіршікті

«MSC.VISUALNASTRAN 4D» - кинематиканы, жеке буындардың да, тұтастай алғанда механизмнің де кернеулі-деформацияланған және жылу күйін есептеу мүмкіндігі бар механизмдердің динамикасын зерттеуге арналған компьютерлік модельдеу бағдарламасы;

APMWinMachine, КОМПАС 3D - бұйымдарды компьютерлік модельдеу бағдарламалары;

«INVENTOR» - өнімдерді үш өлшемді геометриялық модельдеу бағдарламасы

КІРІСПЕ

Шешіліп отырған ғылыми техникалық мәселенің заманауи күйін бағалау. Қазіргі уақытта алюминий және мыс қорытпаларынан шағын қима профильдерін алу кезінде дәстүрлі технологиялармен қатар, әсіресе шағын өндірістер үшін үздіксіз конформды престоу, экстроллинг, лайнекс және үздіксіз құю, илемдеу, престоу технологиялары қолданылады. Мұндай өндірістерге арналған модульдік жабдық жоғары ұтқырлықпен, өнімнің бір түрінен екіншісіне ауысу икемділігімен, сондай-ақ салыстырмалы түрде жоғары өнімділікпен сипатталады. Сондықтан, бұл технологияларды жетілдіру илемдеу, престоу және тарту процестерін дамытудың перспективалық бағыты болып табылады деп қорытынды жасауға болады. Өнеркәсіп пен техниканың дамуы технологиялық жабдықтарды шығару көлемінің ұлғаюына әкеледі, оларды өндіру үшін шарлар, сақиналар, жіксіз құбырлар, бұрандалы бекіткіштер сияқты бейінді бұйымдар мен дайындамалар жаппай қажет. Дөңгелек шыбықтар мен ыстық илемдеу құбырларын өңдеу арқылы мұндай бұйымдарды өңдеу өте көп уақытты қажет етеді, қымбат және үлкен күрделі шығындар мен өндіріс алаңдарын қажет етеді.

Ыстықтай илектелген шыбықты қалыптау процестерін қолдану шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Жаппай өндірісте ағымдағы және күрделі шығындар айтарлықтай үлкен болып қалады, бұл көбінесе штамптау жабдығының жеткіліксіз жоғары өнімділігіне және кейбір жағдайларда күрделі пішінді бұйымдарды алудың мүмкін еместігіне, әсіресе олардың ойықтары мен үлкен ұзындығына байланысты.

Шарларды өндірудің жоғары өнімді процесі ретінде пайда болған бұрандалы калибрлерде илемдеу технологиясы дайындамаларды пішіндеу өнімділігін 2-5 есе арттыруға мүмкіндік береді, бұл дайындамалар мен бұйымдарды жаппай өндіру кезінде нақты ағымдағы және күрделі шығындарды төмендетудің негізі болып табылады. Илемдеудің артықшылығына бөлшектерден алынған жоғары өнімділік сипаттамаларын жатқызымыз. Мысалы, бұрандалар басқа өңдеу әдістеріне карағанда едәуір қатты және берік. Бөлшектер қажетті көтеру қабілеті мен тозуға төзімділікке ие болады.

Бұрандалы калибрлерде илемдеу үшін бөлшектердің шығару көлеміне ешқандай шектеулер қойылмайды. Бөлшектердің техникалық-пайдалану параметрлерінде, шағын партиялар үшін экономикалық көрсеткіштерде, ауқымды және жаппай өндірісте жақсы нәтижелерге қол жеткізуге болады.

Бұрандаларды бұрандалы калибрлерде илемдеу, көлденең илемдеу арқылы бұрандама салу әдісімен салыстырғанда артықшылыққа ие, мұнда бұйымды бірден бұрандаманың бүкіл ұзына бойына өңдемейді, өнімнің ось бойымен қозғалған бөлігін өңдейді.

Демек, бұл әдіспен бұранданы шексіз ұзындықтағы бұрылыстарда және іс жүзінде шексіз қадаммен алуға болады, бұған қолданыстағы білдектермен қол жеткізуге болмайды.

Энергия мен шикізат ресурстарының сөзсіз ұзақ мерзімді

перспективасына байланысты. Энергияны үнемдейтін технологиялардың рөлі және металдың механикалық және физикалық қасиеттері сияқты салыстырмалы түрде жоғары сапалы сипаттамалары бар металл өнімдерін алу кезінде артады. Энергия үнемдеу технологияларын пайдаланудың осы саласындағы басты бағыттарының бірі субультра - және ультра ұсақ түйіршікті (УҰТ) құрылымынан материалдар алуға мүмкіндік беретін қарқынды пластикалық деформация (ҚПД) технологиялары болып табылады. Алайда, осы материалдарға сұраныстың өсуі осындай материалдардан жасалған бұйымдарды өндірудің жоғары құнымен айтарлықтай шектеледі, бұл жоғары энергия мен оларды өндірудің күрделілігіне байланысты.

Субультра ұсақ түйіршікті және ультра ұсақ түйіршікті алудың ең кең тараған және зерттелген әдісі тең арналы бұрыштық престеу [1], алайда, осы және басқа да көптеген белгілі процестердің кемшілігі олардың дискреттілігінде, яғни. бұйымдарды салыстырмалы түрде үлкен ұзындықта өңдеу мүмкін істігінде және өңдеу циклдерінің көп санын жүргізу қажеттілігінде.

Бұрандалы илемдеу - бұл өте ұсақ түйіршікті құрылымды тез және үздіксіз алуға мүмкіндік беретін қарқынды пластикалық деформацияның тағы бір әдісі, алайда, шыбықтың орталық аймағын зерттеуде мәселе бар, олардың құрылымы илемдеу бағытында созылған түйіршіктерді аздаған шекаралары бар, шыбықтың перифериялық бөлігінің жоғары сапалы, тең осьті ультра ұсақ түйіршікті құрылымымен бағдарланған сипатқа ие.

Үздіксіздікті қамтамасыз ету тең арналы бұрыштық престеу, оны бұрандалы илемдеумен біріктіру арқылы шыбықтың біркелкі емес жұмыс істеу мәселесін шешуге және жалпы өнімділік пен энергия тиімділігін түбегейлі арттыруға мүмкіндік береді.

Көлденең бұрандалы илемдеу процесін және одан кейінгі престеуді бұрыштық тең арналы матрицада біріктіру [2] бірінші деформация ошағында бұрандалы илемдеу кезінде металдың беткі қабаттарының қозғалысымен интенсивті кернеулі деформацияланған күй схемасын жүзеге асыруға және екінші деформация ошағында бұралумен қозғалмалы деформациямен интенсивті бұрыштық престеуді біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда бірінші деформация аймағында өңделмеген дайындаманың орталық бөлігі екінші орталықта – сатылы тең арналы бұрыштық матрицада екінші схема бойынша қарқынды өңдеуден өтеді. Бұл дөңгелек дайындаманың бүкіл көлемінде ультра ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыру үшін жақсы жағдай жасайды. Сонымен қатар, бұралу арқылы бұрыштық престеу параметрлерін зерттеу белгілі бір қызығушылық тудырады. Шын мәнінде, матрицаның ішіндегі дайындаманың бұралу элементтерімен үздіксіз престеу процесі алынады, бұл дайындама көлеміндегі жинақталған деформация деңгейін арттырады және орталық аймақтың дамуына ықпал етеді.

Біртекті емесбұралу деформациясы тең арналы бұрыштық престеу кезінде біркелкі және қарқынды ығысу деформациясымен қабаттасады, бұл бұралудан кейін пайда болған біртекті еместікті тегістейді [3].

Жоғарыда аталған өнімдерді шығару көлемі өскен сайын оларды

қолдану саласы едәуір артады. Түсті металдардан жасалған профильдер, шыбықтар, құбырлар мен сымдар үлкен көлемде құрылыста, кеме жасауда және т. б. қолданылады. Жоғарыда аталған кемшіліктерді шешу жолдарының бірі – қалыпталған бұйымдардың өзіндік құнын айтарлықтай төмендетіп, сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін үздіксіз профильді пресстеу процестерін енгізу [1-8]. Соңғы жылдары бұған түрлі-түсті металдарды үздіксіз пресстеудің инновациялық процестерін зерттеуге және жүзеге асыруға көбірек көңіл бөлетін, Профильді өндірістің шыбықтары мен құбырларының теориялық және технологиялық мәселелерімен айналысатын алыс және жақын шетелдердің мамандарының жұмыстары ықпал етті. Бұл назар үздіксіз пресстеу процестерін игеру металл өңдеу өндірістерін дамытудың прогрессивті бағыттарына сәйкес келетіндігімен түсіндіріледі. Алыс және жақын шетелдерде алюминий илемдісін жасау үшін негізінен аралас құю және илемдеу технологиясы қолданылады. Southwire (АҚШ), Continuus-Properti (Италия) және SMS-Group (Германия) фирмалары заманауи құю және илемдеу жабдықтарының толық жиынтығын шығаратын ең танымал шетелдік компаниялар болып табылады. Бұл фирмалар металлургиялық жабдықтардың әлемдік нарығында қатаң бәсекелестік туғызады [1,2]. Көптеген өндірушілердің құю және илемдеу қондырғылары технологиялық жабдықтың ұқсас құрамына ие. Көп жағдайда технологиялық жабдықтың құрамына пештер, құю машиналары, илемдеу орнақтары мен орауыштар кіреді. Айта кету керек, әр түрлі фирмалардың құю және илемдеу қондырғыларының техникалық сипаттамалары айтарлықтай ерекшеленеді. Мысалы, шынжыр табанды тарту түрінде жасалған "Контирод" құю машиналары SMS фирмасының құю және илемдеу агрегаттарымен жабдықталған. Бұл қондырғыда құймалардың кристалдануы жылжымалы болат таспалар мен қола трапециялар арасындағы ойықта жүзеге асырылады. Трапеция ойығы бар айналмалы кристаллизаторлар Southwire және Properti фирмаларының агрегаттарында қолданылады. Алайда құю машиналары әр түрлі құрылымдық формада болады [2]. Айта кету керек, Properti компаниясының құю және илемдеу агрегаттары көп жағдайда үш білікпелі бұрандалы илемдеу орнақтарымен жабдықталған. Алайда, соңғы уақытта компания аралас орнақтарды әзірледі және қолданды деп айту керек, онда қаралай өңдеу клеті екі білікпелі, ал аралық және әрлеу - үш білікпелі. Properti компаниясының құю-илемдеу агрегаттарының мынадай артықшылықтары бар: кристалдану жылдамдығын тиісті құралмен реттеу; металды құю автоматты түрде жүргізіледі; Илемдеудің технологиялық процесін барынша автоматтандыру, бұл адам факторының осы процеске әсерін барынша төмендетуге әкеледі. Сонымен қатар, арнайы бақылау құралдарының көмегімен процестің барлық технологиялық параметрлері беріледі және бақыланады [3]. АҚШ-тың Southwire компаниясы, Properti фирмасы сияқты, сұрыпталған илемдеу өндіруге арналған жабдықты жобалаумен, өндірумен және монтаждаумен айналысатын танымал фирма болып табылады [4,5].

Илемдеу - пресстеу-шағын өндіріс технологиясының заманауи дамуы ресурс және энергия үнемдеу технологиясымен және металлургия және

машина жасау саласының барлық металл қалдықтарын пайдалануға деген ұмтылысымен сипатталады [2,3]. Шағын өндірістерде біріктірілген технологиялар қолданылады, онда бірнеше металлургиялық қайта бөлулер мен операцияларды қолдану арқылы металл өнімдері шығарылады. Бұл ретте шағын өндіріс жабдықтары берілген өнімді өндіру үшін бірыңғай агрегаттың ұйымдастырушылық қағидаттарында жұмыс істейді. Шығарылатын өнімнің пайдалану қасиеттерін оңтайландыру жабдықты жақсартпай және оның жаңа түрлерін жасамай мүмкін емес екенін атап өткен жөн. Айта кету керек, илемдеу-пресс өндірісінің технологиялық процестерін біріктіру түрлері өте алуан түрлі [4,5]. Бұл бағыттағы ерекше маңызды жетістік-құю және илемдеу процестерін, сондай-ақ құю және пресстеу процестерін біріктіру. Негізгі және қосалқы жабдықты ұтымды таңдау және ықшам орналастырудың арқасында шағын өндірісті - техникалық-экономикалық көрсеткіштері бойынша теңдесі жоқ құю-илемдеу немесе құю-пресстеу кешенін құру мүмкін болды. Әр түрлі профильдерді үздіксіз басудың алғашқы өнеркәсіптік әдістері Конформды қондырғылар, Экстроллинг, Линекс болды [6,7]. Конформды қондырғылардағы дайындамаларды пресстеуге арналған белгілі жұмыстарды талдау [8], Экстроллинг, Линекс, қазіргі уақытта көптеген теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізілгенін көрсетті.

Осы зерттеулердің көмегімен бұйымдарды пресстеу процесінің математикалық модельдері жасалды, өңделетін материалдың кернеулі-деформацияланған күйі анықталды және жоғарыда аталған қондырғыларда дайындамаларды өңдеудің температуралық-деформациялық режимдерінің параметрлері негізделген түрде таңдалды. Осы зерттеулердің көмегімен жабдықты жетілдіру, үздіксіз жұмыс істейтін қондырғылардың жұмыс құралдарының параметрлерін оңтайландыру бойынша бірқатар міндеттер шешілді.

Жоғарыда аталған әдістердің келесі артықшылықтары бар: өндіріске энергия шығындарын азайтуға көмектесетін үйкеліс күштерінің белсенді әсерінен деформация; жоғары сапалы пресс өнімдерін алу; өңдеудің технологиялық циклінің қысқаруына, өнімнің өзіндік құнының төмендеуіне байланысты. Дегенмен, жоғарыда аталған әдістердің өнеркәсіптік қолданылуы бірқатар маңызды кемшіліктермен шектеледі.

Экстроллинг әдісі де өндірісте кеңінен қолданылмағанын атап өткен жөн. Себебі, бұл әдісте процестің тұрақты ағымы қамтамасыз етілмеді және матрица арқылы металды сығу үшін жеткілікті қысым жасалады. Көптеген зерттеушілер мұны ең алдымен дөңгелек ашық калибрді пайдаланумен және матрицаның жалпы бұрандаманың тік осінде орналасуымен байланыстырады.

Жоғарыда аталған кемшіліктерге карамастан, үздіксіз пресстеудің жоғарыда аталған әдістері жақсы әлеуетке ие және қазіргі уақытта көптеген шетелдік ғалымдар, соның ішінде Ресей ғалымдары белсенді дамып келеді [7-10].

Бұл жұмыста металдарды үздіксіз пресстеу және біріктірілген құю-пресстеу процесін математикалық модельдеу жүргізілді. Алынған нәтижелерді қолдана отырып, олар Комформ қондырғыларының бірқатар

конструкцияларын жасады [7]. Жаңа, үздіксіз, илемдеу-престеу әдісі және біріктірілген құю және илемдеу-престеу әдісі біріктірілген [8-10]. Бұл әдісті жүзеге асырған кезде, ұзын өлшемді дайындама орамдардың осінен белгілі бір қашықтықта орналасқан матрицамен жабылған шығыңқы және сақиналы ойығы бар орамдардан құралған жабық қорап калибрінде деформацияланады.

Белсенді күштер деформацияланатын металмен әрекеттесу кезінде орамдар арқылы пайда болады. Бұл күштер деформацияның біркелкі таралуына ықпал етеді және шыбықты сығу үшін қажетті күшті азайтады. Сонымен қатар, осы әдіспен деформация процесінде ауыспалы деформациялар қосымша пайда болады. Ауыспалы деформацияның пайда болуы дайындаманың жылжуы кезінде оның металы алдымен тік қысу, содан кейін көлденең ұзарту арқылы деформацияланатындығымен байланысты. Әрі қарай, дайындаманың металы матрица айнасының алдында қарама-қарсы көлденең қысу арқылы деформацияланады. Мұндай ауыспалы деформация өнім сапасының жоғарылауына әкеледі. Зерттеу нәтижелері оларды өнертабысқа және пайдалы модельдерге патенттермен қорғалған құрылғы конструкциялары мен үздіксіз престеу қондырғыларының техникалық шешімдерінде қолдану арқылы тәжірибеде қолданылды [11-29].

Үздіксіз илектеу-престеу желісінің бірінің құрамына түзету құрылғысы, ДУО 260 илемдеу орнағы, матрицалық блок және престеу құрылғысы кіреді [19]. Дұрыс-орнату құрылғысында дайындаманың пішініне сәйкес келетін ағындары бар роликтер жиынтығы бар. Осы құрылғының көмегімен дайындаманы беру және оны орамдармен ұстау жүзеге асырылады.

Илемдеу орнағының орамдары жабық қорап калибрі түрінде жасалған. Матрицалық блок бүйірлік беттері бар трапеция тәрізді матрицаны және матрицаны ұстағышты қамтиды. Қысқыш құрылғы гидравликалық цилиндрі бекітілген қатты жақтаудан тұрады. Гидравликалық цилиндр матрицаны роликтерге қысуды да, престеу процесі аяқталғаннан кейін оны калибрден шығаруды да қамтамасыз етеді. Бұл матрицаны жылдам өзгертуге мүмкіндік береді. Илемдеу – престеу технологиясын құю-илемдеу және конформды технологиялармен салыстыру илемдеу – престеу технологиясын қолдану шыбық өнімдерін өндіру кезінде өндірістің жалпы шығындарын 1,5 - 2 есе азайтуға мүмкіндік беретіндігін көрсетті. Бұл төмендеу, ең алдымен, күрделі және еңбек шығындарының төмендеуімен, сондай-ақ процестің энергия сыйымдылығының төмендеуімен байланысты. Сонымен, заманауи технологиялар мен жабдықтарды талдай отырып, түсті металдардан жартылай фабрикаттар өндірісінде құю, илемдеу, престеу операцияларын қамтитын аралас өңдеу әдістерін қолдану экономикалық және технологиялық тұрғыдан тиімді екенін атап өтуге болады, мысалы, илектеу – престеу әдісі және т. б.

Алайда, осы технологияларды іске асырған кезде жабдықты орнату үшін үлкен өндірістік алаңдар қажет емес, бұл металды төмен энергия шығындарымен үлкен деформация қарқындылығымен деформациялауға мүмкіндік береді.

"Экстрولينгті" үздіксіз престеу әдісі қызығушылық тудырады. Бұл әдісті қолданған кезде пресс-бұйымдар илемдеу және престеу процестерінің

деформациясының бір ошағында біріктіру арқылы жасалады [12]. Бұл әдістің айрықша ерекшеліктеріне орамдар мен дайындамалар арасындағы жанаспалы үйкелістің белсенді күштерінің әрекеттері жатады. Осы күштердің арқасында матрицаның саңылауы арқылы ыстық немесе суық металды сығу жүзеге асырылады. Бұл процестің артықшылығы-прокатқа тән үйкеліске арналған энергия параметрлерінің шамалы жоғалуы және жоғары өнімділік [13-15].

Құрылыс индустриясында, өнеркәсіпте және күнделікті өмірде кеңінен қолданылатын алюминий қорытпаларынан жасалған шағын көлденең қималы ұзын өлшемді пресс-бұйымдар өндірісінің көлемін ұлғайту және өндіріс құнын төмендету осы өнім түрін өндірушілер үшін де, тұтынушылар үшін де өзекті міндет болып табылады.

Стандартта регламенттелген өнімнің сапалық көрсеткіштері берілген химиялық құрамның қорытпасын дайындаудың, құйма дайындаманы алудың технологиялық операцияларымен анықталады және термиялық өңдеу кезінде түпкілікті қалыптасады. Алайда, басым технологиялық буын металдарды қысыммен өңдеу процесі болып табылады, оның барысында дайын өнімнің геометриялық, механикалық және арнайы қасиеттері қойылады. ТМД елдерінің және алыс шет елдердің көптеген зауыттарында ұсақ қималы тұтас профильдер, электротехникалық және дәнекерленген сымдар, түсті металдар мен қорытпалардан жасалған шағын диаметрлі құбырлар түрінде пресс-бұйымдарды алу кезінде өңдеудің қайталанатын циклі бар тікелей престеудің дәстүрлі технологиялары пайдаланылады. Сонымен қатар, соңғы онжылдықта үздіксіз престеу әдістері қарқынды дамып келеді, бұл престелген өнім өндірісінің тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, олардың қарқынды дамуына қарамастан, қазіргі уақытта деформацияланатын металдың жай-күйінің параметрлерін басқаруға, сондай-ақ ұзын өлшемді пресс-бұйымдар өндірісінің тұрақтылығын анықтайтын технологиялық құралдар мен жабдықтарды жобалауға мүмкіндік беретін ғылыми негізделген техникалық және технологиялық шешімдер кешені жоқ. Бұл өзекті міндет.

Жұмыстың мақсаты жаңа құрылымдағы бұрандалы орнақтың конструкциясын жасау және алюминийден, және оның қорытпаларынан жасалған ұзын өлшемді пресс-бұйымдар өндірісінің тиімділігін арттыру болып табылады

Зерттеу нысаны болып жаңа құрылымдағы бұрандалы орнақтың біріктірілген технологиялық процеске арналған құрылымын жасау.

Мақсатқа байланысты келесі зерттеу міндеттері тұжырымдалады:

1. Түсті металдардан жасалған ұзын өлшемді шыбықтарды бұрандалы илемдеудің біріктірілген технологиялық процесін әзірлеу

2. Бұрандалы илемдеу процесіне арналған үш білікті бұрандалы орнақты жобалау

3. Кернеулі-деформацияланған күйді анықтау, беріктігін, қаттылығын, белсенділігін тексеру мақсатында бұрандалы орнақ тораптарының жұмысына имитациялық модельдеуді жүргізу

4. Жаңа орнақта түсті металдардан жасалған шыбықтарды

илемдеудің ұтымды технологиясын әзірлеу.

Жоғарыда аталған жұмыстарды жүргізу негізінде жоғары сапалы түсті металдардан шыбықтарды жасауға арналған бағдарламалық басқарылатын жаңа конструкциялы бұрандалы орнақ есептелді, құрастырылды және дайындалды.

Жұмыстың жаңалығы.

Жұмыста алғаш рет ұзын бөлшектерді илемдеу-престеу үшін біріктірілген технологиялық процеске арналған бұрандалы орнақтың құрылымы жасалады.

Жұмыс нәтижелері және олардың жаңалығы.

Динамикалық модельдеу жұмысында илемделетін және одан әрі престелетін дайындаманың кернеулі-деформацияланған күйі бағдарламалық басқарылатын бұрандалы орнақта анықталды, дайындаманы біріккен илемдеу-престеудің ұтымды технологиясы жасалды және бұл технология жаңа дизайндағы бұрандалы орнақта сыналды.

- динамикалық компьютерлік модельдеу арқылы сандық деректер алынды және жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта сырықтар мен құбырларды илектеу-престеу кезінде кернеулі деформациялық күйдің таралуының негізгі заңдылықтары белгіленді;

- физикалық модельдеу арқылы сандық мәліметтер алынды және бұрандалы орнақта шыбықтарды илемдеу-престеу шарттарына қатысты ыстық деформация кезінде түсті металдардың құрылымын қалыптастырудың негізгі заңдылықтары анықталды;

- эксперимент арқылы алюминий қорытпасының шекті икемділігінің кернеу күйінің көрсеткішіне тәуелділігі, сондай-ақ бұрандалы орнақтың бұрандалы орамдарындағы шыбықтарды илемдеу кезінде алюминий қорытпасының икемділік ресурсын және қатайту-босату процестерін пайдалану дәрежесінің өзгеру заңдылықтары анықталды;

- ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуына әкелетін жаңа конструкцияның бұрандалы орнақта илемдеу – престеу схемасы бойынша біріктірілген деформациямен түсті металдардан жасалған дайындамалардың деформациясының ұтымды режимдері анықталды және ғылыми негізделген.

Зерттеулер деформацияланатын қатты дене механикасының теориялық әдістерін, жүйелік талдауды, компьютердегі математикалық модельдеуді қолдана отырып жүргізілді.

Жұмыстың тәжірбелік құндылығы:

Түсті металдардан жасалған дайындамаларды бұрандалы илемдеуге және престеуге арналған бұрандалы орнақтың жаңа дизайны жасалды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер:

- геометриялық деформация аймағын зерттеуді және процестің энергетикалық- параметрлеріне тәжірбелік зерттеулер жүргізуді қамтамасыз ететін илемдеу-престеу әдісі бойынша тәжірбелік қондырғыны жобалау;

- ұзын пресс бұйымдарын престеуге арналған үздіксіз бұрандалы орнақтың конструктивтік параметрлерін есептеудің имитациялық моделін құру;

- престоуді біріккен илемдеуге арналған технологиялар мен жабдықтардың жобалық параметрлерін, оларды іске асыру үшін техникалық және технологиялық шешімдерді әзірлеу;

- ұзын өлшемді пресс-бұйымдарды өндіру үшін тәжірибелік-өнеркәсіптік қондырғы жасау.

Жарияланымдар. Диссертациялық жұмыс нәтижесінде Scopus және Web of Science деректер қорларында индекстелетін журналдарда 3 мақала, ҚазҰТЗУ хабаршысы журналында 4 мақала жарияланды.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 132 бет, 72 сурет және 6 кесте, 116 пайдаланылған дереккөзден тұрады.

1 Илектелген шыбықтар мен жіксіз құбыр сымдарын өндіруге арналған бұрандалы орнақтар мен жабдықтарды талдау

Қара және түсті металдан жасалған құбырлар мен сым шыбықтар дайын өнім түрінде де, жартылай фабрикаттар түрінде де барлық өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығында қолданылады. Сонымен бірге шыбықтар мен сымдар электродтар жасау және прокатты дәнекерлеу үшін кеңінен қолданылады. Сондықтан олар сұранысқа ие жартылай фабрикаттардың бірі болып табылады.

Шыбықтар мен құбырларды жасау үшін көлденең бұрандалы және радиалды ығысатын илемдеу орнақтары қолданылады[36,38]. Бұл орнақтар қондырғылардың өнімділігін және олардағы шыбықтар мен құбырлардың сапасын анықтайтын шыбықтар мен құбырларды илектеу қондырғыларының негізгі жабдықтары болып табылады. Орнақтар салыстырмалы түрде күрделі илемдеу жабдықтары болып табылады. Бұл деформация процесінде илектелген дайындамалар айналмалы және ілгерілемелі қозғалысты қабылдайтындығына байланысты. ВНИИМЕТМАШ «Бүкілресейлік металлургиялық машина жасау ғылыми-зерттеу және жобалау институтында», Мәскеу болат және қорытпалар институтында, Электросталь ауыр машина жасау зауытында және басқа да бірқатар ұйымдарда түрлі сұрыпталымдағы шыбықтар мен құбырларды өндіруге арналған жаңа технологиялық процестер мен жабдықтарды өнеркәсіпке сәтті енгізумен аяқталды.

Қазіргі уақытта кез келген металл бұйымның, оның ішінде сымдардың сапасы деформацияның сызықтық және бұрыштық құрамдастарының өзгеруімен анықталатын пішіннің өзгеруімен байланысты [40]. Материалдың құрылымдық өзгерістері тек сызықтық құрамдас бөліктерге байланысты емес. деформация тензоры, сонымен қатар макрожылжымалы деформациялардың дамуы бойынша, металдың құрылымын айтарлықтай нақтылайды, сондықтан оларды өңдеу түрлерін таңдауда және технологияны әзірлеу [41] материалдарынан кернеу-деформация күйінің үш осьтік қарама-қарсы сұлбалары сызбаға сәйкес келетінін көруге болады. Бұл жағдайда дайындаманың металы созу бағыты бойынша тартылады. Деформация тензорының негізгі осінің осы бағытқа қатысты айналуы аз. Мұның бәрі созуды квазимонотонды процеске жатқызуға мүмкіндік береді. Созу кезінде астыңғы түйіршіктер тегіс ағын жағдайында деформацияланады, яғни тартылу бағытында астыңғы түйіршіктер ұзарады, ал радиалды бағытта олардың өлшемі $\epsilon \leq 6$ деформацияның шынайы дәрежесінде бес есеге жуық азаяды. Дегенмен, макросырмалы деформациялар дайындаманың қимасында дамымайды. Нәтижесінде астыңғы түйіршіктер ұзартылған пішінге ие болады, бұл шыбықты бұйымдар мен сымдардың анизотропиялық қасиеттерінің жоғарылауына әкеледі

Белгілі [39] роликті штамптарда тарту дайындаманың кесіндісіндегі деформацияның біркелкілігін арттырады және сол арқылы сымның пластикалық қасиеттерін арттырады, әсіресе деформация «шеңбер-шеңбер» жүйесі бойынша жүргізілсе. Дегенмен, тәжірибеде қолданылатын «шеңбер-

пішінді кесінді-шенбер» калибрлерінің жүйелері дизайнды айтарлықтай қиындатады және роликті матрицалардың санын арттырады.

Қазіргі уақытта, жоғарыда айтылғандай, ұсақ түйіршікті микроқұрылымды қалыптастыру үшін монотонды емес деформация процестері қолданылады. Мұндай процестерге тең арналы бұрыштық престоу, жоғары квазигидростатикалық қысымдағы бұралу, жан-жақты соғу, «бұранда илемдеу – тең арналы бұрыштық престоу» аралас процесс және т.б. сияқты тең арналы бұрыштық престоу әдістері жатады. Бұл әдістерде макроқиысу деформациялары құралмен белсенді түрде дамыды, деформация жылдамдығы шамасы мен бағыты бойынша өзгереді, сәйкесінше қысым астында [32], дайындаманың материалды тарту бағыты кешенді жоғары квазигидростатикалық әсермен өзгереді. Бұл жағдайда материал ағыны құйынды сипатқа ие болады.

Бұл әдістердің айрықша белгілері қайта кристалдану температурасынан төмен температурада дайындамада үлкен дәрежедегі деформациялардың жиналуы болып табылады. Қысым астындағы бұралу деформацияны жинақтаудың тиімді әдісі болып табылады, өйткені дискінің ортасына жақын аймақтың бір ғана айналымы деформацияның үлкен дәрежесіне жетеді.

Тең арналы бұрыштық престоуді қолданған кезде бірдей деформацияны жинақтау үшін көп өтімді деформация қажет. Алайда, қарқынды пластикалық деформацияның өнеркәсіптік әдістерінде шыбықтар мен сымдар сияқты ұзын өнімдерді алу мүмкін емес.

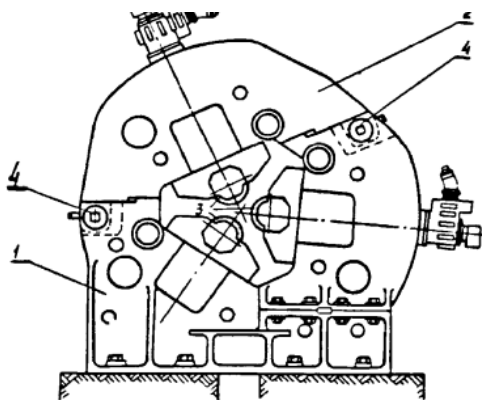
Жұмыста сымды арна бұрышында қиылысатын екі арнасы бар, арнайы құрал арқылы бірнеше рет тартудан тұратын, тең арналы бұрыштық тартқыш ұсынылған. Деформацияның үздіксіздігі тартқыш орнаққа қажетті құрал санын орнату арқылы жүзеге асырылады. RCA Broaching әдісі дайындаманың деформациялану процесінің монотонды емесін қамтамасыз етеді, сонымен бірге металда ығысу деформациясының жинақталған үлкен дәрежелеріне қол жеткізеді. Осы бағытты дамыта отырып, біз дайындаманың қиылысатын арналарда кезектесіп деформациялану әдісін жасадық. Бұл арналар бір мезгілде бір осьтік созылумен арналардың симметрия осьтерін ығыстыру арқылы деформация ошағын құрайды. Бұл жағдайда матрицалар эксцентрілік орналасқан арналары бар бірдей диаметрлі дискілер пішініне ие болады. Үздіксіз ығысу сызбасын (Continuous Shear Drawing - CSD) тең арналы бұрыштық престоу принциптеріне негізделген жұқа глобулярлы цементітпен біртекті микроқұрылымды алуға болады[46-49].

Ұзын өнімдерді өндіру үшін тең арналы бұрыштық престоу интенсивті пластикалық деформация ұқсас әдістері әзірленгенін атап өткен жөн. Әдістердің бірі бірнеше бұрыштық жинақтау (Accumulative Angular Drawing – AAD) деп аталады. Тең арналы бұрыштық престоу әдісінен айырмашылығы, AAD әдісі күрделі термомеханикалық деформация режиміне ие. Бұл режим соңғы өнімнің микроқұрылымының өзгеруіне әсер етеді, ол тиісті бақылау кезінде қасиеттердің жақсаруына әкеледі, бұл әсіресе қарапайым химиялық құрамы бар қорытпалар үшін маңызды[50,51].

Жұмыста ығысумен созу технологиялары ұсынылған, мұнда зерттеу арнайы құрылғыда жүргізілді, онда сымды тарту макрожылжу әдісімен жүзеге асырылады. Құрылғының штамптары арнайы геометрияға ие, ал олар сызба осінің айналасында айналады. Бұл әдіс ығысу деформациясының жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді, осылайша ұсақ түйіршікті құрылымды береді және қолданыстағы сызу жабдықтарында қолданылуы мүмкін. Дегенмен, оны жүзеге асыру үшін жеткілікті күрделі геометриясы бар құрал қажет. Бұл әдіс айтарлықтай перспективалы.

Жұмыста бірінші рет радиалды ығысудың тартпа кинематикасына эксперименталды зерттеулер жүргізілді. Бұл жұмыста радиалды ығысу тартпа қондырғысындағы тарту күші монолитті штамп арқылы жүргізгеннен шамамен 30% төмен болатыны көрсетілген. У12А болаттан жасалған сымда жүргізілген зертханалық зерттеу радиалды ығысу тартпаны қолдану сым қимасы бойынша деформацияның ену тереңдігін арттыруға, сымның деформациялану қабілетін арттыруға және сым өндірісінің циклділігін төмендетуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

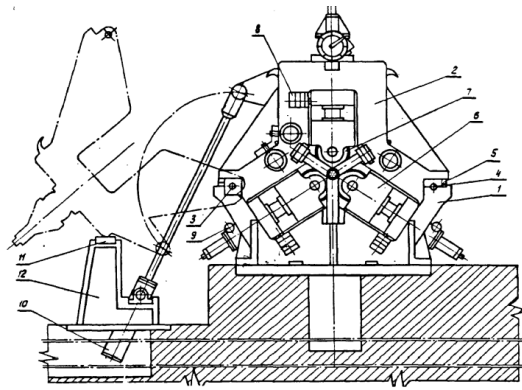
АҚШ-та үш білікпелі тескіш орнақтың құрылымы жасалған (1 сурет).



1 - сурет АҚШ-та жасалған алынбалы қақпағы бар үш білікпелі тескіш орнақтың құрылымы

Үш білікпелі тескіш орнақтың жұмыс торы тұғырдан, 1 негізден және 2 қақпақтан тұрады, оған жұмыс біліктері бар төсемдерді орналастыруға арналған құрсама орнатылады. Негіз бен қақпақ 4 тоқтатқыш құрылғыларымен өзара байланысты [51].

2-суретте Ресейде әзірленген жұмыс клетінің құрылымы көрсетілген [3], оны тескіш ретінде қолдануға болады. Клеть 1 тұғырдан, 3 және 4 тұғыр осьтерімен және 5 сыналармен байланысып тұғырға қосылған 2 қақпақтан, 7 білікті құндақтар салынған 6 барабаннан, 8 барабандарды қысу және бұру механизмдерінен және 9 жұмыс орамдарын жылжыту механизмдерінен тұрады. Қақпақ клетінің сыртына орнатылған 10 гидравликалық цилиндрдің көмегімен қозғалады және гидравликалық цилиндрі бар 12 тірекке орнатылған 11 серіппелі буферге еңкейген кезде тіреледі. Қақпақты ашқаннан кейін орамдарды оңай алып тастауға болады, бұл ауыстыру уақытын қысқартады [3].



2 - сурет Ресейде жасалған бұралмалы қақпағы бар үш білікпелі тескіш орнағының жұмыс клетінің құрылымы

1-тұғыр, 2-қақпақ, 3 және 4 – байланыстырушы осьтер, 5- бекіту сыналары, 6- барабандар, 7 – жұмыс орамдары бар құндақтар, 8 – қысу механизмі мен барабанның бұрылуы, 9 - жұмыс орамдарын жылжыту механизмі, 10- қақпақты лақтыруға арналған гидравликалық цилиндр, 11- серіппе буфері, 12- қақпақтың орнын бекітуге арналған тірек.

ВНИИМЕТМАШ, академик А.И.Целиковтың тікелей жетекшілігімен үш білікпелі орнақтың бірқатар модельдері 10, 20, 50, 70, 80, 100, 120, 220 жасап шығарылды, мұнда сандармен белгілеу орнақтың стандартты өлшемдерін білдіреді, ол илемдеудің ең үлкен диаметрі ретінде түсініледі. Бұл орнақтар тәжірибелік және ғылыми-зерттеу және тәжірибелік - өнеркәсіптік пайдалануға дейін әртүрлі мақсаттарға ие. Машина жасаудың әр түрлі салаларында диаметрі өзгермелі дөңгелек қималы тұтас және қуыс бұйымдар кеңінен қолданылатындығына байланысты (вагон және трактор осьтері, сатылы және конустық біліктер, автомобильдерге арналған жартылай осьтер, бұралу біліктері және т. б.) сонымен қатар сыртқы және ішкі диаметрі бойынша периодты қимасы бар бұйымдарды өндіру үшін үш орамды бұрандалы илемдеу орнақтары құрылды.

Осы түрдегі алғашқы өнеркәсіптік орнақтардың бірін 1959 жылы Днепродзержинск қаласындағы Дзержинский атындағы Днепр металлургиялық зауытында (Украина) дөңгелек периодты профильдерді прокаттауға арналған үш орамды көлденең бұрандалы илемдеу орнағы 120 ВНИИМЕТМАШ жобалаған, жасап шығарған және пайдалануға берген. ол үшін дайындама ұзындығы 120, 2200 мм шеңбер, ал оның бұйымдары диаметрі 40-120 мм, ұзындығы 4000 мм дөңгелек периодты білік осьтері болып табылады [10].

Радиалды ығысудың прототипі ыстықтай және суықтай дөңгелек шыбықтарды өндіру үшін кеңінен таралған радиалды ығысу илемдеу болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, радиалды ығысу тартпасы жағдайында металл ағынының екі механизмі бір уақытта жүзеге асырылады: металлдың бойлық және айналмалы ағыны, металлдың «спиралді» ағып кетуін қамтамасыз етеді, бұл металдың «геликоидалды» микроқұрылымының пайда болуына әкеледі. Бұл жағдайда ығысу деформациясының дәрежесі айтарлықтай артады.

Жоғарыда сипатталған процестердің көпшілігі шағын орнақтарды пайдаланады. Шағын орнақтар – 300-ден астам маркалы қорытпалардан қатты дайындамаларды радиалды ығысу деформациясының бірегей технологиялық процесін компьютерлік өңдеу арқылы синтезделген техникалық және технологиялық жүйе.

Радиалды ығысу деформациясын оңтайлы технологиялық параметрлері концептуалды жобалау кезеңінде орнақтарды жобалауға біріктірілген. Негізгі жетек мотор-бәсендеткіштерін және көлбеу жұмыс орамдарының осьтік орналасуы илемдеу кезінде динамикалық жүктемелерді, шу мен дірілді азайтуға мүмкіндік береді. Негізгі жетек және жұмыс тірегі жалпы дәнекерленген жақтауға орнатылады. Орнату қуат негізін қажет етпейді. Қажет болса, орнақтарды жаңа орынға оңай ауыстырылады.

Минималды орнақтарды илектеу кезінде деформация аймағында металл-физикалық құрылымның барлық деңгейлеріндегі құрылымдар арқылы терең жұмыс істейтін металл бөлшектерінің макроқиысу қозғалыстары басым болады. Металлдың қасиеттері іс жүзінде өзінің потенциалдық шегіне жетеді. Атап айтқанда, пластикалық сипаттамалар мен көптеген қызмет көрсету сипаттамалары дәстүрлі қысыммен өңдеу әдістерімен салыстырғанда 1,5 2,0 есе артады. Жұмыста шағын орнақтарды жобалау соңғы уақытқа дейін жұмыс стендінің құрылымдық элементтерінің көлеміне кернеулердің таралуын есепке алмастан жүзеге асырылған, бұл металды көп тұтынуға және негізсіз жоғары өндіріс шығындарына әкелді. Шағын орнақтың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігіне, сондай-ақ өндірілетін өнімнің сапасына қойылатын талаптардың жоғарылауы құрылымның кернеулі деформацияланған күйін дәл анықтау қажеттілігін тудыратынын атап өткен жөн [59].

Есептеу техникасы мен сандық әдістерді, әсіресе соңғы элементтер әдісін қолдануға байланысты, орнақ клеттерінің ауыр жүктелген элементтерінің кернеулі-деформацияланатын күйін дәл анықтауға мүмкіндік пайда болды. Алайда, жоғарыда айтылғандарға байланысты күрделі конструкциядағы орнақтардың кернеулі-деформациялық күйін есептеу әлі де өзекті болып табылады.

Орнақтың күрделі конструкциясын имитациялау және үлкен жүктемелер түсірген кезде пайда болатын кернеу-деформациялық күйді есептеу арқылы илемдеу жабдығын жобалау әдістемесін әзірлеу технологиялық, құрылымдық және техникалық сипаттамаларын ескере отырып, жабдықтың сипаттамаларын негізделген таңдауға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта металды қалыптау процестерін зерттеудің ең перспективалы бағыты математикалық немесе модельдеу құралдарын пайдалану болып табылады. математикалық модельдеуді қолдану бір жағынан кернеулі-деформацияланған күйдің, орамдардың серпімді деформациясының температуралық-жылдамдық режимдерінің өнімнің қасиеттері мен дәлдігіне әсері туралы жақсы зерттеу жүргізуге, екінші жағынан зерттеу жүргізу шығындары мен уақытын едәуір азайтуға мүмкіндік береді

Қазіргі уақытта технологиялық процестер мен жабдықтарды математикалық модельдеу құралдары ретінде соңғы элементтер әдістеріне негізделген САЕ-жүйелер кеңінен қолданылады

Бұл әдіс материалдардың реологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, деформацияланатын үлгінің немесе құралдың кернеулі деформацияланған күйін айтарлықтай дәлдікпен зерттеуге мүмкіндік береді. Ақырлы элементтер әдістері қарапайым физикалық негізге және математикалық пішінге ие.

Ақырлы элементтер әдісін қолдану аз мөлшерде болжамдар мен шектеулермен неғұрлым жетілдірілген математикалық модельдерді зерттеуге мүмкіндік береді. бүгінгі таңда ғылыми-зерттеу институттарында Ansys, LS-VNTF, COSMOS, DeForm және Qform сияқты арнайы бағдарламалар қолданылады. Бұл бағдарламалар металды қысыммен өңдеуді модельдеуге мүмкіндік береді

Айта кету керек, кейбір жағдайларда қарапайым пішіні және илектелген дайындамасы бар құралды жобалау үшін орташа деңгейдегі CAD жүйесін (SolidWorks және AutodeskInventor) пайдалану ең тиімді болып табылады.

SolidWorks және Autodesk Inventor бағдарламаларын әртүрлі жабдықтарды жобалау үшін қолданудың артықшылығы[63]

- құрастыру мен есептеудің бірыңғай интеграцияланған ортасында құралдың қатты күйіндегі модельдерін құру және олардың көлемінің әр нүктесінде осы құралдың кернеулі күйін есептеу мүмкіндігі;

- жеке түйіндерді және тұтастай алғанда құрастыруды модельдеу мүмкіндігі;

- ЕСКД ережелерін сақтай отырып, автоматтандырылған режимдегі үлгілер бойынша жұмыс сызбаларын алу мүмкіндігі.

- пайдаланушыны анықтамалық әдебиеттерді іздеуден және Пуассон коэффициенті, серпімділік модулі, материалдардың беріктік шегі және т.б. сияқты деректерді енгізуден босататын стандартты бөлшектер мен материалдар кітапханаларының болуы.

Алайда, жоғарыда аталған бағдарламаларды динамикалық модельдеуде, әсіресе күрделі құрылымдық жабдықты жобалау кезінде қолдану қиын. Сондықтан, біз Patran Nastran сенімді-элементтік талдау бағдарламасын таңдадық [64-67] және жаңа дизайндағы жобаланған бұрандамалы орнағының динамикалық компьютерлік моделі жасалды. Patran Nastran компьютерлік модельдеу жүйесі кинематиканы, механизмдердің динамикасын ауытқуды, дірілді, кернеулі деформацияланған күйді және жылу күйін, жеке байланыстардың да, тұтастай алғанда орнақты есептеуге, зерттеуге мүмкіндік береді.

Бағдарламалық басқарылатын бұрандамалы жаңа үздіксіз орнағын жобалау алыс және жақын шетел ғалымдарының конструкторлық шешімдерін талдау нәтижелерін ескере отырып, теориялық есептеулер негізінде жүргізілді.

Қазіргі уақытта илемдеу орнақтары механикалық түйіндерді автоматты түрде басқарусыз өнімді шығара алмайды [68]. Математикалық модельдеу арқылы алынған металды илемдеу режимдерін жүзеге асыру үшін

сенсорларды, гидравликалық және электрлік жетектерді пайдалану қажет. Илемдеу орнағын басқару жүйесінде заманауи адам-машина интерфейсі, технологиялық параметрлер массивін online мұрағаттау құралдары болуы керек және стандартты интерфейс цехтың автоматтандырылған басқару жүйесінен осы параметрлерге қол жетімді екенін атап өткен жөн. Осылайша, қолданылатын және дамып келе жатқан технологияны жетілдіру үшін микроэлектрондық жабдықтар негізінде илемдеу қондырғысын автоматтандыру өндірісті модернизациялаудың маңызды бағыттарының бірі болып табылады [69]. Илемдеу орнақтарын автоматтандырудың қазіргі кезеңінде микроэлектроникада жаңа техникалық құралдар үлкен көлемде қолданылады.

Ақпаратты есептеу, өңдеу және беру жылдамдығына қойылатын талаптардың артуына байланысты илемдеу өндірісіне технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізу маңызды мәнге ие болады.

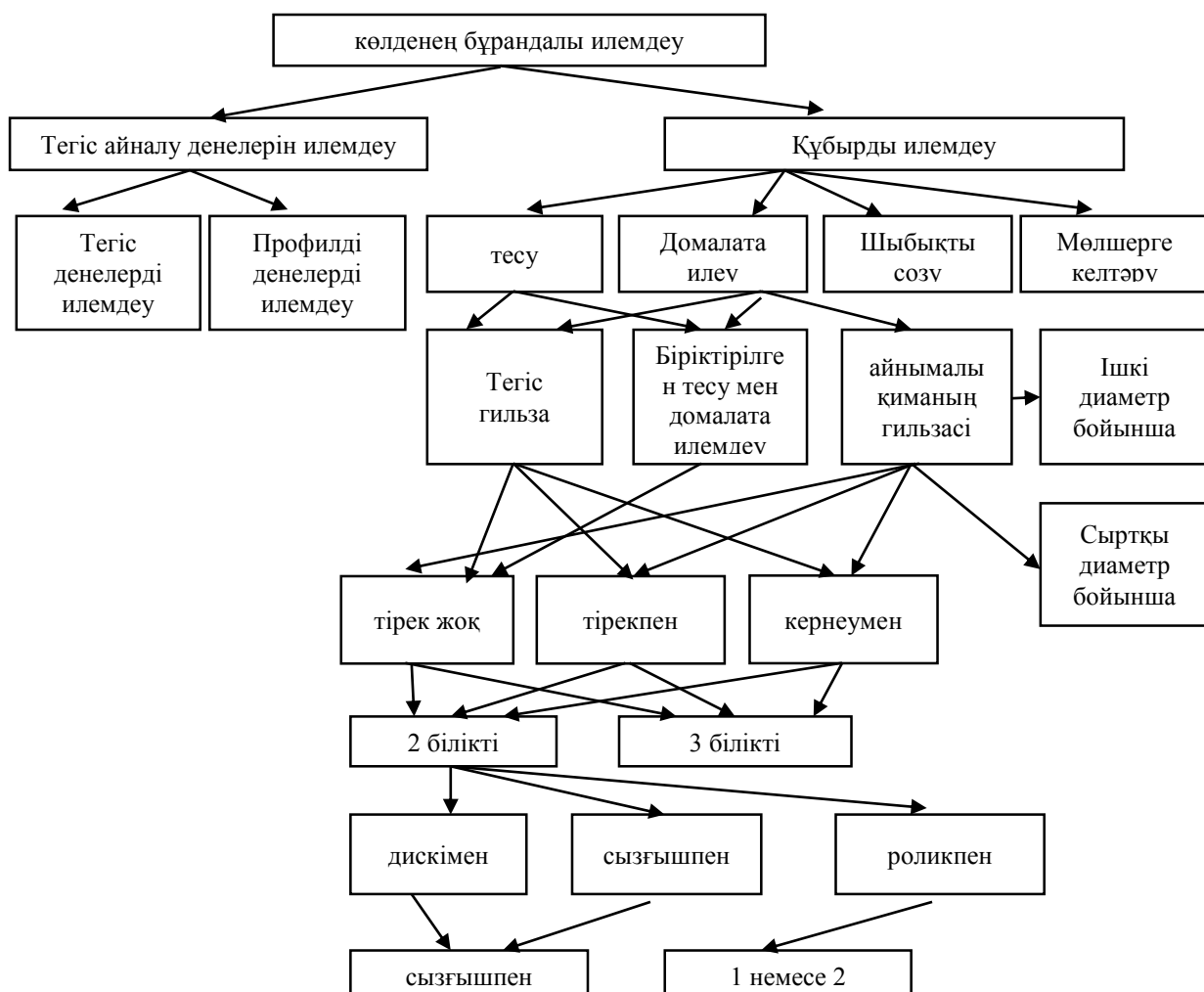
Ұсынылған қондырғыны іске асыру шағын кәсіпорындарға жаңа конструкцияның бағдарламалық басқаруымен бұрандамалы орнағын ұсынуға және түсті металдардан шыбықтар алуға мүмкіндік береді. Бұл өнімдер импорттық шыбықтардың қасиеттерімен бәсекелесетін механикалық қасиеттерге ие болады.

Бұрандамалы орнақтың құрылымының қарапайымдылығы, сондай-ақ шыбықтардың салыстырмалы түрде жоғары сапасы өндірушіге оларды тұтынушыға импортталған өнімдердің немесе оған жақын өнімдердің бағасымен қосымша үнемдеуге мүмкіндік береді. Бұл дәл геометриялық өлшемдері мен жоғары механикалық қасиеттері бар шыбықтарды алуға байланысты. Қажетті күшпен дайындаманы айналмалы бұрандалы орнақта матрицаға дәл жеткізу, жаңа конструкциялардың бұрандамалы орнағында шыбықтарды илемдеу кезінде және заманауи автоматтандырылған басқару жүйелерін пайдалану басқа факторлармен қатар, сапалы өнімді үздіксіз илемдеуге мүмкіндік береді. Түсті металдан жасалған шыбықтарды илемдеу процесін автоматтандырудың жергілікті жүйесі құрылды.

1.2 Әмбебап үш білікті бұрандалы орнағын құру қажеттілігінің негіздемесі

Қара және түсті металлургияда кеңінен қолданылатын көлденең бұрандалы илемдеу орнақтары конструктивті түрде жасалған, олардың әрқайсысы белгілі екі микробағдарлама схемасының біреуінде ғана жұмыс істей алады: екі білікті немесе үш білікті. Олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Әр түрлі екі білікті және үш білікті орнақтарда қолданылатын көлденең бұрандалы илемдеу әдістерінің сұлбасы



Екі білікті көлденең илемдеу тесу орнағының артықшылықтарына мыналар жатады: жұмыс клетінің мқұрылымы, оның жетегін және орнақты қайта реттеуді жеңілдету; орнақтың үлкен өнімділігі; жұмыс роликтеріне аз жүктеме және ең бастысы, тесу жақтауы 1,3-1,7 есе аз.

Үш білікті орнақтың артықшылықтары келесідей: құралға қатысты металдың аз сырғуы және қозғалмайтын тірек бағыттаушы сызғыштардың болмауы металдың құралға жабысуын күрт азайтады, бұл оның қызмет ету мерзімін ұзартады және осының арқасында өнімнің бетінің сапасын жақсартады; үш білікті схемасы бар көлденең-бұрандалы илемдеу тесу орнақтарында тесілген гильзамен салыстырғанда екі білікті орнақта тесу аз айырмашылыққа ие; дайындама металының кернеулі күйінің схемасы екі білікті схемасына қарағанда анағұрлым қолайлы, бұл үлкен қысу кезінде үш білікті орнақтарды жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандардан, мысалы, қалың қабырғалы гильзаларды (құбырларды) екі білікті тесу орнағында тесу ұтымды болады, өйткені бәрі бірдей болған жағдайда, бұл жағдайда тесу құралбілігіне қысым үш білікті схемасына қарағанда аз болады. Бұл өте маңызды жағдай, өйткені дайындаманың сыртқы диаметрі өзгермеген кезде гильзаның (құбырдың) қабырғасы неғұрлым қалың болса, оның ішкі диаметрі соғұрлым аз болады, демек, құралбіліктің өзегінің диаметрі де аз болады. Екі білікті схема кезінде

пайда болатын құралбілікте аз қысым (осьтік құралбілік күші) кезінде мандрель өзегінің бойлық қаттылығы мен тұрақтылығы үш білікті тесу орнағында бірдей ішкі өлшемдегі гильзаларды тесуге қарағанда жоғары болады. Әрине, мұндай әмбебап бұрандалы илектеу орнағын жасау мүмкін емес пе, оның жұмыс клеті жоғарыда аталған барлық артықшылықтарды екі білікті және үш білікті илемдеу схемаларын кезекпен біріктіре алады, әрбір нақты жағдайлар үшін кезектесіп қолдану (гильзалар, құбырлар материалы, олардың сұрыпталуы, бұйымдар беттерінің сапасына қойылатын талаптар және т. б.) микробағдарламаның ең оңтайлы схемасы-илемдеу, екі немесе үш білікпелі орнақта. Бір жұмыс клетінде (орнағында) осы екі илемдеу-тесу схемасының өзгеруі мыналарға мүмкіндік береді: әмбебап орнағын өндіруге арналған инвестицияларды едәуір азайту (негізінен екі (немесе одан да көп) илемдеу схемасы бар бір орнақ жасау керек - екі орнақтың орнына екі білікті және үш білікті тесу схемалары бар, олардың әрқайсысы тек бір тесу схемасымен болады), өндірістік талап етілетін аумақты азайтып, жабдыққа қызмет көрсету шығындарын азайтады, шығарылатын өнім түрін және тұтастай технологиялық мүмкіндіктерді кеңейтіп, шығарылатын өнім бірлігіне энергия шығындарын азайтады, жұмыс құралдарының қызмет ету мерзімін ұзартады және т. б. Шындығында, екі схема бойынша тесу илемдеу процестерінің жалпы және ерекше заңдылықтарын зерттеу үшін зерттеушілер мен ғалымдар өз зерттеулерін әр түрлі географиялық нүктелерде орналасқан екі білікті және үш білікті орнақтарда жүргізуге мәжбүр болды (мысалы, Никополь қаласындағы екі білікті орнақ, ал Днеродзержинск қаласындағы үш білікті орнақ), екіншіден, мүлдем басқа техникалық және технологиялық параметрлері бар (жұмыс орамдарының қуаты, диаметрлері, материалдары және айналу жылдамдығы, тұғырдың әртүрлі конструкциялары, жұмыс клеттері жасалған материалдар, жұмыс кезінде олардың серпімді деформациясының әртүрлі дәрежесі және т. б.), сондықтан эксперименттердің нәтижелерін салыстыру кезінде, әрине, белгілі бір жеңілдетулер мен қателіктерге жол берілді, оларды жою және эксперименттердің тазалығы үшін әртүрлі түзету коэффициенттерін енгізді. Тек бір әмбебап көлденең бұрандалы илемдеу орнағында, ол екі білікті және үш білікті схемалар бойынша кезек-кезек тесу-илемдеуді жүргізуге техникалық және технологиялық мүмкіндік береді, екі схеманың әр түрлі илемдеу параметрлерін зерттеуге және бірдей техникалық және технологиялық параметрлерде (материалдар, олардың қасиеттері, орамдардың диаметрлері, мандрель конструкциялары, деформация жылдамдығы, беру бұрыштары және т.б.) жүргізілген салыстырмалы талдауды беруге болады, сондықтан түзету коэффициенттерін енгізу қажеттілігі жоғалады және зерттеу нәтижелерінің дәлдігі айтарлықтай артады.

Бірінші тарау бойынша қорытынды:

1. Үздіксіз бұрандалы илемдеу-пресстеу технологиясының қолданыстағы әдістері мен жабдықтары туралы әдебиеттерге талдау жасалды, талдау әдіс энергияны үнемдеу тұрғысынан да, өндірілетін бөлшектердің сапасы жағынан да перспективалы деген қорытындыға әкеледі.

2 Әдеби дереккөздерді талдау көрсеткендей, үш білікті жүйені таңдау екі білікті жүйеге қарағанда басым.

3 Бір жұмыс клетінде (орнағында) екі бірдей тесу-илемдеу схемасының өзгеруі, әмбебап орнағын жасау үшін күрделі салымдарды айтарлықтай азайтуға мүмкіндік беретініндігінде.

2 Бұрандалы орнақтың геометриялық параметрлерін жобалау, анықтау

2.1 Көлденең бұрандалы илемдеу орнағын жобалауға арналған технологиялық кірістерді анықтау

Бұрандалы орнақтарды жобалау теориялық есептеулер негізінде жүргізілді, жақын және алыс шетел ғалымдарының конструкторлық шешімдерінің нәтижелері талданды. Белгілі шешімдерді талдағаннан кейін, жаңа орнақты жобалау кезінде орнақтың негізгі желісін жобалау кезінде орнатылған параметрлер (мысалы, қосылыстардағы саңылаулар) ұтымды және тұрақты болып қалуы керек және жабдықтың қызмет ету мерзіміне тәуелді емес деген қорытындыға келдік. Қосылыстардағы саңылаулар үнемі әсер ететіндігін және олардың әсер ету дәрежесі саңылаулардың көлеміне және сілтемелердің серпімділігіне байланысты екенін анықтады. Әмбебап шпиндельдер арқылы жетектің болуына байланысты радиалды жылжымалы орнақтың бөлшектері мен жинақтарындағы үлкен саңылаулар өте зиянды екендігі анықталды.. Айналымы шыбықтар мен құбырлардың деформация ошағына және жалпы орнақ жұмыс желісінің жабдықтарына динамикалық әсеріне байланысты үлкен саңылаулар орнақтың тербеліс көзі болып табылады. Осылайша, жоғары функционалды сипаттамалары бар сенімді және берік бұрандалы орнақтарды жобалау үшін кішігірім саңылаулары бар машиналардың құрылымын жасау қажет. Бұған әр түрлі түйіндер мен бөлшектердегі жылжымалы қосылыстарды азайту арқылы қол жеткізіледі. Саңылаулардың азаюы негізгі желідегі динамикалық жүктемелердің төмендеуіне әкеледі, әсіресе бұрандалы орнақтардың жұмыс клетінде. Орнақтың негізгі желісінің түйіндеріндегі саңылауларды азайтуға орнақтың жұмыс клеттерінде бұрандалы илемдеу үш білікті, сенімді қысым механизмдерін, гидравликалық қысқыштарды, домалау мойынтіректеріндегі шпиндельді құрылғыларды, орамдардың жеке жетегін қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Жеке жетекті қолдану беріліс түйіндерінде және басқа қосылыстарда салыстырмалы түрде үлкен саңылаулары бар редукторлар мен беріліс ұяшықтарын жоюға мүмкіндік береді.

Белгілі конструкторлық шешімдерге сүйене отырып, үш орамды орнақтарды пайдалану келесі артықшылықтарға әкелетіні анықталды:

- дайындаманың бүкіл периметрі бойынша металдың деформациясы, бұл металдың білікке қатысты сырғуын күрт азайтады;

- бекітілген тірек бағыттаушы сызғыштардың болмауы металдың білікке жабысуын күрт төмендетеді, бұл оның қызмет ету мерзімін арттырады және осының арқасында илектелген илемдік бетінің сапасын арттырады;

- үш білікті схемасы бар бұрандалы илемдеу орнағында илектелген құбырлар екі білікті орнақтарда илектелген құбырлармен салыстырғанда шамалы айырмашылыққа ие;

- үш білікті схема бойынша илемдеу кезінде дайындаманың металының кернеулі күйінің схемасы екі білікті илемдеу схемасына қарағанда анағұрлым қолайлы, бұл деформацияның үлкен дәрежесінде дайындамаларды илемдеуге мүмкіндік береді;

- дайындаманың ішкі қуысында ақаулардың пайда болу ықтималдығы айтарлықтай төмендейді немесе олар үлкен қысу кезінде толығымен жойылады.

Жобалау кезінде бұрандалы орнақтарға келесі негізгі талаптар қойылды:

- шыбықтардың дайындамаларын деформациялау мүмкіндігі $\varnothing$ 50-60 мм біріктірілген илемдеу технологиясы - $\varnothing$ 4-6 мм шыбықтарды ала отырып, үшбілікті клетте престелген;

- гильзаларды бұрандалы илемдеу технологиясымен тесу мүмкіндігі дайындаманың өлшемі 60 мм, гильзаның өлшемі 2000 * 58 мм

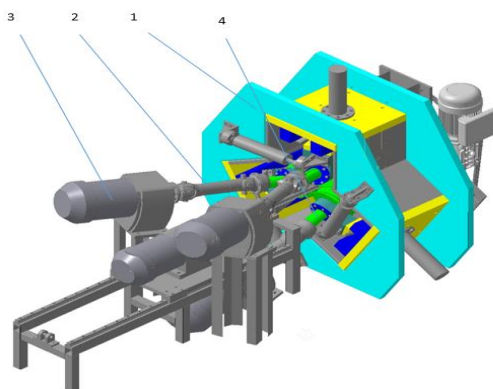
- илемдеу клетіннің механизмдері мен түйіндерінің беріктігі мен қаттылығы жеткілікті;

- илемдеу алдында дайындамаларды қыздыру қажеттілігі;

- жұмыс біліктерін жылдам ауыстыру үшін жағдай жасау;

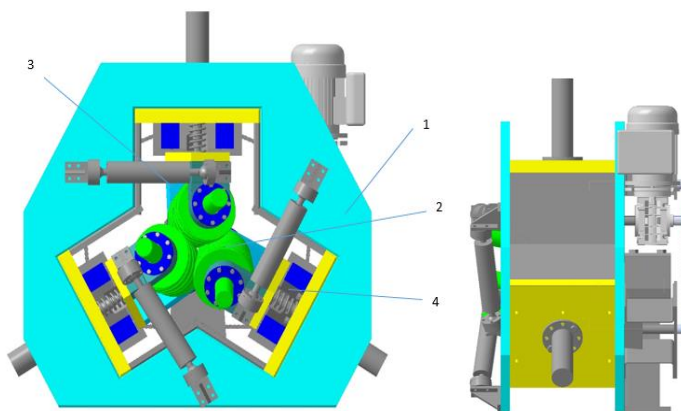
-орнақтың жұмыс орамдары мен құрылымдық элементтерін айтарлықтай жүктемемен қабылдау мүмкіндігі.

Бұрандалы орнақ (3-сурет) - шағын диаметрлі шыбықтар мен құбырларды ыстық бұрандалы илемдеуге арналған илемдеу және жылыту жабдығының кешені.



3-сурет Бұрандамалы орнақ

1 – орнақтың қорабы, 2 – шпиндель 3 – электрқозғалтқыш, 4 - біліктер

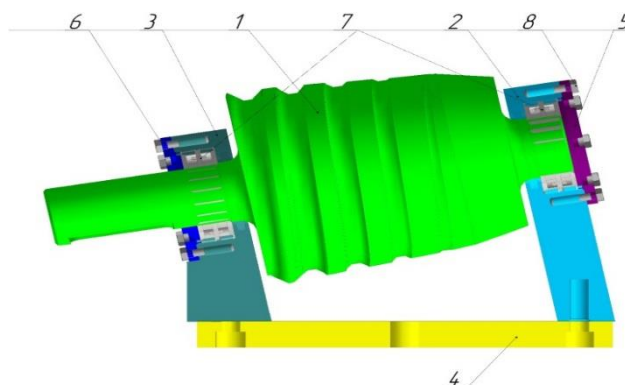


1 – тұғыр, 2 – жұмыс білігі, 3 – төсем, 4 - сына

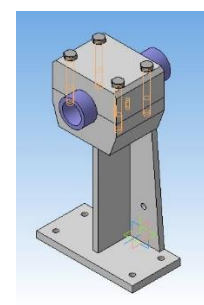
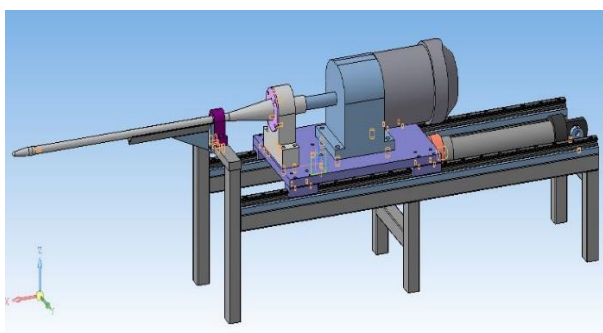
4 - сурет Бұрандалы орнақтың үш білікті жұмыс клеті

Үш білікті бұрандалы орнақтың жұмыс клеті 1 тұғырдан тұрады, оның саңылауларында 120° арқылы жұмыс орамдарының түйіндері орнатылады 2.

Жұмыс біліктері 3 төсемдерге орнатылады (4 және 5 суреттері), айналу моменті электр қозғалтқыштарынан шпиндельдер арқылы беріледі. Жаңа орнақтың клеттерінің мүмкіндігі жасалған біліктердің орналасуы клетте илемдеу осіне әр түрлі бұрыштары бар және оған қатысты тангенциалды ығысу 18 мм. Жобаланған орнақ қажетті мөлшердегі құбырларды алу үшін илектелетін дайындамадағы тесікті тесу үшін тесу құралбілігі (6,а-сурет) және матрицамен (6,б-сурет) жабдықталады



1 – бұрандалы білік, 2 – төсем , 3 – төсем 1, 4 – тірек, 5 – бітеу қақпақ, 6 – теік қақпақ, 7 – мойынтірек, 8 – бұрандама М8
5 - сурет Бұрандамалы орнақтың білікті торабы



а) б)

6 - сурет Тесу құралбілігі (а) және матрица (б) бұрандамалы орнақ

Илемдеу осьтері мен роликтердің өзара орналасуын сипаттайтын параметрлер бұрандалы илемдеу орнақтарының жұмыс тәжірибесін зерттеу нәтижесінде анықталды.

Бұрандалы орнақты жобалау үшін тесу орнағымен жабдықтарының қуаттылығы мен беріктігін бағалау үшін процестің энергетикалық параметрлеріне қажетті есептеулер жүргізу қажет. Дайындамалардың номиналды өлшемдері үшін орташа өлшемдер қабылданады, сондықтан номиналды мөлшерлеме кепілдік берілгенмен (минималды) салыстырғанда өлшемге төзімділіктің төрттен біріне артады. Қуат параметрлері қолданыстағы технологияға сәйкес гильзалардың ең көп энергияны қажет ететін тесу жылу сыйымдылық үшін анықталады

Технологиялық процестің даму реті 1 - кестеде келтірілген.

1 - кесте Тесу процесін әзірлеу реттілігі

1.1	Дайындаманың жұмыс сызбасын дайындау
1.2	Дайындаманы қалыптаудың принципальды схемасын таңдау
1.3	Гильзаның өлшемі мен шығыс шыбықтарын бағалау
1.4	Біліктің максимальды және минимальды диаметрлерін таңдау
1.5	Біліктің ұзындығын бағалау және білікті түйіннің өлшемін таңдау
1.6	Илемдеу процессінің техникалық және экономикалық параметрлерін есептеу
1.6.1	Өнімділікті есептеу
1.6.2	Металл шығынын есептеу
1.6.3	Гильзаның өлшемдерін есептеу
1.6.4	Бастапқы өлшеуіш шыбығының өлшемдерін есептеу

Бұрандалы орнақтарды жобалау үшін процестің қуат параметрлерін анықтау қажет мысалы:

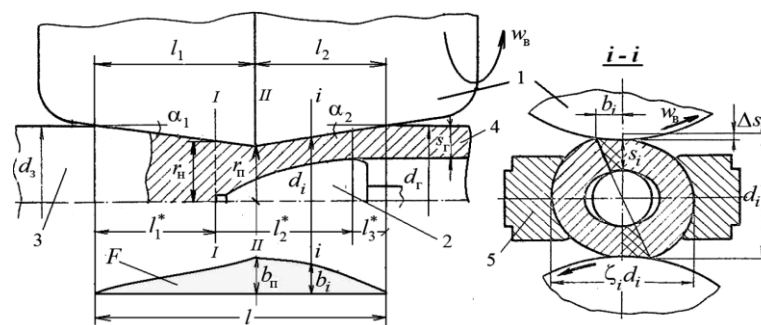
- Дайындама материалының деформациясына төзімділік
- Илемдеу күштерінің тік және осьтік құраушылары
- Илемдеу моменті
- Илемдеу қуаты

Бұрандалы илемдеу теориясында бұрандалы тесу деформация ошағы қарастырылады тесу процессіне кіретіндер илемдеу, домалата жаю және қалыпсыз илемдеу

2.2 Бұрандалы илемдеу процесінің технологиялық параметрлерін анықтау

Бұрандамалы илемдеу кезіндегі деформация ошағы

Деформация аймағы әртүрлі типтегі орамдардың конустық беттерінен қалыптасады. Деформация аймағының параметрлерін бағыттаушы сызғыштармен бөшке тәрізді орамдарда тесу (8-сурет) мысалында қарастырамыз.



8- сурет Бұрандалы тесу кезіндегі деформация ошағы

1-біліктер; 2-құралбілік; 3-дайындама; 4-гильза; 5-бағыттаушы сызғыштар

Дайындаманы тесу кезде диаметрі d_3 гильзаға өлшемі $d_r \times S_r$ сорғыштың қорытынды коэффициенті формула бойынша есептеледі:

$$\mu_\varepsilon = \frac{d_3^2}{4s_r(d_r - s_r)} \quad (2.1)$$

Деформация ошағының бойлық қимасында келесі көлденең қималар мен бөлімдер ажыратылады[92]:

l_1 – тесу конусының ұзындығы;

l_2 – жаю конусының ұзындығы;

l_1^* – тесу аймағының ұзындығы;

l_2^* – құралбіліктегі жаю алаңының ұзындығы;

l_3^* – құралбілік учаскенің ұзындығы;

I–I – құралбілік алдындағы қимасы, мұнда дайындаманың радиусы r_n тең;

II–II – біліктерді "қысу" қимасы, мұнда гильзаның радиусы r_n тең;

i–i – кез келген қима.

$\alpha_1 = 2,5 \dots 4^\circ$ – тесу конусының бұрышы;

$\alpha_2 = \alpha_1 + (1 \dots 2)^\circ$ – жаю конусының бұрышы;

F – жанасу бетінің көлденең проекциясының ауданы;

b_i – i- қимадағы жанасу бетінің ені;

b_{II} – "қысу" қимасындағы жанасу бетінің ені;

d_i – кез келген қимадағы гильзаның (дайындаманың) диаметрі;

$\epsilon_1 = 1,03 \dots 1,1$ – гильзаның сопақша коэффициенті сызғыштар арасындағы қашықтық.

Деформация ошағының ұзындығы орамдардың қисаюын есепке алмағанда анықталады формула бойынша:

$$l = l_1 + l_2 = \frac{r_3 - r_n}{\tan \alpha_1} + \frac{r_r - r_n}{\tan \alpha_2} \quad (2.2)$$

мұндағы r_3 , r_n , r_r – тиісінше, дайындаманың радиусы, бастапқы және білікті қысқышта және гильза.

Контактілі беттің көлденең проекциясының ауданын есептеу үшін F деформация ошағы ұзындығы $\Delta l = l / n$ n учаскелеріне бөлінеді, әр бөлімде b_i байланыс бетінің ені есептеледі, содан кейін учаскелер бойынша жинақталады:

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{b_i + b_{i+1}}{2} \Delta l \quad (2.3)$$

Жеңілдетілген формуланы да қолдануға болады:

$$F = F_1 + F_2 = b_{1op} l_1 + b_{2op} l_2 \quad (2.4)$$

мұндағы F_1 , b_{1op} , l_1 , F_2 , b_{2op} , l_2 – тиісінше, жанасу бетінің ауданы, илектену конустарындағы жанасу бетінің орташа ені мен ұзындығы.

Аталған аймақтардағы жанасу бетінің орташа ені эксперименттік формулалар бойынша шамамен есептелуі мүмкін [6]:

$$\begin{aligned} b_{1op} &= 0,67 b_n \\ b_{2op} &= 0,8 b_n \end{aligned} \quad (2.5)$$

Мұндағы b_n — қысқыш қимасындағы жанасу бетінің ені

Жанасу бетінің енін есептеу төменде келтірілген

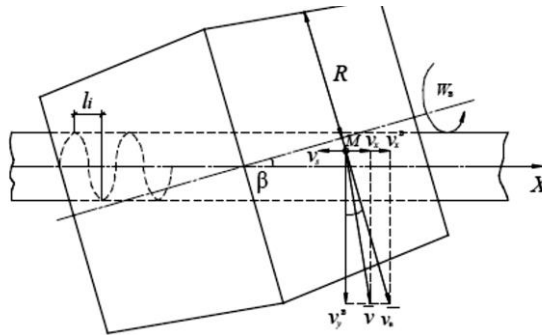
2.3 Бұрандалы илемдеудің кинематикалық шарттары

Илемдеудің жылдамдық (кинематикалық) шарттары жанасу бетіндегі металл мен біліктің жылдамдығының арақатынасына байланысты.

Бұрандалы илемдеу кезінде жанасу бетінің ерікті М нүктесіндегі кинематикалық жағдайларды қарастырыңыз, нақты жағдайда, δ домалау бұрышы 0 болған кезде (8 сурет). R радиусы бар берілген бөлімдегі айналуудың айналу жылдамдығы:

$$\vartheta_B = w_B R \quad (2.6)$$

Мұндағы $w_B = \frac{\pi n}{30}$ – біліктің бұрыштық жылдамдығы, 1/с; n – біліктің айналу жиілігі, айн/мин.



9 - сурет Бұрандалы илемдеудің кинематикалық шарттары

Айналмалы айналу жылдамдығының векторы β берілу бұрышын ескере отырып X және оған перпендикуляр γ осі бойымен компоненттерге орналастырылады.

$$v_x^n = v_B \sin \beta \quad (2.7)$$

$$v_y^n = v_B \cos \beta \quad (2.8)$$

Илемдеу кезінде дайындамаға қатысты білік сырғып кетеді, ол металдың білікке қатысты сырғу жылдамдығымен сипатталады:

$$v_s = v - v_B \quad (2.9)$$

мұндағы v – металдың жылдамдығы.

Сырғанау жылдамдығы оң немесе теріс болуы мүмкін, яғни металдың қозғалыс бағытымен немесе бағытына қарсы. Vs бағытына байланысты білікпен жанасу беті артта қалу және алға жылжу аймақтарына бөлінеді.

Алдыңғы аймақта металдың жылдамдығы біліктің жылдамдығынан үлкен

$$v > v_B \text{ және } v_s > 0$$

Артта қалған аймақта біліктің жылдамдығы металдың жылдамдығынан үлкен

$$v_B > v \text{ және } v_s < 0$$

Бейтарап сызықта білік мен металдың жылдамдығы тең

$$v = v_B \text{ және } v_s = 0$$

Сырғанау осьтік сырғанау коэффициенттерімен де сипатталады

$$\eta_x = \frac{v_x}{v_x^B} \quad (2.10)$$

және тангенциалды сырғанау:

$$\eta_y = \frac{v_y}{v_y^B}$$

Сырғанау коэффициенттері эксперименталды түрде анықталады, әдетте бұрандалы тесуде $\eta_x = 0,4-0,6$, ал $\eta_y = 0,9-1,0$.

Еркін илемдеу кезінде илектелетін металдың секундтық көлемінің тұрақтылық заңы орындалады[92]:

$$v_0 \ddot{F}_0 = v_1 \ddot{F}_1$$

мұндағы $v_0 \ddot{F}_0$ и $v_1 \ddot{F}_1$ - тиісінше дайындаманың және дайын құбырдың көлденең қималарының жылдамдығы мен ауданы.

Секундтық көлем-бұл уақыт бірлігінде біліктер арқылы өтетін металл көлемі. Егер жылдамдықтың өлшемі м/с, ал ауданы мм² болса, онда секундтық көлемнің өлшемі-мм³ / с.

2.3 Дайындаманың бұрандалы қозғалыс сызығының қадамы

Білік жылдамдықпен айналады (өрнекті қараңыз (2.7)), дайындамаға бұрандалы сызық бойымен қозғалыс береді. Бұл қозғалысты сипаттау үшін бұрандалы илемдеу теориясында бұрандалы сызық қадамы немесе беру қадамы ұғымы қолданылады.

Бұрандалы сызықтың қадамы-бұл дайындаманың осьтік ілгерілеуінің шамасы (илектелген құбыр) бір біліктен екінші білікке тигенге дейін (суретті қараңыз. 2.4):

$$l_i = \frac{l}{k_B} v_x \tau_1 \quad (2.11)$$

мұндағы k_B – біліктер саны (2 немесе 3); v_* – дайындаманың остік жылдамдығы;

τ_1 - дайындаманың бір айналымының уақыты.

Деформация ошағының ерікті қимасындағы осьтік орын ауыстыру жылдамдығы (2.9), (2.7) және (2.6) формулаларды ескере отырып айқындалады:

$$v_x = v_x^n \eta_x = v_B \eta_x \sin \beta = w_B R \eta_x \sin \beta \quad (2.12)$$

мұндағы R - қарастырылып отырған бөлімдегі біліктің радиусы

Секундтық көлемдердің тұрақтылық заңын (2.11) қолдана отырып, деформация ошағынан шығатын құбырдың жылдамдығы арқылы осьтік жылдамдықты қарастырылатын бөлімде көрсетеміз. Белгілерді ескере отырып, шарт (2.11) түрінде жазылады[92]:

$$v_X \ddot{F}_l = v_{X1} \ddot{F}_1 \quad (2.13)$$

мұндағы v_{X1} - деформация ошағынан шығатын құбырдың осьтік жылдамдығы; $\ddot{F}_1$ және F_1 - тиісінше, қарастырылып отырған қимадағы және деформация ошағынан (гильзадан) шығатын құбырдың көлденең қималарының ауданы.

(2.13) өрнегінен алым мен бөлгішті F_0 -ге көбейту арқылы аламыз

$$v_X = v_{X1} \frac{\ddot{F}_1}{\ddot{F}_i} = v_{X1} \frac{\ddot{F}_1 \cdot \ddot{F}_0}{\ddot{F}_1 \cdot \ddot{F}_0} = v_{X1} \frac{\ddot{F}_0 / \ddot{F}_i}{\ddot{F}_0 / \ddot{F}_1} = v_{X1} \frac{\mu_i}{\mu_e} \quad (2.14)$$

жауапты, ағымдағы және соңғы ұзарту коэффициенттерін қараңыз

Шығу кезінде гильзаның жылдамдығын формула бойынша білдіреміз (2.11):

$$v_{X1} = w_B R_1 \eta_x \sin \beta \quad (2.15)$$

мұндағы R_1 - шығыс қимасындағы білік радиусы.

Әрі қарай, w_3 дайындамасының бұрыштық жылдамдығы арқылы осы бөлімдегі дайындаманың бір t_1 айналымының уақытын (2π бұрышына) білдірейік:

$$\tau_1 = \frac{2\pi}{w_3} \quad (2.16)$$

Формулаларды ескере отырып, дайындама жылдамдығының тангенциалды компоненті:

$$v_y = v_y^B \eta_y = v_B \eta_y \cos \beta = w_B R \eta_y \cos \beta \quad (2.17)$$

Екінші жағынан,

$$v_y = w_3 r_3$$

Мұндағы r_3 - қарастырылып отырған бөлімдегі дайындаманың радиусы; w_3 – дайындаманың бұрыштық жылдамдығы.

Келесі формуладан аламыз:

$$w_3 = \frac{w_B R \eta_y \cos \beta}{r_3} \quad (2.18)$$

(2.16) өрнегін (2.17) ауыстырып, айналым уақытын аламыз

$$\tau_i = \frac{2\pi r_3}{w_B R \eta_y \cos \beta} \quad (2.19)$$

Біз (2.21) және (2.15) өрнектерін (2.16) ескере отырып (2.12) өрнегіне ауыстыру арқылы бұрандалы сызық қадамының өрнегін аламыз:

$$l_i = \frac{1}{k_B} w_B R_1 \eta_x \sin \beta \frac{\mu_i}{\mu_\epsilon w_B R \eta_y \cos \beta} \frac{2\pi r}{\mu_\epsilon w_B R \eta_y \cos \beta} \quad (2.20)$$

Қысқартулар мен кейбір түрлендірулерден кейін, сондай-ақ орам радиусының шамалы өзгеруі туралы болжамнан кейін ($R_1 = R$) біз түпкілікті аламыз:

$$l_i = \frac{2\pi r_3}{k_B} \frac{\eta_x}{\eta_y} \frac{\mu_i}{\mu_\epsilon} \operatorname{tg} \beta \quad (2.21)$$

Осылайша, беру қадамы деформация ошағының ұзындығы бойынша тұрақты емес және дайындаманың радиусы, осьтік сырғанау, ағымдағы тарту коэффициенті және беру бұрышы артқан сайын артады.

Жеке қысу

Жеке қысу дегеніміз- l_i беру қадамына дайындаманың осьтік қозғалысы кезінде тесу немесе илектену процесінде дайындаманың өлшемдерінің өзгеруі. Жеке қысу бір ораммен жасалады.

Дайындаманы бұрандалы сызықтың қадамына жылжитқан кезде l_1^* тесу учаскесінде радиус бойынша жеке қысу жүргізіледі (9 - суретті қараңыз):

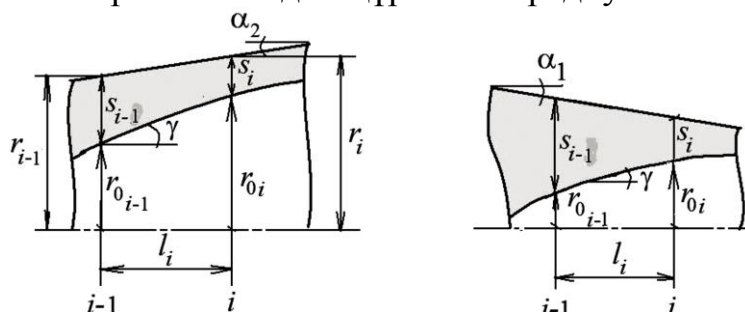
$$\Delta r_i = l_i \operatorname{tg} \alpha_i \quad (2.22)$$

мұндағы α_1 – тесу конусының бұрышы.

Құбырлы дайындаманы құралбілік алаңында илемдеу l_2^* қабырға қалыңдығының жеке қысылуы есептеледі [92]:

$$\Delta S_i = S_{i-1} - S_i = (r_{i-1} - r_{0(i-1)}) - (r_i - r_{0i}) = (r_{i-1} - r_i) - (r_{0(i-1)} - r_{0i})$$

мұндағы S_i , r_i , r_{0i} - тиісінше, қабырғаның қалыңдығы, құбырдың радиусы және қарастырылып отырған бөлімдегі құралбілік радиусы.



10-сурет Құралбілікте жеке қысуды есептеу схемалары:

а – жаю конусында; б – тесу конусында

Өрнектегі соңғы екі термин (2.24) илектену конусында (суретті қараңыз. 2.5, а) білік пен құралбілік конусы арқылы білдіруге болады

$$\begin{aligned} r_{i-1} - r_i &= -l_i \operatorname{tg} \alpha_2 \\ r_{0(i-1)} - r_{0i} &= -l_i \operatorname{tg} \gamma \end{aligned} \quad (2.23)$$

мұнда α_2 және γ - тиісінше білік пен құралбіліктің конустық бұрыштары. Соңғы өрнектерді (2.25) және (2.26) ескере отырып, қабырғаның қалыңдығын илектеу конусына жеке қысу келесідей болады:

$$\Delta S_i = l_i (\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \alpha_2) \quad (2.24)$$

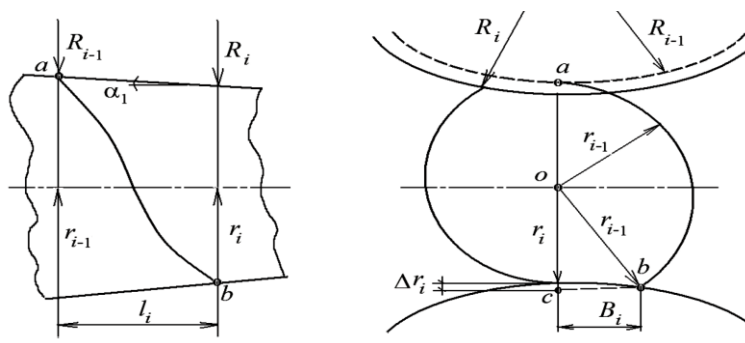
Тесу конусындағы қабырға қалыңдығын жеке қысу (2.24) формуласы бойынша да анықталады, тек төмендеуіне байланысты дайындаманың радиусы, өрнек (2.25) келесідей жазылады:

$$\begin{aligned} r_{i-1} - r_i &= l_i \operatorname{tg} \alpha_1 \\ \Delta S_i &= l_i (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tg} \alpha_1) \end{aligned} \quad (2.25)$$

Жанасу бетінің енін есептеу

Тесу конусында орналасқан және бір-бірінен бір қадам қашықтықта орналасқан екі іргелес i және $i-1$ көлденең қималарын қарастырыңыз. Мұнда a - дайындаманың жоғарғы біліктің бөліну нүктесі, b - төменгі біліктің жанасу нүктесі. i - ші қимада орам мен дайындаманың радиустары сәйкесінше R_i және r_i , $i-1$ қимасында - сәйкесінше R_{i-1} және r_{i-1} . i - бөлімдегі жеке қысу (2.23) формула бойынша анықталады. Бұл қысу кезінде жанасу бетінің ені Δobc - ден анықталады (10.6-суретті қараңыз):

$$b_1 = \sqrt{r_{i-1}^2 - r_i^2} = \sqrt{(r_i + \Delta r_i)^2 - r_i^2} = \sqrt{r_i^2 + 2r_i \Delta r_i + \Delta r_i^2 - r_i^2} = \sqrt{2r_i \Delta r_i + \Delta r_i^2} \quad (2.26)$$



11-сурет Байланыс бетінің енін есептеу схемасы

Тәжірибелі деректермен салыстыру (2.26) формуласы төмен мәндерді беретіндігін көрсетеді, өйткені ол дайындама мен гильзаның сопақшалануын ескермейді, әсіресе илектеу конусында, сондықтан түзету коэффициенті енгізіледі:

$$b_1 = k_\phi \sqrt{2r_i \Delta r_i + \Delta r_i^2} \quad (2.27)$$

Мұндағы $k_\phi = 1,5 \dots 2,5$ – байланыс бетінің пішімінің коэффициенті; r_i – қарастырылған қимадағы дайындаманың радиусы; Δr_i – жеке қысу (формуланы (2.25)).

Тұрақтылық шарттары

Бастапқы және қайталама ұстау шарттары және бет ақаудың пайда болуын болдырмау үшін осьтік қуысты ашпай тесу жағдайы қарастырылады.

Илемдеу процесі белгіленген және белгіленбеген кезеңдерді қамтиды. Белгісіз кезеңде дайындаманы білікпен ұстау орын алады.

Дайындаманың илектеу осі бойымен жылжуы және оның айналуы қамтамасыз етілетін жағдайлар бастапқы ұстау шарттары деп аталады. Жалпы алғанда дайындаманың осьтік ілгерілеу шарты барлық илемдеу жағдайларында бір біліктің астында болады:

$$Q + T_x \geq P_x$$

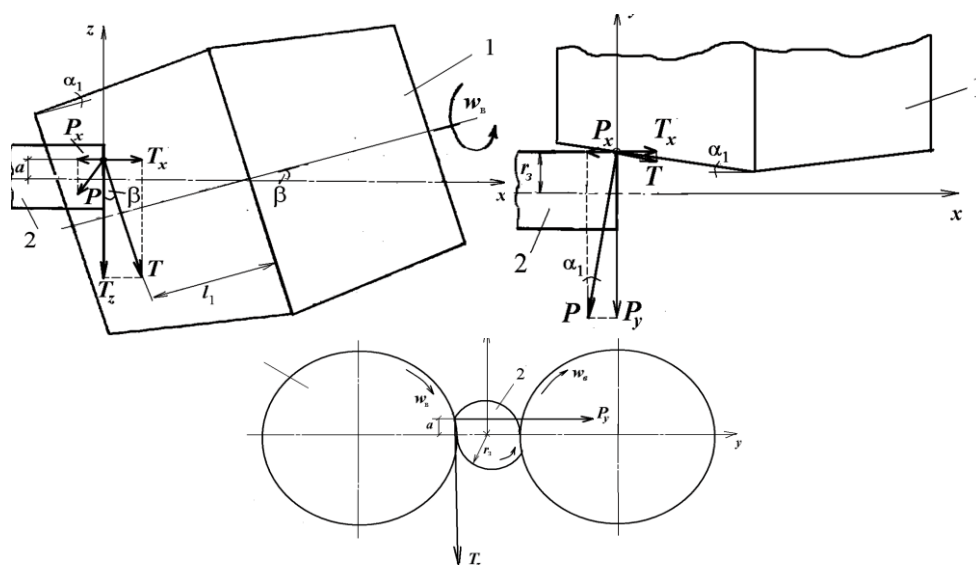
мұнда Q – бір білікке түсетін қосымша итергіш күш; T_x – илемдеу осіндегі білікпен жанасу бетіндегі үйкеліс күшінің проекциясы; P_x – білік жағынан илемдеу осіне қалыпты күштің проекциясы.

Түсіру кезінде дайындамаға әсер ететін күштерді қарастырыңыз (суретті қараңыз. 2.7). Кеңістіктік бағдары бар T үйкеліс күшінің проекциясы илемдеу осіне тең (суретті қараңыз. 2.7, а, б):

$$T_x = T \sin \beta \cos \alpha_1 \quad (2.28)$$

α_1 бұрышының аздығын ескере отырып, $\cos \alpha_1 \approx 1$ рұқсат және соңғы өрнек жеңілдетеді:

$$T_x = T \sin \beta \quad (2.29)$$



12 - сурет Бұрандалы илемдеу кезіндегі бастапқы ұстау схемасы:

1 - білік; 2 - дайындама

Дайындамаға Р орамынан әсер ететін және оның алға жылжуына кедергі келтіретін қалыпты күштің проекциясы анықталады 12 а, б - сурет:

$$P_x = P \sin \alpha_1 \cos \beta \quad (2.30)$$

Біліктердің қисаюының $\beta < 20^\circ$ бұрышына әсері әдетте еленбейді және есептейді

$$P_x = P \sin \alpha_1 \quad (2.31)$$

(2.30) және (2.31) өрнектерді ескере отырып, итергіш күшсіз бастапқы ұстау шартын (2.32) жазайық:

$$T \sin \beta \geq P \sin \alpha_1 \quad (2.32)$$

Кулон заңын қолдану

$$T = f P$$

мұнда $f = 0,3$ - үйкеліс коэффициенті. Қысқартулар жасай отырып, біз аламыз:

$$f \geq \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta} \quad (2.33)$$

(2.36) формуладан α_1 тесу конусының бұрышы азайған кезде және β беру бұрышы ұлғайған кезде дайындаманың осьтік ілгерілеуі жеңілдейтінін көруге болады. Айналу дайындаманың осіне қатысты күштердің проекциялау моменттерінің келесі қатынасында мүмкін болады [92]:

$$M_{T_z} \geq M_{P_y}$$

Күштің проекциясы Т қосулы z осі бастап анықталады 12, а - сурет.

$$T_z = T \cos \beta$$

Күштің проекциясы Р осіне у бастап анықталады 12, б - сурет

$$P_y = P \cos \alpha_1$$

(2.38) және (2.39) (2.37) өрнектерін алмастыра отырып және T_z күш проекциясының қолы r_3 дайындамасының радиусына, ал P_y күшінің қолы α илемдеу осінен күш қолдану нүктесінің қашықтығына тең екенін ескере отырып, біз аламыз:

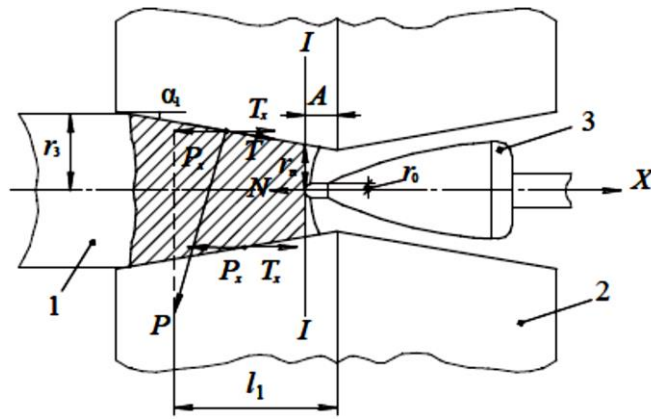
$$T \cos \beta \cdot r_3 \geq P \cos \alpha_1 \cdot \alpha$$

Соңғы өрнекке қолдану Кулон заңы (2.35) және $\alpha = l_1 \sin \beta$ [6], екенін ескере отырып, жиырылуларды жүргізе отырып, біз аламыз:

$$f \geq \frac{l_1}{r_3} \cos \alpha_1 \cdot \tan \beta \quad (2.34)$$

мұнда l_1 – тесу конусының ұзындығы

Құралбілікте тесу және илемдеу кезінде дайындаманы екінші рет ұстап алу керек, яғни кездесу кезінде оның осьтік ілгерілеуі құралбілікпен дайындамалар.



13 - сурет Бұрандалы тесу кезіндегі қайталама түсіру схемасы:
1 - дайындама; 2 - білік; 3 – құралбілік

Қайталама түсіру шарты жалпы түрде келесідей жазылады:

$$Q + k_B T_x \geq k_B P_x + N_0 \quad (2.35)$$

мұнда Q – қосалқы итеру күші; k_B – біліктердің саны; T_x - білікпен жанасу бетіндегі үйкеліс күштерінің көлденең проекциясы; P_x - білік жағынан қалыпты қысым күшінің көлденең проекциясы; N_0 - құралбіліктің қарсылық күші; I-I - құралбілік басындағы дайындаманың көлденең қимасы.

(2.35) шартты итергіш күшсіз қарастырыңыз:

$$k_B (T_x - P_x) \geq N_0 \quad (2.36)$$

Күштердің проекцияларын β берілу бұрышындағы шиыршықтардың тураланбауын есепке алмай жазайық.(13-суретті қараңыз):

$$\begin{aligned} T_x &= T \cos \alpha_1 \\ P_x &= P \sin \alpha_1 \end{aligned} \quad (2.37)$$

Кулон заңын қолдану (2.35) және (2.36) және (2.37) өрнектерін ауыстыру және қысқартуларды орындау арқылы біз аламыз

$$k_B P (\cos \alpha_1 - \sin \alpha_1) \geq N_0 \quad (2.38)$$

Құрамдас формулаларды қарастырыңыз (2.38). Төменде көрсетілгендей, қалыпты күш P тесу конусында келесідей есептеледі:

$$P = p F_i = p b_{1cp} l_i \quad (2.39)$$

мұнда F_1 - тесу конусындағы жанасу бетінің ауданы; p , b_{1cp} - тиісінше тесу конусындағы орташа қалыпты қысым және жанасу бетінің орташа ені; l_1 - тесу конусының ұзындығы.

Бұдан әрі құралбіліктің басының алдындағы салыстырмалы қысу арқылы тесу конусының ұзындығын білдірейік

$$\varepsilon_{\text{и}} = \frac{r_3 - r_{\text{и}}}{r_3} \quad (2.40)$$

Мұнда r_3 және $r_{\text{и}}$ - тиісінше, құралбіліктің басының алдындағы бөлімдегі бастапқы дайындама мен дайындаманың радиусы (13 суретті қараңыз), немесе

$$r_3 - r_{\text{и}} = r_3 \varepsilon_{\text{и}}$$

Былай қабылдасақ

$$l_i = \frac{r_3 - r_{\text{и}}}{\operatorname{tg} \alpha_1} + A \quad (2.41)$$

мұнда A - құралбілікті қысу қимасы бойынша ұзарту.
Келесі мәндерді қойып аламыз:

$$l_i = \frac{r_3 \varepsilon_{\text{и}}}{\operatorname{tg} \alpha_1} + A \quad (2.42)$$

Әрі қарай, құралбіліктің қарсылық күшін анықтаймыз:

$$N_0 = p_0 F_0 = \pi p_0 r_0^2 \quad (2.43)$$

мұнда p_0 – құралбіліктің басындағы қысым; r_0 – құралбіліктің басындағы радиус. Өрнектерді ауыстырғаннан кейін (2.42) және кейбір түрлендірулерде қайталама түсіру шартты түрге дейін азаяды:

$$\varepsilon_n \geq \varepsilon_{\text{и}}^{\min}$$

мұнда $\varepsilon_{\text{и}}^{\text{бшт}}$ - құралбілік алдында ең аз рұқсат етілген қысу

$$\varepsilon_{\text{и}}^{\min} = \frac{\pi p_0 r_0^2 \operatorname{tg} \alpha_1}{k_{\text{BP}} (f \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1) b_{1\text{cp}} r_3} - \frac{A \operatorname{tg} \alpha_1}{r_3} \quad (2.44)$$

Әдетте, тесуді болаттың маркасына байланысты $\varepsilon_{\text{—}} = 5\text{--}15\%$ деңгейінде жүзеге асырылады (көміртекті болат маркаларын илемдеу кезінде үлкен мәндер қолданылады). Бұрандалы тесу кезінде тұрақтылық жағдайларына осьтік қуысты ашпай-ақ, құралбіліктің басының алдында тесудің тағы бір шарты жатады. Бұрандалы тесу теориясында I–I қимасындағы критикалық қысу ұғымы $\varepsilon_{\text{и}}^{\text{кр}}$ құралбіліктің басының алдында қолданылады (суретті қараңыз. 2.8), онда тесу процесінде дайындаманың осіндегі осьтік қуыс ашылады. Осьтік аймақ созылу кернеулерінің әсерінен босатылады. Тесу процесін дұрыс жүргізудің негізгі шарты-дайындаманы қысу арқылы деформациялау апатты емес, яғни құралбіліктің басының алдында қуысты ашпай:

$$\varepsilon_{\text{и}} < \varepsilon_{\text{и}}^{\text{кр}}$$

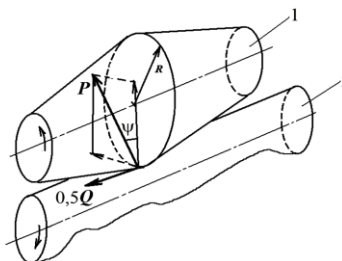
Тесу шартының бұзулуымен (2.54) ішкі бетінде бет ақауының пайда болуына әкеледі. Апаттық қысу мөлшері тесуге арналған арнайы тәжірибелер кезінде анықталады және болаттың икемділігіне байланысты 6-16 % құрайды. Осылайша, егер құралбіліктің алдындағы салыстырмалы қысу диапазоны болса, тесу процесі тұрақты болады

$$\varepsilon_{и}^{min} \leq \varepsilon_{и} < \varepsilon_{и}^{кр} \quad (2.45)$$

Құралбілік илемдеу (қысқарту) кезінде құбырдың көлденең қимасының тұрақтылық шарты да тұрақтылық шарттарына жатады. Тұрақтылықтың жоғалуы жылудың пайда болуымен көрінеді.

Қуат параметрлері

Бұрандалы илемдеу кезінде жалпы жағдайда білікке тік және көлденең күштер әсер етеді:



14-сурет Екі білікті схемада білікке әсер ететін күштер:
1 - білік; 2 - құбыр

1) біліктің ортасына және біліктің қысымындағы деформация ошағының ортасына қолданылатын P қалыпты күштерінің нәтижесі;

2) құралбіліктің остік қарсылық күші N_0 және сызғыштарының қарсылық күші Q_L (немесе ол болған кезде басқа бағыттаушы құрал): $Q = N_0 + Q_L$.

Тесу кезінде білікке әсер ететін тік күш тесу мен илемдеу аймақтарындағы екі компоненттен тұрады:

$$P = P_1 + P_2 = p_1 F_1 + p_2 F_2 \quad (2.46)$$

мұнда p_1 , F_1 және p_2 , F_2 - тиісінше тесу және илемдеу аймақтарындағы орташа қысым және көлденең проекция ауданы; F_1 және F_2 формулалар бойынша анықталады.

Тесу конусындағы орташа қысымды формула бойынша есептеу ұсынылады [7]

$$p_1 = \sigma_s \left(1,8 - \frac{b_{п}}{2r_{п}} \right) (1 - 2,7\varepsilon_{п}^2) \quad (2.47)$$

мұнда σ_s - беріктікті ескере отырып, деформацияға төзімділік; $b_{п}$ - қысқыш қимасындағы жанасу бетінің ені (2.3сурет); $r_{п}$ - қысу қимасындағы дайындаманың радиусы; $\varepsilon_{п} = \frac{r_3 - r_{п}}{r_3}$ Дайындаманы қысу бөлімінде салыстырмалы түрде қысу.

Қысқыш қимасындағы жанасу бетінің ені қысқыш қимасы үшін (2.47) формула бойынша орналасқан:

$$b_{\Pi} = \kappa_{\Phi} \sqrt{2r_{\Pi} \Delta r_{\Pi} + \Delta r_{\Pi}^2} \quad (2.49)$$

мұнда Δr_{Π} - қысу қимасында жеке қысу (2.49):

$$\Delta r_{\Pi} = l_{\Pi} \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (2.50)$$

мұнда l_{Π} – қысу қимасында бұрандалы сызықтағы адым:

$$l_{\Pi} = \frac{2\pi r_{\Sigma} \eta_x \mu_{\Pi}}{k_B \eta_y \mu_{\epsilon}} \operatorname{tg} \beta \quad (2.51)$$

мұнда μ_{Π} - сығымдау қимасындағы сору коэффициенті.

Домалау конусындағы орташа қысымды келесідей бағалауға болады [7]

$$p_2 = 0,75 p_1$$

Орамға әсер ететін Q осьтік күші (суретті қараңыз. 2.9), тік күштің үлестерін бағалау ұсынылады P . мысалы, тесу кезінде осьтік күшті келесідей бағалауға болады [8]:

Дайындаманың диаметрі $d_3 < 200$ мм

$$Q = (0,20 \dots 0,35)P$$

$d_3 > 200$ мм

$$Q = (0,30 \dots 0,45)P$$

Айналу моменті. Білікті айналдыру үшін білікке әсер ететін күштердің моменттің керек: металмен жанасу бетіндегі қалыпты p күші және құралбілік пен бағыттаушы құралдың осьтік қарсылық күші $0,5 Q$ (бір білікке).

Біліктің айналуына кедергі келтіретін P күші кеңістіктік бағыт және тік осьтің бұрышын ψ құрайды

$$\sin \psi = \frac{b}{d}$$

байланыс бетінің енін алуға болады $b = b_{\Pi}$; дайындама диаметр $d = d_{\Pi}$ (қысу қимасы), өйткені нәтиже тең әсерлі күш P қысқыш қимасында біліктің ортасына қолданылады. Күш P көлденең компонентке бөлінеді $P \sin \psi$ және тік $P \cos \psi$. Біліктердің беру бұрышына қисаюы болғандықтан b , көлденең жазықтықта роликтің айналуына кедергі келтіретін күш болады $P \sin \psi \cos b$ радиусы R (қысу қимасындағы роликтің радиусы).

Күштің тік проекциясының қолы $b/2$ жанасу бетінің енінің жартысына тең. Осылайша, P күшінің моменті тең:

$$M_p = P \sin \psi \cos \beta \cdot R + P \cos \psi \cdot \frac{b}{2} \quad (2.52)$$

саңырауқұлақ орамдарын қолданған жағдайда соңғы термин көбейтіледі $\cos \delta$, мұнда δ – домалау бұрышы.

Біліктің айналуына кедергі келтіретін екінші күш-құралбілік пен бағыттаушы құралдың осьтік қарсылық күші $0,5 Q$. Екі білікті илемдеу схемасында және біліктердің бұрышқа қисаюында β осы күштің моменті:

$$M_N = \frac{1}{2} Q \sin \beta \cdot R \quad (2.53)$$

Осылайша, бұрандалы илемдеу кезінде орамдағы жалпы момент:

$$M = P \left(\sin \psi \cos \beta \cdot R + \cos \psi \frac{b}{2} \right) + \frac{1}{2} Q \sin \beta \cdot R \quad (2.54)$$

Мұнда R - қысқыш қимасындағы орамның радиусы.

Илемдеу моментін есептеу үшін шамамен формуланы да қолдануға болады [8]:

$$M = \frac{1}{2} P b_n \left(1 + \frac{D}{d_n} \right) \quad (2.55)$$

мұнда D, d_n - қысқыш қимасындағы білік пен құбырдың диаметрлері.

Илемдеу қуаты формула бойынша жетек орамдарының санына байланысты илемдеу орнағының электр қозғалтқышын таңдау үшін есептеледі:

$$N = k_B M w_B \quad (2.56)$$

мұнда k_B – орнақтың біліктерінің саны; M – бір біліктегі момент; w_B - біліктің бұрыштық жылдамдығы.

Тесудің технологиялық процесінің параметрлерін есептеу үшін келесі бастапқы деректер пайдаланылды:

Қысу кезіндегі біліктің диаметрі $D = 500$ мм;

Біліктің айналу жиілігі $n = 100$ айн/мин;

Беріліс бұрышы $\beta = 10^\circ$;

Тесу және жаю конустарының бұрышы $\alpha_1 = 3$ и $\alpha_2 = 4^\circ$.

Дайындама диаметр $d_3 = 60$ мм,

Дайындама радиусы $r_3 = 30$ мм;

Гильзаның диаметрі $d_{\Gamma} = 40$ мм;

Гильза қабырғаларының қалыңдығы $S_{\Gamma} = 6$ мм;

Қысу қимасының диаметрі $d_{\Pi} = 40$ мм; қима қысу қабырғаларының қалыңдығы $S_{\Pi} = 10$ мм.

Сырғанау коэффициенттері $\eta_x = 0,6$, $\eta_y = 1,0$.

Дайындама материалы алюминий

Илемдеу күштерін, моментін және қуатын анықтау қажет. Біз сору коэффициенттерін есептейміз, жалпы және қысу қимасында формула бойынша (2.1):

$$\mu_{\epsilon} = \frac{d_3^2}{4s_r(d_r - s_r)} = \frac{60^2}{4 \cdot 6(40 - 6)} = 2,2$$

$$\mu_n = \frac{d_3^2}{4s_n(d_n - s_n)} = \frac{60^2}{4 \cdot 6(40 - 10)} = 1,7$$

Қысқыш қимасындағы бұрандалы сызықтың қадамын формула бойынша анықтайық (2.60):

$$l_n = \frac{2\pi r_3 \eta_x \mu_n}{k_B \eta_y \mu_{\epsilon}} = \frac{2\pi \cdot 30 \cdot 0,6 \cdot 1,7}{2 \cdot 1 \cdot 2,2} = 15,3 \text{ мм}$$

Қысу бөліміндегі жеке қысу формула бойынша анықталады

$$\Delta r_n = l_n \operatorname{tg} \alpha_1 = 15,3 \cdot \operatorname{tg} 3^0 = 0,8 \text{ мм}$$

Қысқыш қимасындағы жанасу бетінің ені формула бойынша анықталады:

$$b_n = k_{\phi} \sqrt{2r_n \Delta r_n + \Delta r_n^2} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 20 \cdot 0,8 + 0,8^2} = 18 \text{ мм}$$

Қысу бөліміндегі салыстырмалы жеке қысу:

$$\epsilon_n = \frac{\Delta r_n}{r_n} = \frac{0,8}{50} = 0,016$$

Қысу уақыты металдың айналу жылдамдығына тең жылдамдықты қабылдай отырып, ені b болатын жанасу бетінің металдан өту уақыты ретінде анықталады:

$$v = \frac{\pi n D}{60} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 900}{60} = 4710 \text{ мм/с}$$

Қысу уақыты $t = b_{\Pi}/v = 18/4710 = 0,0038 \text{ с}$.

Қысу қимасында жинақталған ығысу деформациясының дәрежесін шамамен формула бойынша есептеуге болады (1.48):

$$\Delta = 2k_{\text{нем}} \ln \mu_n = 2 \cdot 2 \cdot \ln 1,7 = 2,12$$

Мұнда $k_{\text{нем}} = 1,5 \dots 2$ - деформацияның монотондылық емес коэффициенті. Салыстырмалы жеке қысу жылдамдығы

$$\xi = \frac{\epsilon_n}{t} = \frac{0,016}{0,0038} = 4,2 \text{ 1/с}$$

Содан кейін ығысу деформациясының қарқындылығын шамамен есептеуге болады $H = \sqrt{3} \quad \xi = \sqrt{3} \cdot 4,2 = 7,3 \text{ 1/с}$

Әрі қарай, біз 45 болатқа арналған (1.25) формула бойынша деформация кедергісін есептейміз:

$$\sigma_s = \alpha_1 A^{a_2} H^{a_3} \left(\frac{T}{1000} \right) a_4 = 79,48 \cdot 2,12^{0,173} \cdot 7,3^{0,143} \left(\frac{1150}{1000} \right) - 3,05 = 79,5 \text{ МПа}$$

Мұнда $a_1 \dots a_4$ - кесте бойынша анықталған эмпирикалық коэффициенттер.
1.1 Болаттың әртүрлі маркалары үшін; Λ - ығысу деформациясының дәрежесі;
H - ығысу деформациясының қарқындылығы; T – тесу температурасы, °C.

Біз (2.57) формула бойынша тесу конусындағы білікке металдың қысымын анықтаймыз:

$$p_1 = \sigma_s \left(1,8 - \frac{b_n}{2r_n} \right) (1 - 2,7 \varepsilon_n^2) = 79,8 \left(1,8 - \frac{18}{2 \cdot 50} \right) (1 - 2,7 \cdot 0,17^2) = 119 \text{ МПа}$$

Мұнда қысқыш қимасында диаметрі бойынша салыстырмалы қысу

$$\bar{\varepsilon}_n = \frac{d_3 - d_n}{d_3} = \frac{120 - 100}{120} = 0,17$$

Өрнекті ескере отырып, илектеу конусындағы қысым:

$$p_2 = 0,75 p_1 = 0,75 \cdot 119 = 89,3 \text{ МПа}$$

Тесу және илемдеу аймақтарындағы жанасу бетінің ені формула бойынша:

$$b_{1cp} = 0,67 b_n = 0,67 \cdot 18 = 12 \text{ мм}$$

$$b_{2cp} = 0,8 b_n = 0,8 \cdot 18 = 14,4 \text{ мм}$$

Тесу мен илемдеу аймақтарындағы жанасу бетінің аудандарын есептеу үшін олардың ұзындығын анықтаймыз формула бойынша:

$$l_1 = \frac{r_3 - r_n}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{120 - 100}{\operatorname{tg} 3^\circ} = 385 \text{ мм}$$

$$l_2 = \frac{r_r - r_n}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{124 - 100}{\operatorname{tg} 4^\circ} = 343 \text{ мм}$$

Байланыс бетінің толық ауданы тесу мен илектеу аймақтарын қамтиды және формула бойынша анықталады (2.4):

$$F = F_1 + F_2 = b_{1cp} l_1 + b_{2cp} l_2 = 12 \cdot 385 + 14,4 \cdot 343 = 4620 + 4940 = 95600 \text{ мм}^2$$

Металдың білікке түсіретін күшінің тік құраушысы (формула бойынша (2.56)):

$$P = P_1 + P_2 = p_1 F_1 + p_2 F_2 = 119 \cdot 4620 + 89,3 \cdot 4940 = 991 \text{ кН}$$

Айналдыру моменті қажетті моментке тең біз біліктің айналуын формула бойынша табамыз:

$$M = \frac{1}{2} P b_n \left(1 + \frac{D}{d_n} \right) = \frac{1}{2} \cdot 991 \cdot 0,018 \cdot \left(1 + \frac{900}{100} \right) = 89,2 \text{ кНм}$$

Формула бойынша илемдеу қуатын есептеу үшін орамдардың айналу бұрыштық жылдамдығын анықтаймыз

$$\omega_B = \pi n / 30 = \pi \cdot 100 / 30 = 10,5 \text{ с}^{-1}.$$

Мәндерді формулаға ауыстырып, аламыз:

$$N = k_B M \omega_B = 89,2 \cdot \frac{\pi \cdot 100}{30} = 9,366 \text{ кВт}$$

Жоғарыда анықталған барлық деректер гильзаларды тесу энергияны көп қажет ететін процесіне арналған, бірақ біздің алдымызда гильзаларды бұрандалы илемдеу арқылы тесу технологиясын, сондай-ақ механикалық сипаттамалары шыбықтарды илемдеу-престеу технологиясын біріктіретін орнақты жобалау міндеті тұр.

2.4 Түсті металдардан жасалған шыбықтарды илектеу - престеу үшін жаңа бұрандалы орнақтың жетек конфигурациясын анықтау

Қазіргі қолданыстағы орнақтардың жетектерінің құрылымын талдағаннан кейін, жаңа құрылымдағы бұрандамалы орнақ үшін біз 3 редуктордан, карданды типтегі шпиндельдерден, бұрандалы біліктерден тұратын жетекті қабылдадық.

Жаңа орнақтың жетек қуатын есептеу

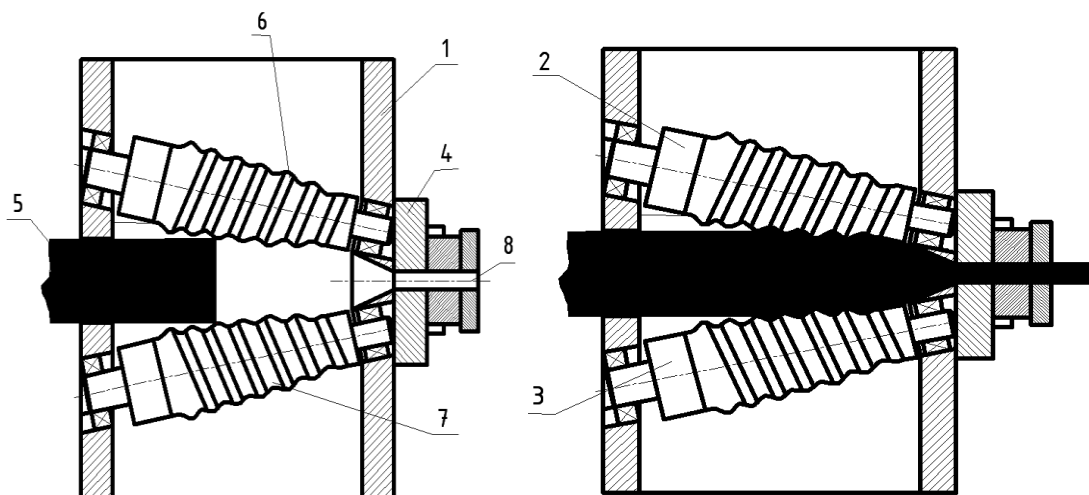
Қазіргі уақытта технологияны илемдеу күшін есептеу үшін көптеген әдістер қолданылады, бұл осы әдістер бойынша есептеу нәтижелерін эксперименттік мәліметтермен салыстыруды қажет етеді. Біз бұрандалы және радиалды ығысу орнағының жетек қуатын есептеудің қолданыстағы әдістерін, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін, алгоритмдеу мүмкіндігін және т. б. қарастырдық. Бұрандалы илемдеудің энергетикалық параметрлерін есептеу кезінде негізгі болып табылатын көптеген әдістер біз жаңа орнақтың илемдеу қуатын есептеудің ұсынылған инженерлік әдістемесіне негізделеді.

Қолданыстағы әдістерде бұрандалы илемдеудің энергетикалық параметрлерін есептеу жетек электр қозғалтқышының білігінде илемдеу моменті мен қуатын анықтаумен аяқталады. Бұл жағдайда дайындаманың температурасының өзгеруі және сол арқылы материалдың реологиялық қасиеттерінің өзгеруі, орамдардың серпімділігі және т.б. ескерілмейді, бұл біздің ойымызша, жобалау кезеңінде айтарлықтай қателіктерге әкелуі мүмкін.

Жаңа орнақтың күші мен моментін есептеудің инженерлік әдістемесі

Жоғарыда айтылғандай, шыбықтарды үздіксіз престеуге арналған бұрандалы орнақ негізгі жетек, әр түрлі бағытта айналатын жұмыс клеті және пресс-матрица бар. Біліктер сәйкесінше тегіс және толқынды конус тәрізді ұстау және қысу аймақтары және калибрлейтін цилиндрлік аймақтары бар. Бұл ретте ені және сәйкесінше биіктігі немесе тереңдігі бірдей орамдардың шығыңқы жерлері немесе ойпаттары бұрандалы сызыққа жанасу нүктесі арқылы өтетін бұранда сызығы мен орамның негізіне перпендикуляр түзуші

сызық арасындағы бұрышы 45° -дан 60° -ға тең бұранда сызығы бойынша орындалады. Шыбықтарды престоу келесідей жүзеге асырылады (15-сурет). Дайындама орамдар арасындағы саңылауға беріледі және орамдардың бір бағытта айналуы кезінде орамдардың толқынды-конус тәрізді бөліктерінің шығыңқы жерлері мен ойықтарымен деформацияланады. Айналмалы қозғалыспен айналатын орамдар деформацияланатын металды біртіндеп жылжытады және оларды пресс-матрицаның саңылауы арқылы сығып алады.



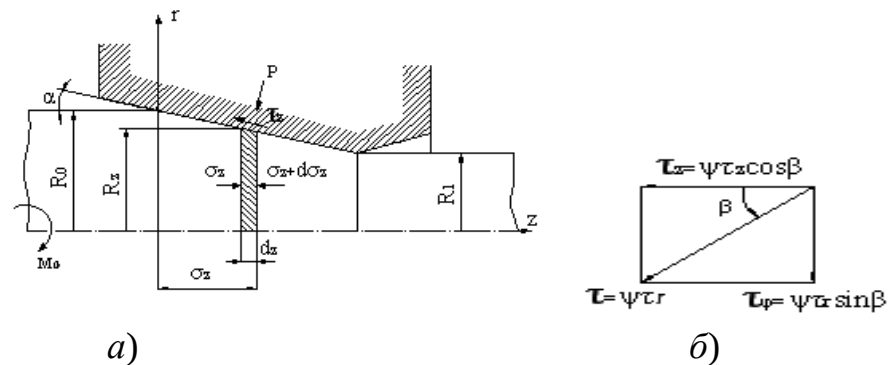
1 – жұмыс клеті, 2 және 3 – біліктер; 4 – матрица; 5 – дайындама; 6 және 7- біліктің шығыңқы және ойпат жерлері; 8 – тесігі пресс-матрицаның
15- сурет Шыбықтарды үздіксіз престоуге арналған бұрандалы орнақ

Біліктердің толқынды-конус тәрізді учаскелерінде дайындаманы илемдеу, біліктерді бір бағытта айналдыру кезінде дайындаманың илемдеу бағытында алға және айналмалы қозғалысын, ығысу деформациясын дамыту және азайту арқылы дайындаманың бүкіл қимасы бойынша құрылымды тиімді ұнтақтауды қамтамасыз етеді. Илемдеу күші құрылымды тиімді ұнтақтау сапалы өнім алуды қамтамасыз етеді.

Үздіксіз престоудің ұсынылған әдісінде металды матрицаның саңылауы арқылы сығу айналмалы бұрандалы орамдардың жанасу бетінде пайда болатын жанасу үйкеліс күштерімен және деформацияланатын шыбықтық дайындамамен жүзеге асырылады. Осыған байланысты дайындаманың құралмен жанасу аймағының шамасы көбінесе престоу қысымын, бұрандалы орамдардағы айналу моментін және қондырғының электр жетегінің қуатын және т.б. анықтайды. Осыдан кейін бұрандалы орамдардың шығыңқы жерлері мен ойықтары металмен толығымен толтырылады және матрица арнасына металды сығуға жеткілікті белсенді үйкеліс күштеріне жеткенге дейін олардың арасындағы байланыс аймағы артады. Демек, деформацияның бастапқы кезеңіндегі ұстау аймақтары бұрандалы орамдардың шығыңқы жерлері мен ойықтарын толығымен толтыру және металды экструдтау үшін қысым жасау үшін қажетті қысымды қамтамасыз етуі керек.

Шыбықтарды престоу кезінде металл экструдтау үшін жеткіліксіз қысым

жасау және беттік ақауларға және дайындаманың бетінде жарықтар пайда болуына байланысты бұйымдардың сапасыздығына байланысты проблемалар туындауы мүмкін. Қысымның төмендеуінің және ақаулардың пайда болуының себептерінің бірі престелетін дайындамаға қатысты орамдардың жұмыс бетінің сырғып кетуі Айналымды қозғалатын бұрандалы білікпен престеу кезінде деформация күшінің даму механизмін сипаттау үшін біз мұндай есептің теориялық шешімін тікелей вариациялық есептеу әдісімен қарастырамыз [48]. Бұрандалы біліктердің айналуына байланысты престелетін дайындамаға матрицаның жанасу бетіндегі тангенциалды үйкеліс күштерінің моментімен теңестірілген М моменті қолданылады.



а – престеу процесінің схемасы; б – үйкеліс кернеуінің векторының ыдырау схемасы

16-сурет – Дайындаманы бұралу арқылы престеу қысымын анықтауға арналған сұлба

Жаңа құрылғыда үздіксіз деформациялауға арналған құрылғы металл шыбықтар айналымды қозғалатын бұрандалы білікпен престеу процесінде ағындар алады. Бұл жағдайда дайындаманың металы айналымды қозғалатын орамдардың жұмыс бетіндегі бұрандалы сызықтар бойымен орналасқан шығыңқы жерлер мен ойықтардың арқасында айналымды- қозғалыс береді. Сондықтан біз престеу кернеуін екі компонентке бөлеміз.

Бірінші компонент айналу моментін құрайды, бұрандалы сызықтар бойымен металдың ағуына ықпал етеді, ал екіншісі престеу осі бойымен әрекет етеді. Престеу осі бойымен z осі бар цилиндрлік координаттар жүйесін енгізіңіз. Жанасу бетінде үйкеліс заңы берілсін $\tau_i = \psi \tau_z e_i$ мұнда e_i - үйкеліс кернеуінің бағыттарын анықтайтын бірлік векторының бағыттаушы косинусы; Ψ - деформация ошағының өлшемдері мен үйкеліс беттерінің күйіне байланысты кейбір функция $1 \leq \psi \leq 0$).

Деформация ошағының ерікті қимасында айналу моменті әрекет етеді (16,а,б - суреті)

$$M = M_o - \int_0^{2\pi} \int_0^z \tau_\varphi R_z^2 d\varphi dz = M_o - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{\psi \sigma_T \sin \beta}{a} \left[1 - \left(\frac{R_o - za}{R_o} \right)^3 \right]. \quad (2.57)$$

Мұнда белгіленулер көрсетілген: $tg \alpha = a$, $R_z = R_o - za$. Бұраш β жанасу бетіндегі үйкеліс күштерінің әсер ету бағытын анықтайды. Көлеңкеленген элементар

кабаттың тепе-теңдік теңдеуі келесідей

$$(R_0 - z\alpha) \frac{d\sigma_z}{dz} + 2\sigma_z a - 2ap - \frac{2}{\sqrt{3}} \psi \sigma_T \cos \beta = 0. \quad (2.58)$$

Рұқсат етілген $\sigma_\varphi = \sigma_r$, $\tau_{rz} = 0$, $\tau_{\varphi r} = 0$ иілгіштік шартын келесі түрде жазуға болады

$$(\sigma_z - \sigma_r)^2 + 3\tau_{\varphi z}^2 = \sigma_r^2 \quad (2.59)$$

немесе қатысты қуат қатарына ыдырағаннан кейін $\tau_{\varphi z}^2 / \sigma_T^2$

$$\sigma_r = \sigma_z - \sigma_T \left(1 - \frac{3}{2} \frac{\tau_{\varphi z}^2}{\sigma_T^2} \right). \quad (2.60)$$

Жұмыстағы сияқты [48] өрнекте біз ыдыраудың екі мүшесімен шектелеміз.

Айталық, бұл

$$\tau_{\varphi z} = \frac{3}{2\pi} \left\{ \frac{M_0}{(R_0 - za)^3} - \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \frac{\psi \sigma_T \sin \beta}{a} \left[\frac{1}{(R_0 - za)^3} - \frac{1}{R_0^3} \right] \right\}. \quad (2.61)$$

Қабылдаймыз $\sigma_r = p$, өрнегін ескере отырып, біз оны қайта жазамыз

$$(R_0 - za) \frac{d\sigma_z}{dz} + 2a\sigma_T \left(1 - \frac{3}{2} \frac{\tau_{\varphi z}^2}{\sigma_T^2} \right) - \frac{2}{\sqrt{3}} \psi \sigma_T \cos \beta = 0. \quad (2.62)$$

Теңдеулерді (6) өрнектерге ауыстыра отырып, интегралдан кейін біз σ_z кернеулер аламыз. Содан кейін престоу кернеуі үшін біз келесі теңдеуді аламыз

$$\begin{aligned} p_{\text{ек}} = \sigma_z \Big|_{z=\frac{R_0-R_1}{a}} = \sigma_T \left[\frac{\varepsilon}{2} \left(\frac{27}{4\pi^2} K^2 \sin^2 \beta + \frac{3}{\pi} K \cos \beta - 2 \right) + (e^{3\varepsilon} - 1) \times \right. \\ \times \left(\frac{3}{32} m^2 - \frac{9}{2\sqrt{3}\pi} mK \sin \beta + \frac{9}{8\pi^2} K^2 \sin^2 \beta \right) + (e^{1.5\varepsilon} - 1) \times \\ \left. \times \left(\frac{mK}{2\sqrt{3}\pi} \sin \beta - \frac{K^2}{\pi^2} \sin^2 \beta \right) \frac{9}{4} \right], \end{aligned} \quad (2.63)$$

Мұнда $K = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} \frac{\psi}{a}$; $\varepsilon = 2 \ln \frac{R_0}{R}$ - өту үшін қысу;

$m = \frac{M_0}{W_p \tau_\tau}$ - шыбықтың бастапқы қимасының полярлы кедергі моменті.

Нақты күйдегі β мәнін функционалдылықтың стационарлық қасиеттерін қолдану арқылы табуға болады $I = \int_V \tau_T H^\circ dV - \int_S F_i v_i^\circ dS$ [6], мұнда V – шектелген бетімен деформацияланатын көлем S ; v_i° - кинетикалық ықтимал ағын

жылдамдығы; F_i - беттік кернеу компоненттері; H° - ығысу деформациясының қарқындылығы. Талданған жағдайда, жоғарыда аталған функционалдылық тек беттік интегралға дейін азаяды (Деформацияланатын күй өзгермейді). Нәтижесінде алатынымыз

$$\sin \beta = \frac{me^{1,5\varepsilon}(e^{1,5\varepsilon} - 1)}{4\frac{\psi}{a}\left[\varepsilon + \frac{(e^{1,5\varepsilon} - 1)^2}{3}\right]}. \quad (2.64)$$

Алынған есептік деректер негізінде мыналар анықталды:

- престоу кернеуі ұсынылған құрылғының бұрандалы орамдарына қолданылатын моменттердің өсуімен төмендейді;
- α бұрышының жоғарылауымен және K коэффициентінің күшеюі және престоу моменті артады;
- үйкеліс күштерінің әсер ету бағыты β престоу кернеуіне айтарлықтай әсер етеді. Престеудің ең аз күші мен айналу моменті үйкеліс күштерінің әсер ету бұрышы 45° -ға тең болған кезде алынады.

Матрицаның кіріс бұрышының шамасы металды үздіксіз престоу процесінің күш жағдайларына айтарлықтай әсер етеді [49].

Матрицаның кіріс бұрышының мәні α (16-сурет), онда металды престоу кезінде минималды меншікті энергияға қол жеткізіледі N_Φ және матрицалық конустың бүйір бетіндегі үйкелісті жеңу N_τ , өрнектен анықталады (калибрлеу белдеуі бойынша энергия шығынын есепке алмағанда) [49]

$$N_o = N_\Phi + N_\tau, \quad (2.65)$$

кіріс бұрышы бойынша функционалдық энергияның бірінші туындысы нөлге тең болған жағдайда [49]

$$\frac{\partial N_o}{\partial \alpha} = 0. \quad (2.66)$$

Өрнектің шешімі нәтижесінде металды үздіксіз престоу кезінде деформация ошағында жалпы қуат формуласы алынды [49]

$$N_o = 2S_o v_o \tau_s \ln \left(\frac{R}{r} \right) \left(\frac{2f_2}{\sin 2\alpha} + \frac{1}{27tg^2 \alpha} \times \left((12 + 9tg^2 \alpha)^{\frac{3}{2}} - 12^{\frac{3}{2}} \right) \right), \quad (2.67)$$

Мұнда S_o – матрицаның кіріс конусының негізінің ауданы, $S_o = \pi R^2$, мм²; $v_{пр}$ – престоу жылдамдығы; v_o – деформациялық аймаққа кіре берістегі жылдамдықтың бойлық компоненті, $v_o = v_{np} / \pi R^2$, м/с; τ_s – орташа ығысу кернеуі, $\tau_s = \sigma_s / \sqrt{3}$, МПа; σ_s – деформациялық аймақтағы металдың аққыштық шегі, МПа; f_2 – матрицаның кіріс конусының бүйір беттеріндегі үйкеліс коэффициенті; R – матрицаның кіріс конусының негіз радиусы, мм; r –

матрицаның калибрлеу саңылауының радиусы, мм.

Өрнектің трансценденттілігіне байланысты кіріс α бұрышының оңтайлы мәнін табу мәселесін сандық түрде шешуге болады Жұмыста [49,89] кіріс α бұрышының оңтайлы мәнін есептеу үшін MathCad бағдарламалық жасақтамасын қолданды. $R = 1,5$ мм, $R = 3$ мм, $v_{np} = 0,15$ м/с, $\sigma_s = 70$ МПа және әртүрлі үйкеліс коэффициенттеріндегі α оңтайлы мәнін есептеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген. Бұл мәндер N_0 минималды қуат мәніне сәйкес келеді. 2-кестеден $f_2 = 0,5$, $\alpha = 1,268$ рад, $\alpha = 72,7^\circ$ кезінде көрінеді.

2 – кесте – Есептеу нәтижелері [49]

	f_2									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
N_0 , кВт	1,304	1,655	2,044	2,467	2,937	3,448	3,997	4,582	5,219	5,89
α , рад	0,923	1,079	1,167	1,225	1,268	1,301	1,327	1,348	1,366	1,381

Біліктерге әсер ететін күштерді анықтау үшін жанасу бетінің ауданын және илектелген материалдың қысымын білу қажет. Деформация фокусының ерікті қимасындағы жанасу бетінің проекциясының ені тең [50]

$$b_i = \omega \sqrt{\frac{2rR_i \cdot \Delta r_i}{R_i + r_i}}, \quad (2.68)$$

мұнда ω – сопақтану коэффициент; r_i – еркін көлденең қимадағы дайындаманың радиусы; R_i – еркін көлденең қимадағы орамның радиусы; Δr – дайындаманы еркін көлденең қимада қысу.

Дайындаманың еркін көлденең қимада қысылуын формула бойынша анықтауға болады [95]:

$$\Delta r_i = \pi \left(\frac{D_H}{D_i} \right) \left(\frac{F_H}{F_i} \right) \left(\frac{\eta_o}{\eta_T} \right) r \operatorname{tg} \beta_1 \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (2.69)$$

мұнда r_i , D_i , F_i – дайындаманың радиусы, орамның диаметрі, деформация ошағының еркін көлденең қимасындағы дайындаманың көлденең қимасының ауданы;

D_H , F_H – біліктің диаметрі және матрицаның кіреберісіндегі дайындаманың көлденең қимасының ауданы;

η_o , η_T – дайындаманың осьтік және тангенциалдық жылдамдығының коэффициенті, оның біліктерінің бетіндегі сырғуын ескереді;

β_1 , α_1 – беру бұрышы және кіріс конусын құрайтын көлбеу бұрышы илемдеу осіне қарай.

Деформация ошағының жалпы ұзындығын (дайындаманың осі бойымен) ΔL_i , сегменттерінің қатарына бөлу арқылы контактінің проекциясының ауданын есептеуге болады [95]:

$$F_K = \sum 0,5(b_i + b_{i+1})\Delta L_i. \quad (2.70)$$

Тегіс дайындаманың бұрандамалы илемдеуінің орташа қысымын А. И. Целиков формуласы бойынша анықтауға болады [50,б 129]:

$$p = 2\sigma_T [1,25\ln(d_{cp}/b_{cp}) + 1,25(b_{cp}/d_{cp}) - 0,25]. \quad (2.71)$$

Білікке әсер ететін Р күші теңдеу бойынша есептеледі [51]:

$$P = p \cdot F_K. \quad (2.72)$$

Егер көлденең күшпен туындаған салыстырмалы түрде аз моментті ескермесек, онда ұсынылған құрылғыда престеуді жүзеге асыру үшін әр жұмыс орамына қолданылатын моментті формула бойынша есептеуге болады [51,52,б 186]:

$$M_0 = P \cdot a, \quad (2.73)$$

Мұнда a – қосымша күш иіні.

Айта кету керек, қосымша күш иіні шамамен теңдеу арқылы табуға болады [51,52, б 200]:

$$a = \frac{D+d}{2} \frac{b_m}{d}, \quad (2.74)$$

Мұнда d – деформация ошағында дайындаманың орташа диаметрі: $d = (d_0 + d_1)/2$ (d_0, d_1 – тиісінше бастапқы дайындаманың диаметрі және алынған дайындаманың диаметрі);

b_m – деформация ошағының ені теңдеу бойынша анықталды: $b_m = F_K/l_d$ (l_d – деформация ошағының ұзындығы).

Деформация ошағының ұзындығы формула бойынша анықталды [92]:

$$l_d = \sqrt{D \cdot \Delta h/2}, \quad (2.75)$$

мұнда D – деформация ошағындағы біліктің орташа диаметрі: $D = (D_0 + D_1)/2$ (D_0, D_1 – тиісінше деформация ошағының кіреберісіндегі орамның диаметрі және деформация ошағының шығысындағы орамның диаметрі);

Δh - теңдеуге сәйкес анықталатын есептік шама: $\Delta h = h \varepsilon$ (h – деформация ошағындағы жанасу бетінің биіктігі: $h = F_0/d_0$, F_0 – бастапқы дайындаманың көлденең қимасының ауданы, ε - орташа қысу: $\varepsilon = 1 - 1/\lambda$, λ - орташа сорғыш $\lambda = F_0/F_2$, F_2 – алынған дайындаманың көлденең қимасының ауданы).

Процесті жүзеге асыру үшін теңдеу бойынша есептелетін қуат қажет (орамдардың мойнындағы үйкелісті есепке алмағанда) [92]:

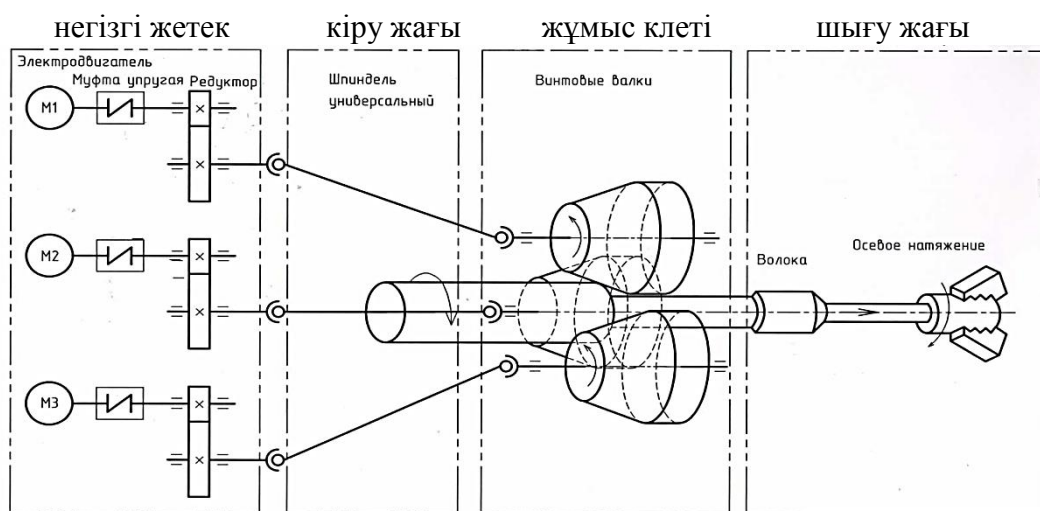
$$N_{\Pi} = M \frac{\pi \cdot n}{30}. \quad (2.76)$$

2.5 Жаңа орнақты жобалық құжаттамасының эскиздік нұсқасын әзірлеу

Бұрандалы орнақты жобалау машиналар мен жабдықтарды жобалау бойынша жинақталған тәжірибені қолдану арқылы жүзеге асырылды [38]. Жаңа орнақты жобалау кезінде эскиздік жоба, техникалық жоба, жұмыс жобасы сияқты жобалаудың үш кезеңі қолданылды.

Эскиздік жоба бастапқыда жаңа орнақтың кинематикалық схемасын(17-сурет) анықтады, әр бөліктің жалпы өлшемдері мен бұрандалы орнақтың массасы шамамен табылды.

Техникалық жобада олар бұрандалы орнақтың барлық қондырғыларын жасады, яғни жаңа орнақ клетінің құрылымы жасалды, жетекті құрастырды және жаңа орнақтың ауыр жүктелген элементтерінің беріктігі мен қаттылығын есептеді, жаңа орнақтың жетек қуатын есептеді, электр қозғалтқыштарын таңдады және жаңа орнақтың жұмыс сызбалары жасалды.



17-сурет Жаңа орнақтың кинематикалық схемасы

Техникалық жоба негізінде жаңа орнақтың жұмыс жобасы әзірленді. Сонымен қатар, барлық бөліктердің соңғы конфигурациялары мен өлшемдері анықталды және жаңа орнақтың соңғы құрылымы жасалды. Бұл кезеңде орнақтың кейбір қателіктері анықталды, кейбір бөлшектердің жалпы өлшемдерін өзгерту керек.

Айта кету керек, біз алғаш рет бұрандалы орнақтың құрылымын жасап жатырмыз. Сондықтан оңтайлы шешімді табу үшін сызбалардың бірнеше нұсқалары жасалды, олар салыстырылды және жаңа орнақ бөлшектерінің беріктігін есептеудің бірнеше нұсқалары жасалды.

2.6 Жакен Қалша ЖШС де техникалық жобаны жүзеге асыруға әмбебап орнақты дайындау

Сонымен, эскиздік-техникалық жобадан негізгі және түбегейлі айырмашылық-бұл әмбебап орнақ жұмыс жобасының кезеңінде өнеркәсіптік мақсатта емес, тәжірибелік-эксперименттік мақсатта жасау туралы шешім қабылданды. Бұл шешімнің себептері келесі жағдайлар болды: мұндай типтегі орнақ (әмбебаптық дәрежесі бойынша) алғаш рет жасалуда және бірқатар түйіндер, механизмдер мен әмбебап жұмыс желісі, ең алдымен, алдымен өнімділікке, сенімділікке және т.б. алдымен эксперименттік жағдайларда сынақтан өтуі керек.

18 - суретте металлда нақты жасалған әмбебап көлденең бұрандалы илемдеу орнағының жалпы көрінісі сынақ тәжірибеде көрсетілген, оның құрамында: кіріс жағы 1, әмбебап жұмыс клеті 2, шығыс жағы 3, негізгі жетек 4, гидрожүйе 5.



18 - сурет Көлденең бұрандалы илемдеу – престеу орнағының зертханалық фотосуреттері

Орнақтың кіреберіс жағы тиеу құрылғысынан, орнатушы құрылғыдан, көтергіш роликтен, көтергіш науадан, тұғырдан тұрады. Жүктеу құрылғысы дайындаманы қабылдауға және оны науаға салуға арналған. Бұл сырғымалы мойынтіректердегі тіректерге орнатылған жалпы білікке отырғызылған тұтқалар жүйесі. Жүктеу құрылғысының жетегі [113] жұмыс клетінің жұмыс орамдарын дайындау міндетіне арналған.

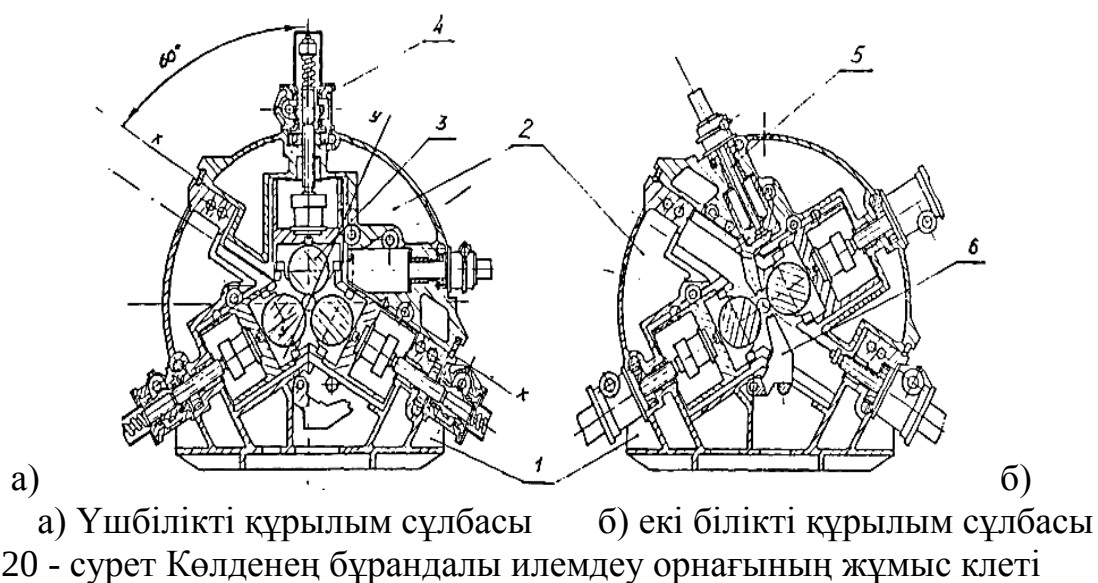
Бұл құрылғы гидравликалық цилиндрден тұрады, оның өзегі төсемге бекітілген.

Гидравликалық цилиндр корпусы сырғытпаға орналастырылған, ол тұғыр рельстерінде қозғалады. Тұғыр арқылы тұйықталған екі тізбекте орнатылды, олар тұғырмен тығыз байланыста.

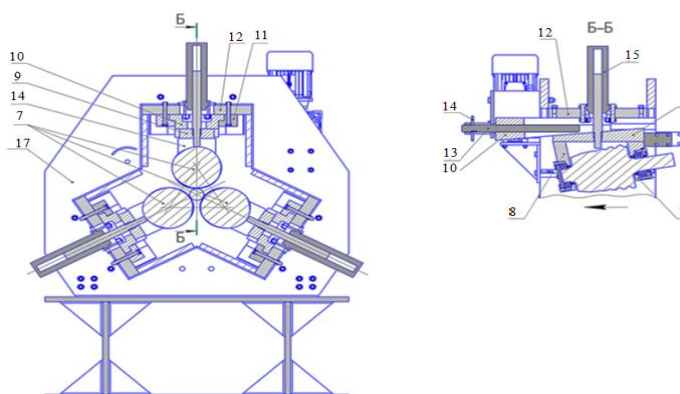


19 - сурет Бұрандалы орнақтың жұмыс клеті

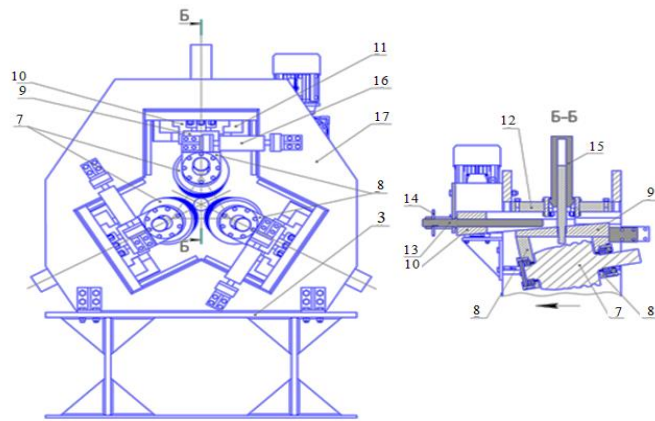
Жұмыс клеті. 20-суретте көлденең бұрандалы илемдеу орнағының әмбебап жұмыс клеті бейнеленген - оған мыналар кіреді: тұғыр корпусы 1, қақпақ 2, гидравликалық жетектермен бекітілген 3 жұмыс орамдары, гидравликалық цилиндрлер, жеке жетектері бар жұмыс орамдарын орнату және жылжыту механизмі 4, жоғарғы сызғышты орнату механизмі, төменгі сызғыш 6.



20 - сурет Көлденең бұрандалы илемдеу орнағының жұмыс клеті



21-сурет Шағын бұрандамалы престоу орнағының алдыңғы көрінісі



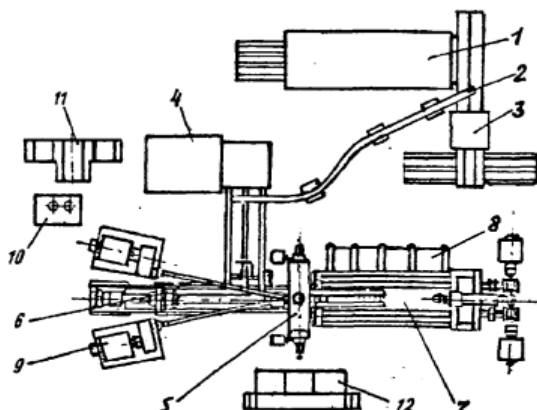
22 – сурет Шағын бұрандамалы шыбықтарды престеу орнағының артқы көрінісі

Жұмыс клетінің қосқышы жұмыс клетінің қақпағы мен тұғырының корпусы арасында х-х сызығы бойынша жүзеге асырылады жұмыс клетінің қақпағында екі ұя бар, олардың бірінде гидравликалық төсеммен бірге үш жұмыс орамының біреуі тігінен орнатылады. Екінші ұя-тігінен орнатылған жұмыс орамының осіне қатысты 90 градус бұрышта жасалған және екі білікті илемдеу кезінде оған жоғарғы сызғыштың механизмін орнатуға арналған. Үш білікке орнатылған жұмыс клеті жұмыс схемасы суретте көрсетілген. Қақпақ және тұғыр корпусының сызығы (жазықтығы) х-х тігінен орнатылған жұмыс білігінің осіне 60 градус бұрышпен және тұғыр корпусындағы ұялардың бірінің осіне параллель орналасқан.

Берілген энергетикалық параметрлері: жылдамдығы мен айналу моменті бар жұмыс орамдарын айналдыруға арналған. Металлда орнақ өндірісінде мен жұмыс орамдарының жетегін қолдандым - жеке. Әрбір жұмыс орамы айналады редуктор қозғалтқышы ($N = 250$ кВт, $n = 500/1000$ айн/мин. беріліс коэффициенті $i = 6,3$ болатын ЦО-500 редукторы арқылы.

Беріліс қорабының төмен жылдамдықты біліктері айналмалы мойынтіректердегі ілмектері бар әмбебап шпиндельдер арқылы жұмыс біліктеріне қосылады. Жұмыс орамдарының бұрыштық жылдамдығы 80 - 160 айн/мин аралығында реттеледі. Магнит өрісін әлсірету арқылы қозғалтқыштың айналу жылдамдығын номиналдан жоғары өзгерту арқылы, ал 80 - 40 айн/мин шегінде - тұрақты моменттегі зәкірдегі кернеудің өзгеруіне байланысты қозғалтқыштың айналу жылдамдығын номиналдан төмен өзгерту арқылы. Гидравликалық жүйе 5 (21-сурет) жұмыс сұйықтығын (майын) клеттің жұмыс орамдарының гидравликалық төсемдеріне (гидравликалық цилиндрлерге) және алдын ала орнатылған құрылғының гидравликалық цилиндріне жеткізуге қызмет етеді. Орнақты жобалау мен дайындаудың бастапқы кезеңінде ол жеңіл қорытпа зауытында құбыр цехында (бүкілодақтық жеңіл қорытпалар институты - Вилс жеңіл қорытпалар зауыты) орнатылуы керек еді, бірақ бірнеше себептерге байланысты ол сол кездегі жұмыс істеп тұрған 250 орнақтың басында сортты илемдеу цехында байланған және орнатылған. Орнақтың орналасқан жері осылай таңдалады. оған индукциялық қондырғыдан, титан қорытпаларына арналған қарсылық

пешінен немесе алюминий қорытпасынан жасалған пештен қыздырылған дайындамаларды беруге болады. Дайындамаларды индукторда алдын ала қыздыру және дайындаманың барлық көлемі бойынша температураны теңестіру үшін қарсылық пешінде ұстау мүмкіндігі қарастырылған [86].



23 - сурет Көлденең бұрандамалы илемдеу орнағының орны

1 – алюминий дайындамаларын қыздыруға арналған пеш; 2 - аспалы тасымалдаушы; 3 - титан қорытпаларын жылытуға арналған индукциялық қондырғы; 4 - титан қорытпаларына арналған камералық пеш; 5 – орнақтың жұмыс клеті; 6 – кіру беті; 7 – шығу беті; 8 - илемделген бұйымдардың қабылдау қалтасы; 9 - негізгі жетектің электр қозғалтқышы; 10 - майтұрағы; 11 - домалауға арналған стенд; 12 – басқару батырмасы.

Жобалау процесінде орнақтың техникалық сипаттамалары бірнеше рет нақтыланды және келесі параметрлер түпкілікті қабылданды (3-кесте)

3-кесте Бұрандамалы орнақтың техникалық сипаттамалары

Сипаттама атауы	Өлшем бірл	Параметр мәні
Білік жетегінің қуаты	кВт	3×11
Біліктің максималды диаметрі	мм	160
біліктердің илемдеу осіне көлбеу бұрышы	град	30
Біліктердің тангенциалды ығысуы	мм	18
Біліктің айналу жиілігі	айн/мин	250
Максималды қыздыру температурасы	°С	660
Дайындаманың максималды диаметрі	мм	60
Илемдеудің минималды диаметрі	мм	4
Жұмыс клетінің массасы	кг	850

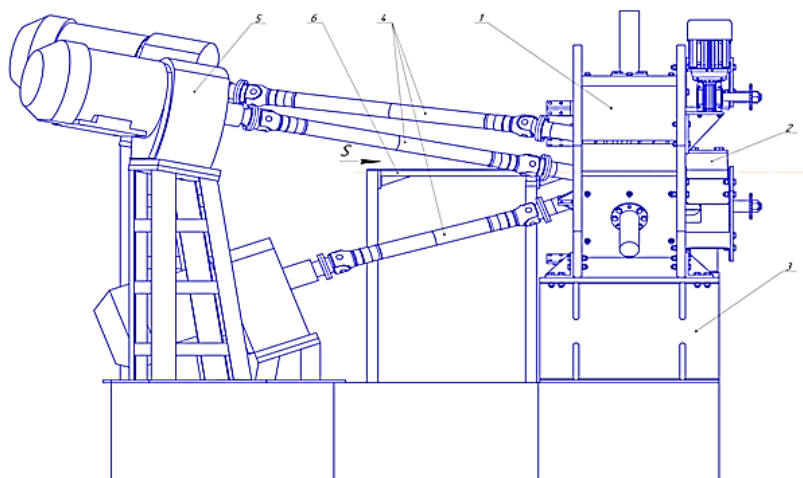
4 – кесте Жұмыс клетіне сипаттама

Барабанның диаметрі, мм	800
Біліктің өлшемдері, мм	
Бөшке диаметрі	220-400
Бөшке ұзындығы	272,300
Жаю бұрышы, град	0; 4; 12
Беріліс бұрышы, град	0 ден 15 ке дейін
Гидравликалық төсем поршенінің жүрісі, мм	0 ден 20 ға дейін

5-кесте Бұрандамалы орнақтың электрқозғалтқыштарының техникалық сипаттамасы

№	Аталуы	Саны	Өлшем бірлігі
1.	Беріліс қозғалтқышы R87-17.08-84.9-11-M1 Бәсендеткіштің сериясы: R; Стандартты өлшем (габарит): 87; Номиналды беріліс саны: 17.08; Шығу білігіндегі айналымдар (айн/мин): 84.9; Монтаждау орындалуы : M1; Электр қозғалтқышының қуаты : 11 кВт; Қысым: 220/380В; Электр қозғалтқышының айналу жиілігі: 1500 айн/мин; Қорғау класы : IP55.	3	шт.

Бұрандамалы престоу шағын орнағында шыбықтар мен сымдарды престоу келесідей жүзеге асырылады. Қыздырылған дайындама бұрандалы орамдар арасындағы саңылауға беріледі және толқынды конус тәрізді бөліктің шығыңқы жерлері мен ойықтарымен және орамдардың калибрлеу бөлігімен деформацияланады. Айналмалы қозғалыспен айналатын орамдар дайындаманың металын айналмалы және прогрессивті түрде жылжытады және деформациялайды және оларды матрицаның саңылауы арқылы сығып алады, осылайша дайын шыбықтар немесе сымдар алынады. Клеть осіне перпендикуляр кассеталарды радиалды саңылаулар бойымен жылжыту, көлбеу бұрышы 8° -дан аз сына тәрізді жылжымалы плиталар бұрандалы біліктердің дайындамаларын илектеу кезінде бірлік қысудың күрт төмендеуіне әкеледі. Бірлік қысуды азайту үшін қажетті өлшемдегі шыбықтар мен сымдарды алу үшін металды матрица арқылы сығу қажет. Мұндай сорғыш үшін үлкен престоу күші қажет. Бұрандалы орамдарда илектеу кезінде дайындаманың кішігірім қысылуы матрица арқылы мұндай үлкен престоу күштерін жасай алмайды.



23 - сурет Бұрандамалы шыбықтар мен сымдарды престоуге арналған шағын орнақ

Кассеталардың радиалды саңылаулар бойымен клеть осіне перпендикуляр, көлбеу бұрышы 30° -дан асатын сына тәрізді жылжымалы плиталармен қозғалуы осы бұрандалы біліктердің дайындамаларын илектеу кезінде бірлік қысудың күрт өсуіне әкеледі. Металл жағынан осындай қысу кезінде біліктерге оське перпендикуляр және илемдеу барысына қарсы бағытталған монотонды өсіп келе жатқан радиалды және осьтік күштер әсер етеді. Бұл күштердің әрекеті төсемдер мен кассеталар арқылы гидравликалық цилиндрмен бекітілген жылжымалы тақтаға беріледі. Үлкен күш ауыр жүктелген кассета элементтерінің, сына жылжымалы плиталардың, гидравликалық цилиндрлердің серпімді деформациясының жоғарылауына және осылайша олардың тез істен шығуына әкеледі. Айта кету керек, жоғары жылдамдықпен және бір реттік қысыммен престоу деформациялық қыздыруға байланысты престелген дайындаманың температурасының жоғарылауына әкелуі мүмкін. Бұл өндірілген шыбықтардың сапасын төмендетуі мүмкін. Сондықтан престоу және илемдеу температурасының, сондай-ақ деформациялық қыздырудың металлографиялық құрылымның қалыптасуына және бұйымдардың беріктік қасиеттеріне әсерін болдырмау үшін деформациялық қыздыруды қатаң бақылау қажет. Бұл ретте температураның температуралық интервалдың жоғарғы шегінен жоғары көтерілуіне жол бермеу керек.

Екінші бөлім бойынша қорытынды

1. Бұрандалы орнақтың клетінде орамдар мен дайындамалардың өзара орналасуының ұтымды нұсқаларын таңдау. Деформация ошағының кинематикалық параметрлерін табу.
2. Бұрандалы орнақта шыбықтар мен құбырларды престоуге арналған матрицаның дизайнын жасау
3. Берілген жүктеме кезінде жұмыс орамдарының минималды қозғалысына кепілдік беретін бұрандалы орнақтың жұмыс клетінің тұғыры қуат элементтерін жобалау.
4. Соңғы элементтер әдісін қолдана отырып, бұрандалы орнақтың жұмыс клетінің тұғырында ауыр жүктелген элементтерінің кернеулі-деформацияланған күйін есептеу.
5. Бұрандалы орнақтың жұмыс құрылымын жасау

3 Үздіксіз дайындаманың көлденең бұрандалы илемдеу процесін математикалық және үш өлшемді ақырлы-элементтік модельдеу, аналитикалық зерттеулер

Жаңа радиалды ығысу қондырғысында шыбықтарды престеу үшін үздіксіз құйылған дайындаманы қолданған кезде деформация металл құрылымын жақсартуға қол жеткізу үшін ең тиімді түрде жүргізілуі керек. Үздіксіз престеу жаңа қондырғысы үшін бұл мәселенің мүмкін шешімі-шығыңқы және депрессияның ұтымды геометриялық өлшемдері бар бұрандалы орамдарды пайдалану. Шығыңқы жерлер мен қуыстардың ұтымды геометриялық өлшемдері бар бұрандалы орамдарды қолдану металды қажетті қысу шегінде қарқынды түрде деформациялайды. Осы орамдардың шығыңқы жерлері мен қуыстарының тиімді геометриялық өлшемдерін анықтау үшін жаңа радиалды ығысу орнағында шыбықтарды престеу процесінің кинематикасы зерттелді.

Дайындаманың айналмалы жылдамдығынан асып кетсе, илемдеу орамдарының айналмалы жылдамдығы алдын-ала жүзеге асырылады, демек, $\eta > 1$ және керісінше, орамдардың айналмалы жылдамдығынан асып кетсе, Илемдеудің айналмалы жылдамдығы артта қалады, сондықтан $\eta < 1$. Айта кету керек, илемдеу кезінде алдын-ала және артта қалған кезде, біліктің бетіндегі металдың ағымы сырғанау арқылы жүзеге асырылады[33,109]. Сонымен қатар, бұрандалы біліктерді илемдеу кезінде пайда болатын сырғанау шыбықтардың сапасына әсер етпейді. Алайда, шыбықтарда артта қалған бұрандалы роликтерді илемдеу кезінде беткі және ішкі ақаулар пайда болуы мүмкін. Бұрандалы роликтерде илемдеу кезінде сырғу мөлшерін, жалпы жағдайда, дайындаманың осьтік қозғалысы болмаған кезде жылдамдық коэффициентімен анықтауға болады

$$\eta = \frac{v_i}{v_i} \quad (3.1)$$

Мұндағы, v_i - дайындаманың тиісті беттерінің айналмалы жылдамдығы; v_i - осы беттерге сәйкес келетін орамның айналу жылдамдығы

Айта кету керек, жылдамдық коэффициенті неғұрлым аз болса, дайындама мен орамалар арасындағы сырғу соғұрлым үлкен болады. диаметрі D_i бұрандалы білік бетінің кез-келген нүктесінің айналу жылдамдығын формула туралы анықтауға болады[33,108]

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{60} \quad (3.2)$$

Мұнда, n - айналу жиілігі

Радиалды ығысу илемдеу процесінің кинематикасын зерттеу кезінде илемдеу осіне қатысты бұрандалы орамдардың орналасуын, яғни β беру бұрышын ескеру қажет. Деформация ошағындағы дайындаманың айналмалы аудармалы қозғалысы тангенциалды және осьтік компоненттерге бөлінетінін ескеру қажет. Орам жылдамдығының тангенциалды компоненттері дайындамаға айналмалы қозғалыс береді, осьтік компоненттер-үдемелі.

Сырғудың тангенциалды және осьтік компоненттері процестің өнімділігіне шыбықтардың беткі ақауларына және металл құрылымына орамдардың деформациялық әсерінің қарқындылығына айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Сондықтан сырғудың тангенциалды және осьтік компоненттері сәйкесінше дайындаманың перифериялық және осьтік аймақтарының құрылымын зерттеуге әсер етеді. Радиалды ығысу кезінде тангенциалды және осьтік жылдамдық компоненттерінің коэффициенттері тангенциалды және осьтік жылдамдық компоненттерін бағалау үшін қолданылады тангенциалды және осьтік сырғанау компоненттерін бағалау үшін қолданылады. Бұл коэффициенттердің жоғарылауымен жолақтардың бетінің сапасы артады. Деформация ошағының кез келген қимасындағы сырғудың тангенциалдық және осьтік құрамдастарын сандық анықтау үшін формулаларды қолдануға болады:

$$\eta_{ti} = \frac{v'_{ti}}{v_{ti}} \quad (3.3)$$

$$\eta_{oi} = \frac{v'_{oi}}{v_{oi}},$$

Мұндағы, η_{ti} , η_{oi} - дайындама бетінің әртүрлі нүктелеріндегі жылдамдықтың тангенциалды және осьтік компоненттерінің коэффициенттері, v'_{ti} , v'_{oi} және v_{ti} , v_{oi} - дайындама мен білік бетінің әртүрлі нүктелеріндегі жылдамдықтың тангенциалды және осьтік компоненттері. Радиалды ығысу ролигінің кинематикасын зерттеу кезінде өзек бетінің әртүрлі нүктелеріндегі жылдамдық компоненттері әдетте келесі формулалармен анықталады[109].

$$\begin{aligned} v_{ti} &= v_i \cdot \cos\beta \\ v_{oi} &= v_i \cdot \sin\beta \end{aligned} \quad (3.4)$$

Екінші көлемдердің тұрақтылық заңын қолданып, қарастырылған қимадағы бұрандалы орамдардағы осьтік домалау жылдамдығын деформация аймағының шығуындағы штанганың жылдамдығы арқылы өрнектейміз. Бұрандалы орамдарда илектеу үшін екінші көлемдердің тұрақтылық шарттарын келесі түрде жазуға болады.

$$v_{i.o} F_{i.o} = v_{i.1} F_{i.2} = v_{i.2} F_{i.2} = v_{i.3} F_{i.3} = \dots = v_{i.k} F_{i.k} \quad (3.5)$$

Мұнда, $v_{i,j}$ - бұрандалы біліктің шұңқырларындағы немесе шығыңқы жерлеріндегі дайындама металының осьтік жылдамдығы

F_{ij} - бұрама тәрізді біліктің тиісті қималарында және деформация ошағынан шығуда деформацияланатын дайындамалардың көлденең қималарының аудандары, $v_{ik} F_{ik}$ - тиісінше, деформация ошағынан шығу кезінде дайындаманың осьтік жылдамдығы мен көлденең қимасы.

(В) өрнегінен келесі формуланы аламыз

$$v_{i,j+1} = \frac{(v_{i,j} F_{i,j})}{F_{i,j+2}} = v_{i,j} \mu_{i,j} \quad (3.6)$$

Мұндағы, $\mu_{i,j}$ -бұрандалы біліктің тиісті қимасындағы деформацияланатын дайындаманы тарту коэффициенті

Айта кету керек, бұрандалы біліктің бетінде орналасқан және орамдардың ұштарының бірінен қашықтықта орналасқан кез-келген нүкте үшін келесі теңдеулерді жазуға болады.

- айналмалы орам жылдамдығы

$$v_{xB} = \omega_B \cdot R_x \quad (3.7)$$

Мұнда R_x - қарастырылып отырған қимадағы орам радиусы,

ω_B - бұрыштық жылдамдық

- беру бұрышы кезінде дайындаманың айналу жылдамдығы β

$$v_{t3} = v_{xB} \cdot \cos\beta = \omega_B R_x \cdot \cos\beta \quad (3.8)$$

- беріліс бұрышындағы β дайындаманың осьтік жылдамдығы

$$v_{03} = \omega_B R_x \cdot \sin\beta$$

- қарастырылып отырған бөлімдегі дайындаманың бұрыштық жылдамдығы

$$\omega_3 = \omega_B \cdot \cos\beta \left(\frac{R_x}{r_x} \right) \quad (3.9)$$

Мұнда, r_x - қарастырылып отырған бөлімдегі дайындаманың радиусы

Жұмыста бұрандалы сызықтың көтеру бұрышы β' бұрандалы білік орнағында деформация процесінің кинематикалық жағдайларын анықтауда қосымша параметр ретінде пайдаланылды.

$$tg\beta' = \frac{S}{\pi \cdot d} \quad (3.10)$$

Мұнда, S -бұрандалы сызық қадамы; d - дайындаманың диаметрі

S және d мәндері бұрандалы орамдардағы бұрандалы сызықтың өлшемдерін анықтау арқылы анықталды. (2) және (5) қатынастарын пайдаланып, бұрандалы сызық бойымен қозғалған кезде дайындаманың ілгерілемелі және айналмалы қозғалысының жылдамдықтары тең болады.

$$v'_{oi} = v_i \cdot \eta_B \cdot \sin\beta' = \eta_{oi} v_{oi} = \eta_{oi} v_i \cdot \sin\beta$$

$$v'_{ti} = v_i \cdot \eta_B \cdot \sin\beta' = \eta_{ti} v_{ti} = \eta_{ti} v_i \cdot \cos\beta \quad (3.11)$$

η_B -бұрандалы орамдардың бұрандалы сызығы бойынша жылдамдық коэффициенттері

Арақатынасынан β және β' бұрыштары арасындағы келесі қатынасты орнатуға болады, оны одан әрі тангенциалдық жылдамдық коэффициентін анықтау үшін пайдалануға болады.

$$tg\beta' = \frac{\eta_{oi}}{\eta_{ti}} tg\beta \quad \text{немесе} \quad \eta_{ti} = \eta_{oi} \frac{tg\beta}{tg\beta'} tg\beta \quad (3.12)$$

Металлды матрицаның саңылауы арқылы үздіксіз сығымдаудың ұсынылған әдісінде боялған бұрандалы орамдардың және деформацияланатын шыбықтың түйіскен бетінде пайда болатын контактілі үйкеліс күштері жүзеге асырылады. Осыған байланысты, дайындаманың құралмен жанасу аймағының мәні көбінесе сығымдау қысымын анықтайды бұрандалы орамдардағы момент және қондырғының электр жетегінің қуаты. Шыбықтық дайындаманы екі айналмалы ораммен ұстап алғанда, оның айналмалы және прогрессивті қозғалысына байланысты орамалар бойымен қысылады және қозғалады. Осыдан кейін бұрандалы орамдардың шығыңқы жерлері мен ойықтары металмен толығымен толтырылады және матрица каналына металды сығып алу үшін жеткілікті белсенді үйкеліс күштеріне жеткенге дейін олардың арасындағы байланыс аймағының ұлғаюы байқалады. Сондықтан деформацияның бастапқы кезеңіндегі түсіру аймақтары бұрандалы орамдардың шығыңқы жерлері мен қуыстарын толығымен толтыру және металды экструдтау үшін қысым жасау үшін қажетті қысымды қамтамасыз етуі керек.

Жоғарыда айтылғандай, шыбықтарды престеу кезінде металды экструдтау үшін жеткіліксіз қысым жасау және беткі ақаулар мен дайындаманың бетінде жарықтардың пайда болуына байланысты өнімнің төмен сапасы туындауы мүмкін.

Қысымның төмендеуі мен ақаулардың пайда болу себептерінің бірі- престелген дайындамаға қатысты орамдардың жұмыс бетінің сырғанауы.

Дайындамаға қатысты орамның сырғанауын анықтау және жұмыста келтірілген әдісті қолдана отырып, минималды сырғу байқалатын ең тиімді деформация режимін және құралдың дизайнын анықтау үшін үздіксіз престеуге арналған жаңа құрылғыны қолдана отырып, деформация процесінің кинематикасы зерттелді.

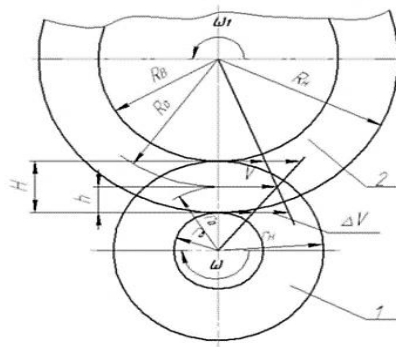
Дайындаманы айналмалы орамдармен матрица арқылы деформациялағанда және басқанда, дайындама аударма және айналмалы қозғалыс жасайды (сурет12).

Бұрандалы роликтермен илемдеу кезінде 1 дайындаманың тиісті қимасы ω_i бұрыштық жылдамдықпен айналады, ал дайындаманың осы бөліктеріне сәйкес келетін 2 орамның қималары ω_{1i} бұрыштық жылдамдыққа ие болады. Сонымен қатар, дайындаманың тиісті қималарында r_{oi} радиусы бар шеңберлер және осы секцияларға сәйкес келетін орамдағы R_{oi} радиусы бар, мұнда дайындама мен орамдардың сызықтық жылдамдығы v_i бірдей. Бұл жағдайда тиісті бөлімдердегі дайындама мен орамдардың бұрыштық жылдамдығын формула бойынша анықтауға болады:

$$\omega_i = \frac{v_i}{r_{oi}}, \quad \omega_{1i} = \frac{v_i}{R_{oi}}$$

Металл дайындаманың білік қуысындағы нүктелері келесі сызықтық жылдамдыққа ие

$$v_{B3.i} = \omega_i \cdot r_{oi} = \frac{r_{Bi}}{r_{oi}} v_i \quad (3.13)$$



24-сурет Бұрандалы біліктердегі илектеу процесінің кинематикасын есептеу схемасы

Орамның шығатын бетінде орналасқан нүктелер келесі сызықтық жылдамдыққа ие[95].

$$v_{HB.i} = \omega_{1i} \cdot R_{Hi} = \frac{R_{Hi}}{R_{oi}} v_i \quad (3.14)$$

Тиісті бөлімдердегі дайындама мен орамның сырғанауы келесі жылдамдық айырмашылығымен сипатталады.

$$\Delta V_i = v_{HB.i} - v_{B3.i} = \left(\frac{R_{Hi}}{R_{oi}} - \frac{r_{Bi}}{r_{oi}} \right) \cdot v_i \quad (3.15)$$

Бұл жағдайда дайындаманың шұңқырларындағы сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығын формула бойынша анықтауға болады.

$$v_i = \frac{\Delta V_i}{v_i} = \frac{R_{Hi}}{R_{oi}} - \frac{r_{Bi}}{r_{oi}} \quad (3.16)$$

жоғарыда келтірілген формулаларды талдау негізінде біз дайындаманы орамдарға қатысты сырғыту жылдамдығы бірдей болатын r_{oi} және R_{oi} шеңбердің радиус позициясына байланысты екенін анықтадық. Бұл шеңберлердің орналасуы дайындаманың шұңқырының пішініне, үйкеліс мөлшеріне, дайындама мен орамның температурасына және басқа факторларға байланысты. Шеңберлердің орналасуы коэффициент көмегімен бағаланды

$$k_i = \frac{h_i}{H_i} \quad (3.17)$$

Мұнда, h_i – дайындама қуысынан дайындама мен орамдағы нүктеге дейінгі тиісті қималарда бірдей жылдамдықпен қашықтығы;
 H_i - тиісті қималардағы дайындаманың шығыңқы биіктігі.

Бұл жағдайда тиісті бөлімде сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығын формула бойынша анықтауға болады.

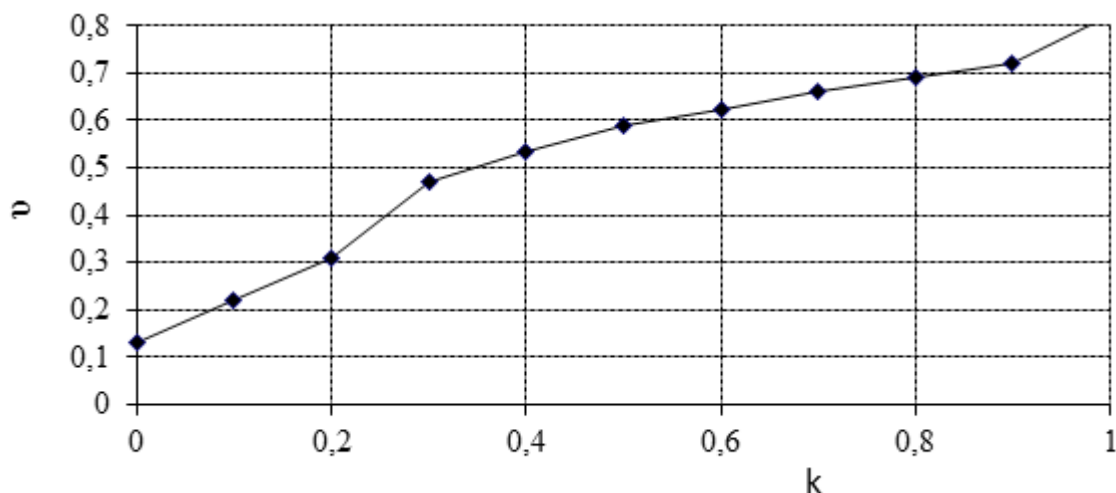
$$v_i = \frac{R_{Hi}}{R_{Hi} + k_i(R_{Hi} - R_{Bi})} - \frac{r_{Hi}}{r_{Bi} + k_i(r_{Hi} - r_{Bi})} \quad (3.18)$$

Жұмыста орамдардың шұңқырында сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығы есептелді. Бұл жағдайда «k» коэффициенті 0,3 диапазонында өзгерді...0,8. Есептеу нәтижелері 5-кестеде және 13-суретте көрсетілген

6-кесте Бұрандалы орамдармен илектеу кезіндегі сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығы

k	r_b , мм	r_H , мм	R_b , мм	R_H , мм	r_0 , мм	R_0 , мм	v
0,3	15	24	71	80	17,7	73,7	0,476048
0,4	15	24	71	80	18,6	74,6	0,531868
0,5	15	24	71	80	19,5	75,5	0,580744
0,6	15	24	71	80	20,4	76,4	0,623652
0,7	15	24	71	80	21,3	77,3	0,661406
0,8	15	24	71	90	22,2	78,2	0,694684

Нәтижелерді талдау біліктердің орамдарға қатысты салыстырмалы сырғанау жылдамдығы k коэффициентіне байланысты екенін көрсетеді. Есептеу нәтижелері көрсеткендей, сырғанаудың салыстырмалы жылдамдығы неғұрлым төмен болса, дайындама металын экструдтау үшін жағдай соғұрлым жақсы болады және престелген шыбықтардың бетінде жарықтар мен пиллинг ықтималдығы төмендейді.



25 - сурет Бұрандалы орамдармен престоу кезінде салыстырмалы сырғанау жылдамдығының «k» коэффициентіне тәуелділігі.

Бұрандалы орамдарда илектеу кезінде сырғуды есептеу нәтижелері тангенциалды және осьтік сырғу компоненттері өзгеріске аз сезімтал технологиялық факторлар және көбінесе бұрандалы сызықтың немесе бұрыштың көтерілу бұрышына байланысты тангенс арасындағы бұрандалы

сызыққа және жанасу нүктесі арқылы өтетін сызық біліктің негізіне перпендикуляр түзушіні көрсетті. Беру бұрышы 1° аспайтын және көтерілетін кезде 45° бұрандалы сызық бұл сырғанау компоненттері бірдей мәнге ие. Көтеру бұрышының төмендеуі кезінде тангенциалды компоненттің мәні артады, ал осьтік құрамдас бөлігі азаяды. Тангенциалды және осьтік бөлінудің себебінің артықшылығы ішінде металл бойынша ойыс бұрандалы құралды құрайтын сырғу. Құрылғының әртүрлі құрылымдық және технологиялық мүмкіндіктері шыбықтарды үздіксіз престоу кинематикалық жағдайларда көрініс табу деформациялау. Сонымен, бұрандалы роликтері бар құрылғы үшін беттің әртүрлі нүктелеріндегі жылдамдықтың тангенциалды және осьтік компоненттері дайындамаларды тең көмірмен беру 1° артық емес және көтеру бұрандалы желісі 45° тең. Кезінде көтеру бұрышының төмендеуі жылдамдықтың тангенциалды компонентінің мәні артады, ал осьтік компоненті азаяды. Бұл ретте ошақтың ұзындығы бойынша айналма жылдамдықтар деформациялары біркелкі емес.

Теңсіздік округтік жылдамдық кезінде радиалды ығысу илектеу әсерімен жасалған конструкциялар технологиялық құрал (орамның бұрандалы-конустық құрылымы). Қатынасы білік диаметрі d / k дайындама диаметрі d_i , сондай-ақ пештің ұзындығы бойынша тангенциалды сырғу деформациялар өзгермелі болады. Сонымен қатар, ошақтағы металдың бұрандалы қозғалысы егер шамалы бұралуды ескермесек, кіруден және одан шығуға дейінгі деформациялар домалату бұрандалы білікшелермен илектеу кезінде тұрақты бұрыштық білікпен жүзеге асырылады. Осыған байланысты, бұрандалы роликтер мен деформацияланатын дайындамалардың арасындағы жылдамдық пен сырғудың жоғарыда аталған дамуын бұрандалы роликтері бар радиалды ығысу орнағын салу кезінде қолдануға болады.

Ұсынылған құрылғыдағы шыбықтар мен құбырларды басу кезінде радиалды ығысуды илеуге болады. Үлкен жем бұрыштарында ($\beta > 20^\circ$) және үлкен бір қысқыштарда ($\varepsilon > 5\%$).

Мұндай илектеу режимдерінде деформация ошағы салыстырмалы түрде қысқа, ал осьтік металды үлкен қадаммен жылжытуға болады. Мұндай жағдайда прокаттау тангенциалды үйкеліс күштерінің компоненті көп дамымайды, бірақ тангенциалды білдіреді. Прокат жылдамдығының құрамдас бөлігі ұқсас жылдамдықпен салыстырғанда аз болады. Осыған байланысты ұсынылған радиалды ығысу орнағында тангенциалды сырғу басқа белгілі елдермен салыстырғанда айтарлықтай болуы мүмкін.

Есептеу нәтижелерін талдау көрсеткендей, бұрандалы орамдарда илектеу кезінде тангенциалдық және осьтік құрамдастардың ең ұтымды шамалары $15-20^\circ$ бұрышты илектеу режимдерімен илектеу кезінде сырғанатуға болады.

Ең кең бұрандалы орамдары бар ұсынылған радиалды ығысуды орнатуда илемдеу кезінде дайындаманың білікшелері бар түйіспелі бетінің учаскелері ошақтың бастапқы аймақтары деформациялары болып табылады.

Сондықтан бұл аймақтар дамып келе жатқан басым учаскелер металды қысу процесінде деформацияның жылдам шарттары болып табылады.

Салыстырғанда үйкеліс күштерінің тангенциалдық компоненті байланыс бетінің қалған бөліктері үлкен дамуға ие болады. Бұл бөлімдер дайындамаға геометриялық мәндерге байланысты металл ағымының жылдамдығы мен тиісті жылдамдық бұрышын береді. Айта кету керек, бұл бөлімдердің жылдамдығы жылжымалы кезеңі тұрақты болады, ал ағынның жылдамдығы мен геометриялық шарттары металл деформация ошағының басқа бөліктерімен сәйкес келмейді. Қалған бөлігі үшін деформация ошағының алдыңғы аймақтары күштік және кинематикалық параметр болып табылады. Айта кету керек, бұл бөлімдерде жоғары жылдамдықты, геометриялық деформация ошағының ұзындығы бойынша белгілі бір бірыңғай шекаралық жағдайларға байланысты басқа да айырмашылықтар бар.

Осылайша, радиалды ығысуды орнату бұрандалы роликтермен илемдеу кезінде тангенциалдық сырғуға әсер ету арқылы бұрандалы сызық беру бұрышын және көтеру бұрышын өзгертуге болады. Бұрандалы сызықтың берілу бұрышы мен көтеру бұрышының өсуімен коэффициент тангенциалдық жылдамдық артады. Өзгерістер жылдам, шекаралық, өлшемді және бұрандалы орамдарда илектеудің басқа шарттары тангенциалдық жылдамдық коэффициентпен реттелуі мүмкін.

Айта кету керек, осьтік сырғанаудың тангенциалды сырғудан айырмашылығы бұрандалы роликтің дизайнына және технологияға неғұрлым күрделі тәуелділігі бар факторлар. Осьтік сырғанау өзгерген кезде бұрандалы сызықтың берілу бұрышы мен көтеру бұрышы және бұрандалы орамның геометриялық өлшемдері және құрылғы матрицалары жеткілікті кең аралықтарда өзгереді. Жоғарыда айтылғандардан осьтік сырғудың байланысы жылжымалы режимдерімен, радиалды-ығысу орнағының (клеттің) конструктивтік ерекшеліктерімен және жалпы, басу технологиясымен айтарлықтай байқалмайды. Соңғы мәліметтер негізінде мынаны атап өтуге болады тангенциалды сырғудан айырмашылығы, осьтік сырғуды басқару жолдарды табу перспективалы болып табылады. Осьтік шамаларды басқару әдістерін оңтайландыру сырғу сандық және сапалық көрсеткіштерді едәуір жақсартуға жабдықтың жұмысы мүмкіндік береді.

Осьтік сырғу деформация ошағының бүкіл ұзындығы бойынша, оның шамасы сығымдалған сорғыштың өсіп келе жатқан мәндеріне сәйкес дайындамалар матрица бағытында артады. Айта кету керек, жылжымалы сырғанау-бұл табиғи процесс, онсыз басу процесін жүзеге асыру мүмкін емес. Алайда ол болған жағдайда айтарлықтай дайындама айналу жылдамдығы орамды азайтуға болады. Есептеу нәтижелері көрсеткендей, бұрандалы орамдардың шығынқы биіктігі неғұрлым аз болса көбірек сырғанайды. Алайда, екінші көлемдердің тұрақтылық заңына сәйкес, дайындаманың бастапқы бөліктеріндегі деформация жылдамдығының жоғарылауы деформация ошағының соңында және матрицада осьтік орын ауыстыру жылдамдығының артуына алып келеді.

Ұсынылған радиалды ығысуды орнату дизайны мәнді кеңінен өзгертуге мүмкіндік береді. Радиалды ығысуды орнатуға бұрама тәріздес илемдеу кезінде тангенциалдық жылдамдық коэффициентінің бұрама сызығын

көтерудің шағын бұрышы бар біліктер үлкен және осьтік жылдамдық коэффициенті үлкен бұрандалы роликтерге қарағанда аз бұрандалы сызықты көтеру бұрышы мүмкіндік береді. Бұрандалы орамдарда илектеу кезінде процестің кинематикасында үлкен көтеру бұрышы осьтік басым болады. Бұранда тангенциалды компонент емес, металл жылдамдығының құрамдас бөлігі шағын көтеру бұрышы бар біліктер. Сондықтан технологиялық процесс шыбықтарды престоу ұсынылған құрылғы факторларға көбірек тәуелді болады.

Алынған деректерді талдау мынаны көрсетеді тангенциалды және осьтік сырғу байланыс бетіндегі үйкеліс коэффициентін өзгертетін құралы бар металл факторлар айтарлықтай әсер етеді. Тегіс орамды беті бар осьтік жылдамдық коэффициенті төмендейді, ал кедір-бұдырлар немесе бұрандалар болған кезде роликтердің бетіндегі шығулар мен ойыстар ұлғаяды және соғұрлым үлкен болады.

Зерттеу нәтижелері бойынша тегіс жұмыс беті бар роликтер жоғары жылдамдықты қамтамасыз ете алмайды илемдеу көрсеткіштері бұрандалы үлгілермен салыстырғанда анықталды. Бұл мұндай орамдарда илектеу білік жылдамдығының осьтік компонентінің роликтер жылдамдығынан артта қалуымен жүзеге асырылатындығына байланысты. Ең елеулі осьтік сырғуға әсер бұрандалы спиральды сызықтың көтеру бұрышы әсер етеді. Бұрандалы сызықтың көтерілу бұрышы аз бұрандалы орамдардағы дайындаманың деформациясы кезінде дайындама жылдамдығының тангенциалды компоненті білік жылдамдығының осьтік компонентінен екі немесе одан да көп есе асып түсті.

Бұл біліктерде 45° көтеру бұрышы тангенциалды компонент дайындаманың жылдамдығының осьтік компонентіне жақындайды. Бұрандалы білікті пайдалана отырып шыбықтарды престоу арқылы құрылғының өнімділігі артады. Біліктердің бетінде бұрандалы шығыңқы жерлер мен қуыстардың болуы мүмкіндік бермейді, дайындама деформация ошағында айналады және металды беру қадамын ұлғайтуға көмектеседі.. Белгілі бұл үлкен қадаммен бір қысылу жоғарылайды, сондықтан шыбықтың бетінің сапасы жақсарады. Бұрандалы сызық бойынша металдың үлкен бірлі-жарым қысылуы мен қозғалысы қарқынды металл дайындаманың құрылымын деформациялауға мүмкіндік береді. Сондықтан, біліктермен салыстырғанда илектеу жылдамдығы едәуір болатын бұрандалы роликтер штанганың осьтік және перифериялық аймақтарында металл құрылымын ұсақтау керек. Бұл үздіксіз құйылған дайындамаларды престоу кезінде, технологиялық илемдеу шарттары шыбықтың осьтік кеуектілігін арттыру арқылы металды қысып жою мүмкін емес. Бұл жағдайда бұрандалы біліктерді қолдану қарқынды пластикалық деформациялық дамыту және жақсы металл құрылымын зерттеу, қондырғының өнімділігін арттыруға, өнімнің сапасын жақсартуға қол жеткізеді.

Ұсынылған құралда шығыңқы жерлер мен қуыстардың орналасуында роликтер бір-біріне қарама-қарсы, сонымен қатар қарқынды деформацияға мүмкіндік береді.

Есептеу негізінде радиалды ығысуды орнатуда шыбықтар мен құбырларды илектеу процесінің кинематикасы жасалды:

- біліктің сырғу жылдамдығын анықтауға мүмкіндік беретін формулалар шығарылды;

- білікке қатысты дайындаманың төмен сырғанау жылдамдығы бар екендігі анықталды, геометриялық k коэффициенттің кіші шамалары кезіндегі орны;

- ұтымды өлшемдері шығыңқы жерлер мен ойыс дайындамалардың металын талап етілетін қысылу шегінде қарқынды деформациялайды, дайындамалар бар бұрандалы орамдарды қолдану анықталды;

- радиалды ығысуды орнатуда илемдеу процесінің кинематикасын қолдана отырып, жылдамдықтың тәуелділігі анықталды.

Деформацияның технологиялық режимдерінен металдың деформация ошағынан шығуы және осы орамдардың шығыңқы және қуыстарының неғұрлым тиімді геометриялық өлшемдері анықталды.

3.1 Жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта шыбықтарды престоу процесін динамикалық компьютерлік модельдеу арқылы кернеулі деформацияланған күйді және ауыр жүктелген орнақ элементтерінің дірілін есептеу

Орнақтың күрделі құрылымын имитациялық модельдеу және ауыр жүктемелерді қолдану кезінде пайда болатын кернеулі деформацияланатын күйді есептеу арқылы илемдеу жабдықтарын жобалау әдістемесін дамыту технологиялық, құрылымдық және пайдалану факторларын ескере отырып, жабдықтың сипаттамаларын негізді таңдауға мүмкіндік береді

Компьютерлік модельді құру алгоритмін жасау және одан әрі компьютерлік модельді пайдалану арқылы жобалау және орнақтың құрылымын түзету.

Айта кету керек, серпімді деформацияны есептеудің қолданыстағы әдістері және орнақ көтермелерінің ауыр тиелген элементтерінің тербелісі шыбықтарды ыстықтай престоу процесінің құрылымдық және технологиялық ерекшеліктері мен сымдары [114,115]. Осыған байланысты жаңа зауыттың ауыр жүктелген элементтерінің беріктігі мен дірілі компьютерлік модельдеу арқылы зерттелді. Есептеудің бастапқы деректері-радиалды ығысу қондырғысының қатты денелі геометриялық формасы, оларға қолданылатын күштер және бекіту шарттары.

Клет элементтерін модельдеу және көлемді кернеулі-деформацияланған орнақтың соңғы элементтерінің әдісіне негізделген теориялық есептеу жұмысында эквивалентті кернеулердің қозғалысы, сондай-ақ серпімді деформация және орамдардың дірілі есептелді. Соңғы элементтер әдісімен серпімді пластикалық есепті шешу үшін MSC Nastran көп функциялы бағдарламалық кешені қолданылады.

Жаңа бұрандамалы қондырғысын жобалау мәселелерін шешу үшін таңдалған жүйенің келесі қасиеттері маңызды болып табылады [64 б 127,116-119]:

- құрастыру мен есептеудің бірыңғай интеграцияланған ортасында машинаның қатты күйіндегі модельдерін құру және орнақ бөлшектерінің әр нүктесінде кернеулі-деформацияланған күйді есептеу мүмкіндігі;

- жекелеген тораптарды және тұтас алғанда тұтас тұғырды құрастыруды модельдеу қабілеті;

- модельдер бойынша автоматтандырылған режимде конструкторлық құжаттаманың бірыңғай жүйесінің ережелерін сақтай отырып, жұмыс сызбаларын алу мүмкіндігі;

- пайдаланушыны анықтамалық әдебиетте іздеу және Пуассон коэффициенті, серпімділік модулі, материалдардың беріктік шегі және т. б. сияқты деректерді енгізу қажеттілігінен босататын стандартты бұйымдар, материалдар мен текстуралар кітапханаларының болуы.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде, орын ауыстыруды есептеу әдістемесі, станның бөлшектерінің кернеулі-деформацияланған күйі және серпімді деформациясы patran NASTRAN [64-67] ақырлы-элементтік талдау бағдарламасын пайдалана отырып іске асырылды. PATRAN NASTRAN компьютерлік модельдеу жүйесі кинематиканы, жеке байланыстардың да, тұтастай алғанда орнақтың де кернеулі-деформацияланған күйін есептеу мүмкіндігімен механизмдердің динамикасын зерттеуге мүмкіндік береді.

PATRAN NASTRAN ортасында бұрандамалы орнақ қондырғысын салу кезінде біз келесі әрекеттерді орындадық [64-67] :

- әр бөліктің геометриялық моделін құру және орнақ түйіндерін құрастыру;

- бөлшектердің материалдарын таңдау, олардың механикалық және физикалық қасиеттері (серпімділік модулі, массалық тығыздық, Пуассон коэффициенті, беріктік шегі және т. б.);

- кинематикалық және статикалық шекаралық жағдайларды қалыптастыру;

- жаңа бұрандамалы орнақтың соңғы элемент бөлшектерінің клетін жасау;

- бұрандамалы орнақ клеттері бөлшектерінің кернеулі деформацияланған күйін анықтау;

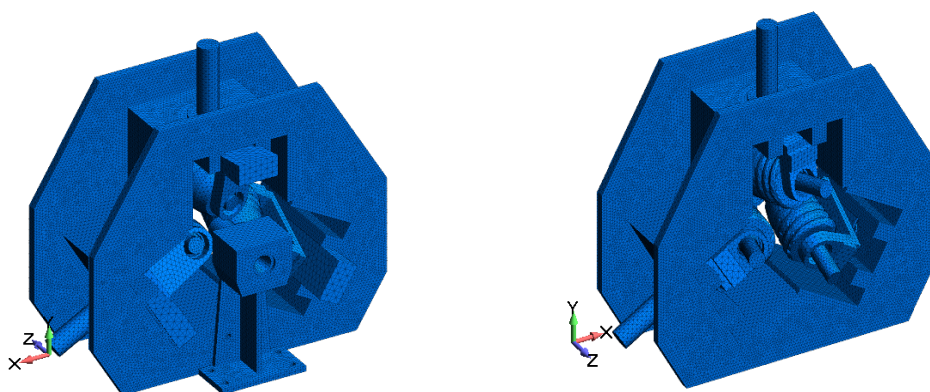
- кермектің және беріктіктің талап етілетін өлшемдеріне қатысты клеттердің әрбір бөлшегі көлемінде алынған орын ауыстырулар, серпімді деформациялар және кернеулер деңгейін бағалау және орнақ конструкциясына (машинаның қатты күйдегі моделі) тиісті өзгерістер енгізу.

Жаңа брандамалы орнақ қондырғысының қатты күйдегі геометриялық пішіні, бекіту шарттары, сондай-ақ орнақ клетінің конструкциясының кинематикалық жұптарының жұптасу шарттары есептеу үшін бастапқы мәліметтер болып табылады.

MSC Nastran ортасында жаңа зауытты құру кезінде жоғарыда аталған көрсеткіштер келесі алгоритм бойынша есептеледі. КОМПАС

бағдарламасында жұмыс сызбаларына сәйкес олар әр бөліктің үш өлшемді геометриялық моделін жасап, жұмыс клетінің түйіндерін құрастырды. Әрі қарай, модель қабылданған кинематикалық байланыстары бар Nastran Patran процессорына импортталды. Бөлшектердің материалдары, олардың механикалық және физикалық қасиеттері таңдалды. Олар кинематикалық және статикалық шекаралық жағдайларды қалыптастырды, илектелген дайындаманың бетіне жүктемені бөлуді қамтитын есептелген механикалық тізбекті модельдеді. Айналыру сәтінде орамдарға әкелді. MeshSeed опцияларын пайдаланып 6 және 8 түйіндік көлемді ақырлы элемент торын қолданды және діріл мен кернеулі деформацияланған күйді анықтады.

Соңғы элементтерге бөлінген бұрандалы орнақтың үш өлшемді моделі 14-суретте көрсетілген. Жаңа бұрандамалы орнақ қондырғысының құрылымын модельдеу үшін тетраэдрлік соңғы элементтер қолданылды. Жобалық схеманы әзірлеу кезінде соңғы элементтер торының қалыңдауы кернеудің болжамды концентрациясының орындарында қолданылды. Клеттің түйіндері арасындағы серпімді байланыстар CBUSH серіппелі демпферлік элементпен модельденді.



25 - сурет Бұрандамалы орнақ қондырғысының ақырлы элементарлық моделінің есептеу схемалары

Орнақ моделінің геометриясын автоматты түрде түзету үшін құрылымның геометриялық өлшемдерін параметрлеу әдісі қолданылды. Бұл әдіс радиалды ығысу қондырғысының ауыр жүктелген бөліктерінің беріктігін, олардың қозғалысы мен дірілін есептеу нәтижелері бойынша жаңа радиалды ығысу қондырғысының тірек конструкциясына тиісті өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді.

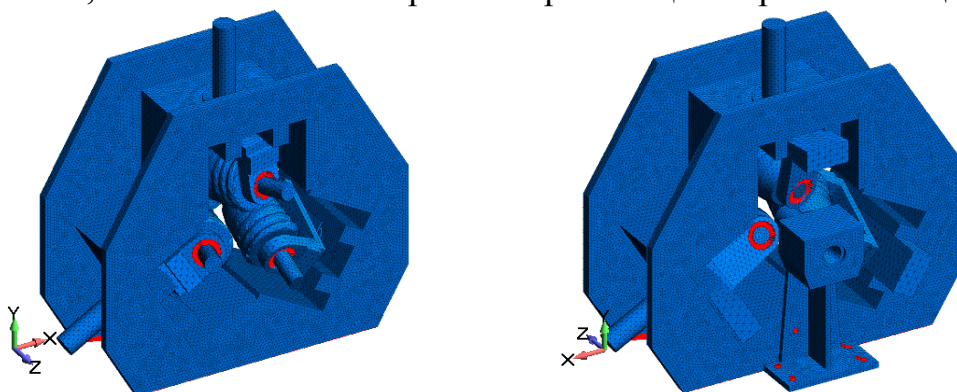
Айта кету керек, орнақ клетінің білік түйінінің тіректері толығырақ модельденді (25-сурет).

Ауыр жүктелген элементтер арасындағы кинематикалық байланыстар жалпы жұптасу беттерінің айналу және сырғу кинематикалық жұптарымен модельденді. Бұл ретте орамдардағы, жастықтардағы, мойынтіректердегі және т. б. соқтығысулар мен үйкелістер ескерілді.

PATRAN NASTRAN-да ауыр жүктеме бөліктері мүлдем қатаң қабылданады және жылу өткізгіштік пен жылу беру қасиеттерін қамтамасыз етеді, нақты жылу өткізгіштік, нақты жылу және тығыздық ескеріледі.

Радиалды ығысу орнағының материалдық бөлшектер үшін тығыздығы және жылу қасиеттері бағдарлама әдепкі бойынша тағайындалған. Қатты жұмыс роликтері мен жұмыс бөлігінің деформацияланатын металының өзара әрекеттесуі жұмыс роликтерінің беттері мен штанганың немесе құбырдың беті арасындағы байланыс жағдайларын сипаттайтын байланыс беттерінің көмегімен модельденеді. Модельдеу процесінде байланыс жағдайлары үнемі жаңартылып отырады, бұл жұмыс орамдарының айналуын және материалдың деформациясын көрсетеді, бұл жұмыс орамдары мен дайындаманың материалы арасындағы сырғуды модельдеуге мүмкіндік береді. Жұмыс біліктері мен деформацияланатын дайындама арасындағы байланыс Кулон бойымен үйкеліс арқылы модельденеді, үйкеліс коэффициенті 0,3 болды. Радиалды ығысу орнағында илектеу кезіндегі температура режимі орамалар, дайындама және қоршаған орта арасындағы жылу алмасуынан, сондай-ақ металдың деформациясына байланысты жылу әсерінен тұрады. Прокаттау процесі бөлме температурасында өтті. Сондықтан орамдардың бастапқы температурасы 20 0C-қа тең болды.

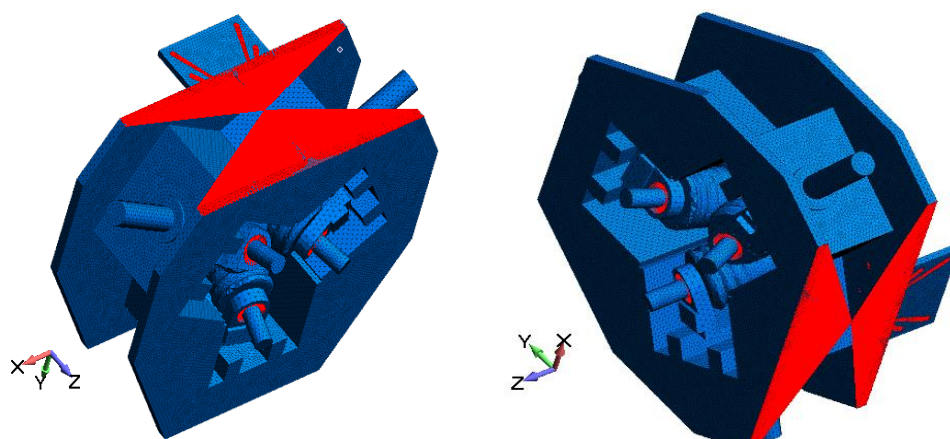
Айта кету керек, роликтер мойынтіректердің тірек мойындарына T_x , T_y , T_z , еркіндігінің үш дәрежесі бойынша бекітілген. Негізгі құрылымдық бөлшектер қатаң байланыс элементтері болды. Бұл жағдайда төменгі жазықтықта еркіндіктің барлық алты дәрежесі бойынша RBE2 байланысының қатаң элементтерімен бекітіледі. Орам материалы келесі механикалық қасиеттері бар алюминийді қабылдады: серпімділік модулі $-2,1+11$ Па, Пуассон коэффициенті $-0,283$, ығысу модулі $-8,1839+10$ Па. Орнақтың басқа бөлшектерінің материалы келесі механикалық қасиеттері бар 40 Болатты қабылдады: серпімді модуль $-2,034 E+11$ па, Пуассон коэффициенті $-0,29$, тығыздығы $-7833,394$ кг/м³. Мойынтірек материалы-қола БрА10ЖЗМц2.



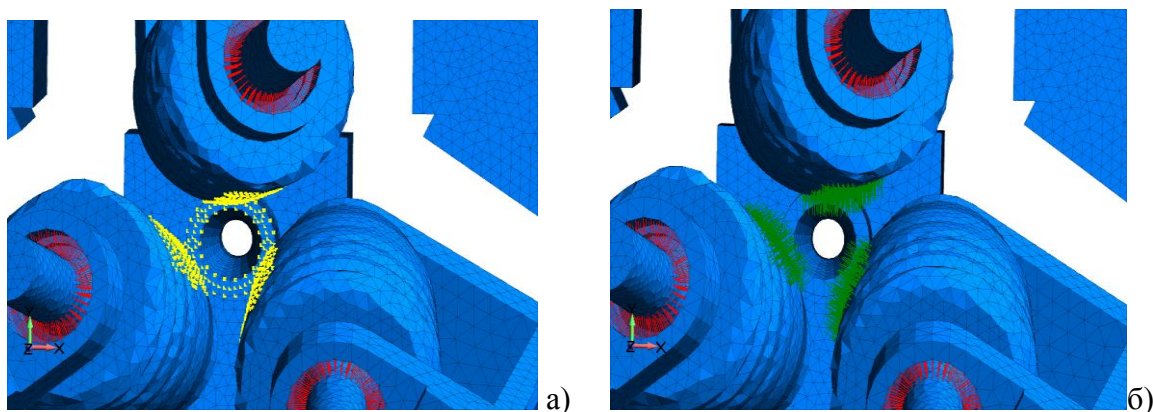
26 - сурет Бұрандамалы орнақ қондырғысының ақырлы элементарлық моделінің есептеу схемалары

Әрине, орнақ клетінің элементтік моделі 793434 түйіндері бар 490703 тетраэдрлік түйін элементтерінен тұрды. Есептеуді жүргізу үшін жұмыс білікшелеріне момент және дайындама білікшелерге әсер ететін күш түрінде жүктеме қолданылды. Модельдеудің бастапқы жағдайларын анықтау бойынша барлық операциялардан кейін стресс-деформацияланған күйді есептеу жүргізілді. MSC.Superforge бағдарламалық кешені басылған шыбықтардың күші мен кернеулі күйін есептеу үшін қолданылды. Орам

дайындамасы мен матрицаның үш өлшемді геометриялық үлгісі Inventor CAD бағдарламасында құрастырылған және MSC.Superforge CAE бағдарламасына импортталған. Дайындаманың, орамдардың және матрицаның соңғы элементарлық моделін құру кезінде үш өлшемді денелерді модельдеу үшін қолданылатын CTETRA үш өлшемді элементі (төрт түйіндік тетраэдр) қолданылды. Үздіксіз радиалды ығысу станында басу процесін зерттеу үшін өлшемі $\varnothing 40 \times 150$ мм М1 мыс қорытпасынан жасалған дөңгелек дайындама қолданылды. Дайындамаларды басу 300°C -тан $\varnothing 9$ мм-ге дейінгі температурада жүзеге асырылды. Дайындама материалының икемділігін модельдеу үшін Джонсон-Куктың серпімді пластикалық моделі таңдалды. "MSC.SuperForge" реологиялық қасиеттерін анықтады.



27 - сурет Жұмыс клетінің негізін кеңістікте бекіту



28 - сурет Жұмыс білікшелеріне момент (а) және күш (б) қосымшасы

Кернеулі деформацияланған күй мен қалыпты қысым күштерін есептеу үшін ұсынылған радиалды ығысу қондырғысының техникалық сипаттамасы қолданылды. Электр қозғалтқышының қуаты 15 кВт, ал орамдардың айналу жиілігі-70 айн/мин. прокат беру бұрышы $\beta=150$ және прокат бұрышы-шамамен $\alpha=80$ тең болатын. Құрал мен штанганың арасындағы байланыс кулонның үйкеліс заңымен модельденді, үйкеліс коэффициенті 0,3 болды. "MSC.SuperForge" және қадамдық әдіс байланыс қысымын, байланыс

аймағын, кернеу күйін және температураны престоуде дайындаманың көлеміне бөлуді есептеді. Радиалды ығысу қондырғысының ауыр жүктелген бөліктерінің кернеулі деформацияланған күйін модельдеу арқылы есептеу үшін матрицаның әртүрлі геометриялық өлшемдерінде алюминий қорытпасын престоу бойынша бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Есептеу нәтижелері негізінде байланыс аймағында әрекет ететін күш әр орамға 320 кН және матрицаға 280 кН тең болды.

3.1.1 Модельдеу нәтижелері бұрандалы илемдеу орнағында түйіндердің кернеулі деформацияланған күйі

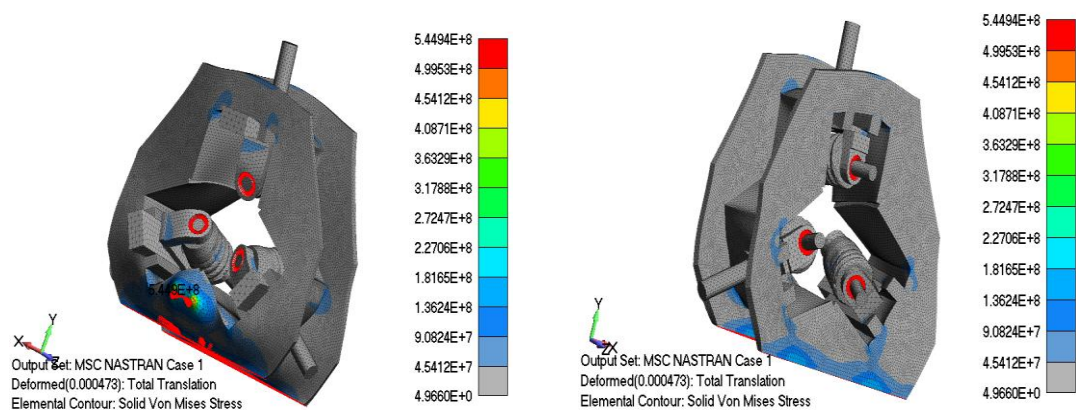
Алюминий қорытпасын радиалды ығысу орнағында престоу процесін компьютерлік модельдеу нәтижесінде алынған мәліметтер алынды, оларды жобалау кезеңінде орнақтың құрылымын түзетуге болады. Максималды эквивалентті кернеулер орамның мойнында пайда болады және 499,5 МПа құрайды. Ауыр тиелген білік пен матрицадағы эквивалентті кернеулердің есептелген ең жоғары мәндері алюминийдің беріктік шегінің рұқсат етілген ең жоғары мәнінен аспайды. Клет тұғырындағы кернеулер 45,412 МПа құрады, бұл сонымен қатар алюминийдің беріктік шегінен едәуір аз. Жүктеме әсерінен ең үлкен қозғалыс 0,000434 мм - ге тең және орамдардың мойнында пайда болады. Бұл мән диаметрі 20 мм-ге дейінгі шыбықтардың диаметрлі өлшемдеріне төзімділік шегінде болады. тұғыр үшін ең үлкен қозғалыс 0,000315 мм жүктеме астында болады және оның жоғарғы бөлігінде пайда болады, ал радиалды ығысу орнағы үшін бұл қозғалыс 0,000093 мм-ге тең.

Кернеу тензорының компоненттерін есептеу жаңа қондырғыда илектеу кезінде негізгі кернеулер негізінен орамдардың мойнында болатындығын көрсетті. Жұмыс орамдарының мойнында туындайтын басты ең жоғары, орташа және ең төменгі кернеулердің шамасы тиісінше 631,9, 263,8 және 69,95 МПа-дан аспайды (27-сурет). Клеттің тұғырында пайда болатын негізгі максималды кернеулер созылады және 26,84 Мпа-дан аспайды(28а-сурет). Клет тұғырында пайда болатын басты орташа және ең төменгі кернеулер көп жағдайда қысушы болып табылады және тиісінше 7,12 және - 43,97 МПа-дан аспайды (20б, в-сурет).

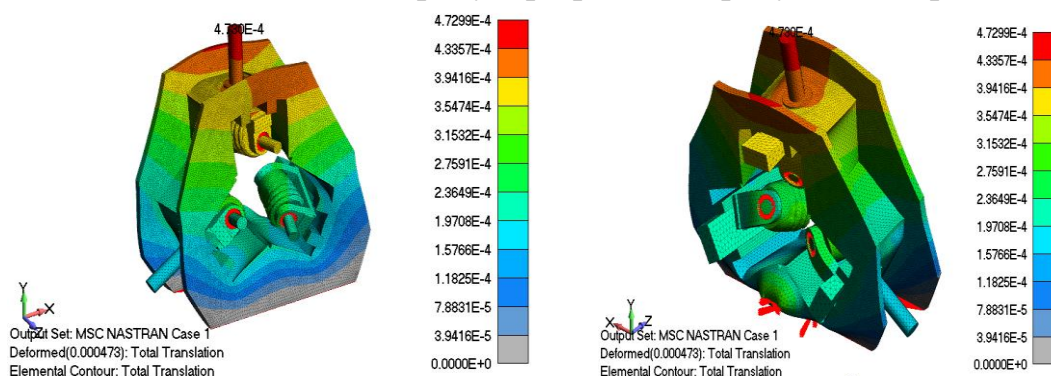
Біліктер құрылымының қаттылық коэффициенті:

$$C = \frac{P_{max}}{\Delta_{max}} = \frac{0,32}{0,000434} = 737,3 \frac{MN}{mm}$$

Компьютерлік модельдеудің нәтижелері радиалды ығысу қондырғысының клетінде жеткілікті қауіпсіздік қоры бар екенін көрсетеді. Орнақ конструкциясының есептік қаттылығы жоғары дәлдіктегі диаметрлік өлшемдері бар шыбықтар мен құбырларды алуды қамтамасыз етеді



29 - сурет. Бұрандамалы орнағында Мизес бойынша эквивалентті кернеулер өрісінің таралуының көрінісі



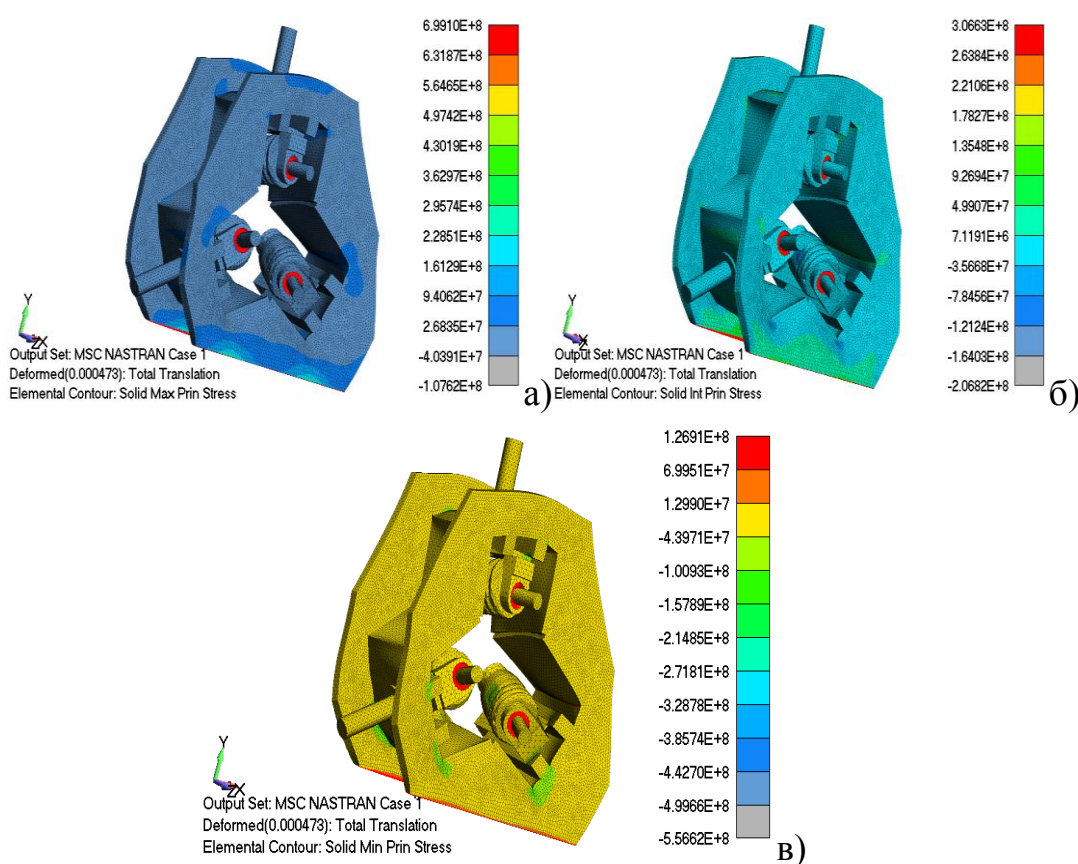
30 - сурет Жаңа конструкцияның бұрандамалы орнағында серпімді деформациялардың орын ауыстыру өрісінің таралу үлгісі

Алынған мәліметтер жобаланған машинаның білік түйіндері көлденең жазықтықта төмен қаттылыққа ие екенін көрсетті. Бұл орнақтың тіректерінде тіректердің болмауына байланысты, бұл жұмыс орамдарының көлденең жазықтықта қозғалуын болдырмайды, сонымен қатар орнақ жетегінің шпиндельдерінің көлденең орналасуына байланысты емес. Нәтижесінде, мойынтіректер, төсемдер мен тіректердің терезелері арасындағы кішігірім олқылықтар қону мен тозуға төзімділік жұмыс орамдарының тік осьтік жазықтығының көлденең ығысуына әкеледі, жұмыс орамалары тұрақсыз күйде болады және олардың осьтері бұралуы мүмкін. Бұл теріс салдарға әкеледі: білік түйінінде осьтік күштердің жоғарылауы және аралық саңылаудың мөлшері болжанбайтын тербелістерге ұшырайды, бұл илектеу дәлдігін төмендетеді.

Есептеу арқылы төсемдер тік және көлденең жазықтықта деформацияланып, илемдеу осіне қатысты кішкене бұрышқа бұрылғандығы анықталды.

Орам жетегінің жағында орналасқан төсемдер үшін жүктеме бағытында серпімді қозғалыс орамның қарама-қарсы жағында орналасқан төсемдерге қарағанда 1,41 есе көп.

Айта кету керек, саңылауларды азайту үшін серіппелі тартқышты қолдану мойынтіректердің серпімді деформациясына айтарлықтай әсер етпейді. Мойынтіректердің серпімді деформациясы 0,0028-ден 0,0032 мм-ге дейін өзгереді. Алайда, саңылауларды азайту үшін гидравликалық цилиндрлерді қолдану мойынтіректердің серпімді деформациясының шамасы мен аймағының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Бұл жағдайда мойынтіректердің серпімді деформациясы 0,0008-ден 0,0009 мм-ге дейін өзгереді. Мойынтіректің сыртқы сақиналары максималды деформацияға ие, ал орамдардың диаметрлерінің төмендеуімен мойынтіректің ең үлкен серпімді деформация аймағы орам мойнының ішкі жақтарына ауысады. Бұл білік түйініндегі жүктемені қолдану схемасының өзгеруіне байланысты радиалды ығысу орнағы.



31 - сурет. Жұмыс істеп тұрған жүктемелер астындағы орнағында σ_1 (a), σ_2 (б) және σ_3 (в) басты кернеулер өрісінің таралуы

Зерттеуге сәйкес, жұмыста бұрандамалы орнағының клетін модернизациялау бойынша шаралар жасалды. Зерттеу жұмыс орамдарының аралық аралығын реттеу үшін клетте гидравликалық қысым құрылғысын орнату қажет екенін көрсетті. Жүктемені біркелкі бөлуді қамтамасыз ету және қызмет мерзімін арттыру үшін мойынтіректерді ауыстыру ұсынылды. Төсемдерде клеттер екі қатарлы сфералық роликті подшипниктің орнына үлкен жүктеме сыйымдылығы бар радиалды-тұрақты конустық роликті подшипникті қолдануды ұсынды.

Бұрандамалы орнағының тұғырының қаттылығын арттыру үшін оның тақталарына қаттылық қабырғалары бекітілді. Яғни, саңылаулардың ішінде және плиталардың периметрі бойынша қалыңдығы 30 мм болатын берік тақталар бекітілді. бұл плиталар білікті төсемдерді және қысым механизмінің сыналарын орнату механизмі үшін бағыттаушы ретінде қолданылады. Ұсынылатын жобалық шешімдер диірменнің негізгі элементтерінің деформация деңгейін төмендетуге және орнақ клетінің ауыр жүктелген бөліктерінің қауіпсіздік қорының 5-10 есе коэффициентін алуға мүмкіндік береді.

Радиалды ығысу орнағы жұмыс істегенде, құрылымның табиғи жиілігі мен сыртқы күштердің тазалығы сәйкес келген кезде пайда болатын резонанстық тербелістер әсіресе қауіпті екені белгілі. Сондықтан сыртқы күштердің жиілігін анықтау маңызды. Прокат станоктарының дизайнындағы резонанстық жиіліктердің негізгі қоздырғыштарының бірі-машинада тербелістерді тарататын жұмыс орамдары жетегінің жұмыс жылдамдығы.

Білік түйіні мен матрицасы бар жинақта машина тұғырының амплитудасын, ауытқуын бағалау кезінде келесі нәтижелер алынды:

- тербелістің ең үлкен амплитудасын радиалды ығысу орнағының матрицасы алады;

- орнақтың өзіндік тербеліс жиілігі 96,6 Гц (32,а-сурет), 121,08 Гц (32,б-сурет), 170,63 Гц (32,в-сурет), 173,01 Гц (32,г-сурет), 268,47 Гц (32,д-сурет) және 277,73 Гц (32,е-сурет) тең болған кезде, матрицаның тербеліс амплитудасының максималды ұлғаюы сәйкесінше 0,26 мм, 0,199 мм, 0,00695 мм, 0,0168 мм.

Айта кету керек, тербелістің орташа амплитудасы радиалды ығысу қондырғысының тірек тақтасын алады. Олардың шамасы 96,6 Гц, 121,08 Гц, 170,63 Гц, 173,01 Гц, 268,47 Гц және 277,73 Гц орнақтың өзіндік тербеліс жиілігі кезінде тиісінше 0,0233 мм, 0,0166 мм, 0,0556 мм, 0,00586 мм, 0,0218 мм, 0,12 мм тең. Тербелістің минималды амплитудасы жобаланған бұрандамалы орнақ қондырғысының білік түйіндеріне ие болды.

Ұсынылған орнақтың матрицасында, төсемінде және білікті түйіндерінде салыстырмалы түрде аз резонанстық дірілдің пайда болуының себебі-жылжымалы осіне бұрышта бұрандамалы орнағының жетек шыбықтарының орналасуы, сондай-ақ тік және көлденең жазықтықта матрица мен орам түйіндерінің жеткілікті жоғары қаттылығының болмауы.

Осылайша, бұрандамалы орнақ қондырғысының матрицасында, төсемінде және ролл түйіндерінде қауіпті резонанстық тербелістер пайда болмайды. Алайда, осыған қарамастан, біз осы зауыттың дизайнын өз жиіліктерін жұмыс ауқымынан шығаратын етіп өзгертуге тырыстық. Сонымен қатар, резонанстық тербелістерді бағалаңыз және жоғарыда көрсетілген тербелістер пайда болғанға дейін үлкен қор алыңыз. Сондықтан матрицаны басуға және роликті құрастыруға арналған гидравликалық демпферлер жаңа орнақтың дизайнына енгізілді.

Гидравликалық дампер серпімді элементтен тұрады, яғни тұғыр және гидравликалық цилиндр. Бұл элементтер параллель қосылған. Бұл жағдайда

жылжымалы күштердің клеттің төсегіне әсер етуі және оның рұқсат етілген мәннен асатын серпімді деформациясы кезінде демпферлік гидравликалық цилиндрде дірілді толығымен және ішінара сөндіруге мүмкіндік беретін қысу қысымы жасалады.

Матрицамен престоу және білікті құрастыру үшін гидравликалық демпферлерді қолдану матрица мен жұмыс орамдарының көлденең және тік жылжуын болдырмайды. Сонымен қатар, радиалды ығысу қондырғысының жетегі резонанстық дірілге дейін үлкен маржамен моменттерді тіректердің жұмыс орамаларына беруге мүмкіндік береді. Мұның бәрі дәл геометриялық өлшемдері бар және беткі ақаулары жоқ шыбықтар мен сымдарды алуға көмектеседі деп күтілуде.

«MS.SuperForge» бағдарламасы негізінде алюминий қорытпасын басу процесін сандық модельдеуден алынған нәтижелер келесі қорытынды жасауға болады.

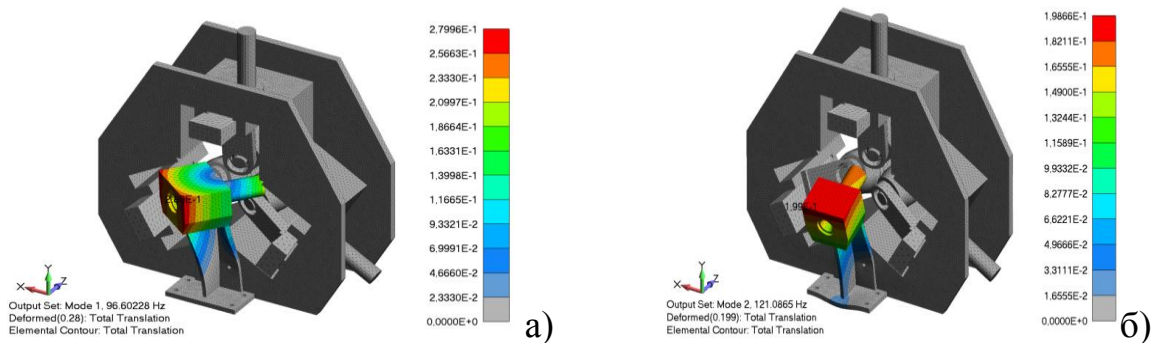
Дайындаманың бетінде σ_{11} (31-сурет, а) кішкентай негізгі кернеулер пайда болады, ал сыртқы қабатта σ_{22} және σ_{33} негізгі кернеулер әр элементке әсер етеді (31-сурет, б, в).

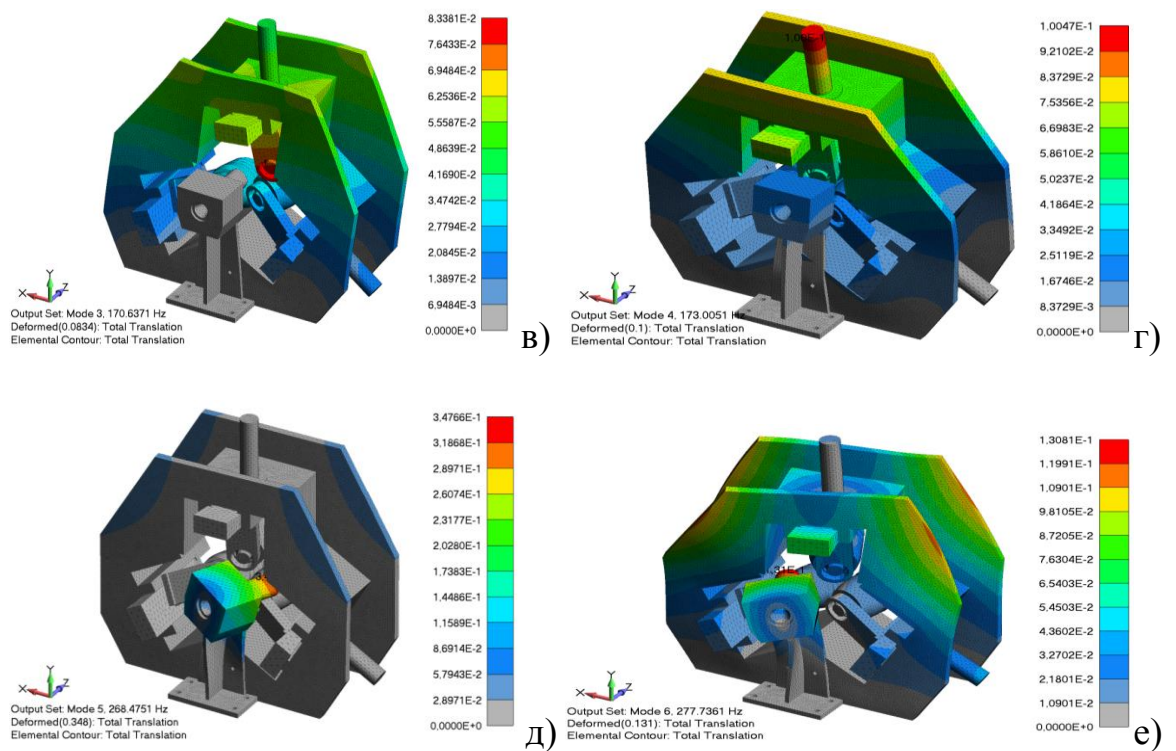
Бұрандалы орамдарда және ұсынылған құрылымның матрицасында деформацияланған кезде, деформация ошағында металл сыртқы және ішкі қабаттың әртүрлі жылдамдықтарымен бұрандалы траектория бойымен ағып кетеді.

Әр түрлі жылдамдықтағы металл ағындарының қозғалысы дайындаманың көлемінде қарқынды ығысуды тудырады, деформация қарқындылығының едәуір артуына әкеледі (31-сурет, г) бұл дәндердің едәуір ұсақталуына және ультра түйіршікті құрылым алуға ықпал етеді.

Бұрама тәріздес орамдарда деформацияланған кезде және деформация ошағында ұсынылған конструкцияның матрицасы, металл сыртқы және ішкі қабаттың әртүрлі жылдамдықтарымен бұрама траекториясы бойынша ағады.

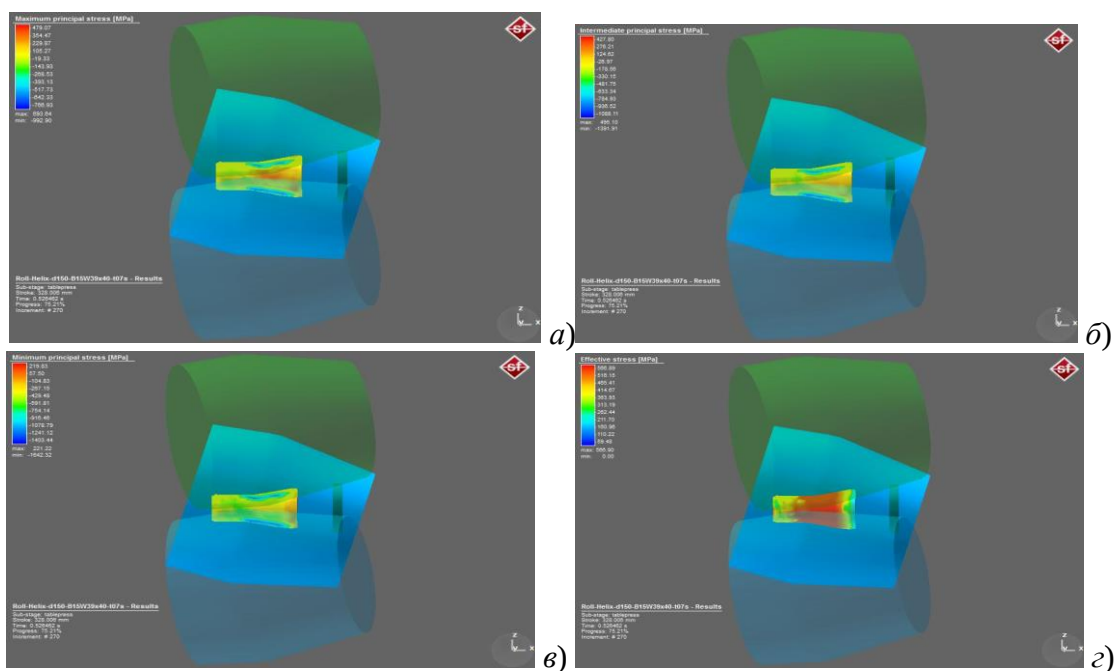
Әр түрлі жылдамдықтағы металл ағындарының қозғалысы дайындаманың көлемінде қарқынды ығысу қозғалыстарын тудырады, бұл деформация қарқындылығының едәуір артуына әкеледі (31-сурет, г), бұл дәндердің едәуір ұсақталуына және ультра түйіршікті құрылым алуға ықпал етеді.





32 - сурет. Шыбықтарды өзіндік тербеліс жиілігімен бұрандалы орнақта айналдыру кезінде орамдардың діріл жүктемесінен өз тербеліс жиілігі 96,6 Гц(а), 121,08 Гц(б), 170,63 Гц(в), 173,01 Гц(г), 268,47 Гц(д), 277,73(е)

Бұрандамалы орнағында шыбықтарды илемдеу кезінде тербеліс жүктемесінен біліктердің тербеліс нысаны. Үлкен ығысу деформациясы металды қыздырумен бірге жүреді.



33 – сурет Алюминий қорытпасын илемдеу кезінде дайындамадағы негізгі кернеулердің σ_{11} (а), σ_{22} (б), σ_{33} (в) және кернеу қарқындылығының (г) таралу үлгісі алюминий бұрандалы орнағының тегіс орамдарымен

Қыздырудың температуралық әсері - 100-150 °С. бұл қыздыру престеу алдында қыздыру температурасын төмендетуге мүмкіндік береді, өңдеудің температуралық аралығын айтарлықтай оңтайландырады.

Сондықтан, ұсынылған құралдардағы дайындаманы басу кезінде бұрандамалы орнағының температурасы көтеріледі, деформациялар дайындаманың ұзындығы бойымен бұралу жылдамдығымен үнемі өзгеріп отырады. Бұралу жылдамдығының өзгеруі ығысу деформациясының едәуір артуына әкеледі. Дайындаманың температурасының жоғарылауы металл кірістілігінің төмендеуіне әкелетіні белгілі, дайындаманың өзгеруін жеңілдетеді, процестің энергия параметрлерін төмендетеді және материалдың пластикалық қасиеттерін арттырады. Ығысу деформацияларының дамуына байланысты микроқұрылымның қалыптасуы үлкен деформация қарқындылығымен жүреді. Жоғарыда келтірілген әдебиеттерден деформация қарқындылығының мәні неғұрлым көп болса, металдар мен қорытпалардың құрылымы соғұрлым тиімді болады

Үшінші бөлімнің қорытындысы

1. Бұрандалы илемдеу процессін математикалық және үш өлшемді ақырлы элементтік модельдеп, аналитикалық теңдеулер жүргіздік

2. PATRAN NASTRAN ортасында бұрандамалы орнақ қондырғысын салу кезінде біз келесі әрекеттерді орындадық

- әр бөліктің геометриялық моделін құру және орнақ түйіндерін құрастыру;

- бөлшектердің материалдарын таңдау, олардың механикалық және физикалық қасиеттері (серпімділік модулі, массалық тығыздық, Пуассон коэффициенті, беріктік шегі және т. б.);

- кинематикалық және статикалық шекаралық жағдайларды қалыптастыру;

- жаңа бұрандамалы орнақтың соңғы элемент бөлшектерінің клетін жасау;

- бұрандамалы орнақ клеттері бөлшектерінің кернеулі деформацияланған күйін анықтау;

4 Жаңа конструкциялы бұрандалы орнақта дайындамаларды илемдеу – престоудің жаңа бірлескен технологиясын құру

Қазіргі уақытта алюминий қорытпаларынан өнімнің үлкен номенклатурасы жасалады [114]. Бұл өнімдердің ішінде беріктігі жоғары алюминий профильдері, шыбықтар мен сымдар айтарлықтай қызығушылық тудырады. Жоғарыда аталған өнімдерді шығару көлемі өскен сайын оларды қолдану саласы едәуір артады.

Алюминий профильдері, шыбықтар мен сымдар күрделі және тұрғын үй құрылысында, вагон жасау мен кеме жасауда, коттеждер салуда және өнеркәсіптік интерьерлерді ішкі және сыртқы әрлеу үшін және т. б. үлкен көлемде қолданылады. Илемдеу-пресс шағын өндіріс технологиясының заманауи дамуы ресурс пен энергияны үнемдейтін технологиямен және металлургия мен машина жасау саласының барлық металл қалдықтарын пайдалануға деген ұмтылыспен сипатталады [111].

Шағын өндірістерде біріктірілген технологиялар қолданылады, онда бірнеше металлургиялық қайта бөлулер мен операцияларды қолдану арқылы металл өнімдері шығарылады. Бұл ретте шағын өндіріс жабдықтары берілген өнімді өндіру үшін бірыңғай агрегаттың ұйымдастырушылық қағидаттарында жұмыс істейді. Шығарылатын өнімнің пайдалану қасиеттерін оңтайландыру жабдықты жақсартпай және оның жаңа түрлерін жасамай мүмкін невозможстігін атап өткен жөн. Техникалық прогрестің осы өзара байланысты тараптарын дамыту бәсекеге қабілетті өнімді минималды шығындармен алуды қамтамасыз етуі керек.

Бұл жұмыста жаңа құрылымдағы бұрандалы орнақ ұсынылды [111]. Бұл орнақта ыстық бұрандалы илемдеу және престоу арқылы ұсақ диаметрлі металл шыбықтар немесе ұсақ түйіршікті құрылымы бар сымдар алынады

Жинақталған деформацияны біркелкі таратуға мүмкіндік беретін технологиялық процесті әзірлеу үшін, яғни, жоғары сапалы металдар мен қорытпалардан шыбықтар мен сымдарды алу, сондай-ақ бірлік қысудың оңтайлы мәнін анықтау үшін дайындаманың деформацияланған күйі оларды жаңа және қолданыстағы конструкцияның бұрандалы орнақтарда деформациялау кезінде зерттелді.

Шыбықтар мен сымдардың деформациясының кернеулі деформацияланған күйін, күштік және температуралық режимдерін есептеу үшін MSC.SuperForge бағдарламалық кешені қолданылды. Жаңа илемдеу-престоу процесін зерттеу және қолданыстағы бұрандалы орнақтарда тегіс біліктерде илемдеу үшін өлшемі 40 = 150 мм алюминий қорытпасынан жасалған дөңгелек дайындама қолданылды. Осы орнақтарда дайындаманы престоу және илемдеу диаметрі 9 мм-ге дейін 300 °C температурада жүзеге асырылды.

Дайындама материалының икемділігін модельдеу үшін Джонсон-Куктың серпімді пластикалық моделі таңдалды. "MSC.Superforge" бағдарламалық кешенінің мәліметтер базасынан реологиялық қасиеттерді белгіледі

Кернеулі деформацияланған күйді, температура өрісін және қуат параметрлерін есептеу үшін ұсынылған және қолданыстағы бұрандалы орнақтың техникалық сипаттамасы қолданылды. MSC.Superforge құралдар мүлдем қатаң түрде қабылданады және тек жылу өткізгіштік пен жылу беру қасиеттерін қамтамасыз етеді, яғни меншікті жылу өткізгіштік, меншікті жылу сыйымдылығы мен тығыздығы ескеріліп, механикалық қасиеттері ескерілмейді. Материалдар базасынан алюминий құрал материалы тағайындалды. Бұл материал үшін бағдарлама әдепкі бойынша тығыздық пен жылу қасиеттерін тағайындады. Престеу және илемдеу процестері бөлме температурасында жүретіндіктен, құралдардың бастапқы температурасы 20°C-қа тең болды. құрал мен штанга арасындағы байланыс Кулон бойынша үйкеліспен модельденеді, үйкеліс коэффициенті 0,3 қабылданды. "MSC.Superforge " және қадамдық әдіспен байланыс қысымы, кернеулі деформацияланған күй, қуат параметрлері және сығымдалған немесе илектелген дайындаманың көлеміне температураның таралуы есептелді.

Бұл ретте есептеу нәтижелерін көрсетудің айқындылығы үшін деформацияның толық уақытына пайыздық қатынаста төрт кезең үшін деректер алынды. яғни, келесі аралықтар таңдалды: бірінші кезең 25, екінші кезең 50, үшінші кезең 75 және төртінші кезең толық деформация уақытының 100 пайызы. Жаңа бұрандалы орнаққа басылған немесе қолданыстағы бұрандалы орнаққа оралған шыбық түйіршіктерінің мөлшерін анықтау жұмыстарында Джонсон-Мейль-Аврами-Колмогоров бойынша металл және қорытпа дәндерін ұнтақтау моделі қолданылды [116].

Аврами теңдеуінің коэффициенттерін анықтау алюминий қорытпасы үшін STD 812 бұралу пластометрінде бірқатар эксперименттер жүргізді. Эксперименттерді жүргізу кезінде деформацияның жылдамдығы мен дәрежесі, температурасы өзгеріп, олардың құрылымға әсері бағаланды. Аврами теңдеуінің коэффициенттері ең кіші квадраттар әдісімен есептелді. Табылған коэффициенттерді ескере отырып дәндердің орташа мөлшері келесі формула бойынша анықталды:

- орташа мөлшері динамикалық қайта кристалданған түйіршіктер:

$$d_{DRX} = 76,962 \cdot d_0^{0.22} \cdot \varepsilon^{-0.61} \cdot \dot{\varepsilon}^{-0.0412} \exp\left(-\frac{1902,72}{RT}\right) \quad (4.1)$$

- қайта кристалданған түйіршіктердің орташа мөлшері динамикалық емес:

$$d_{MRX} = 23,34 \cdot d_0^{0.28} \cdot \varepsilon^{-0.39} \cdot \dot{\varepsilon}^{-0.0346} \exp\left(-\frac{1902,72}{RT}\right) \quad (4.2)$$

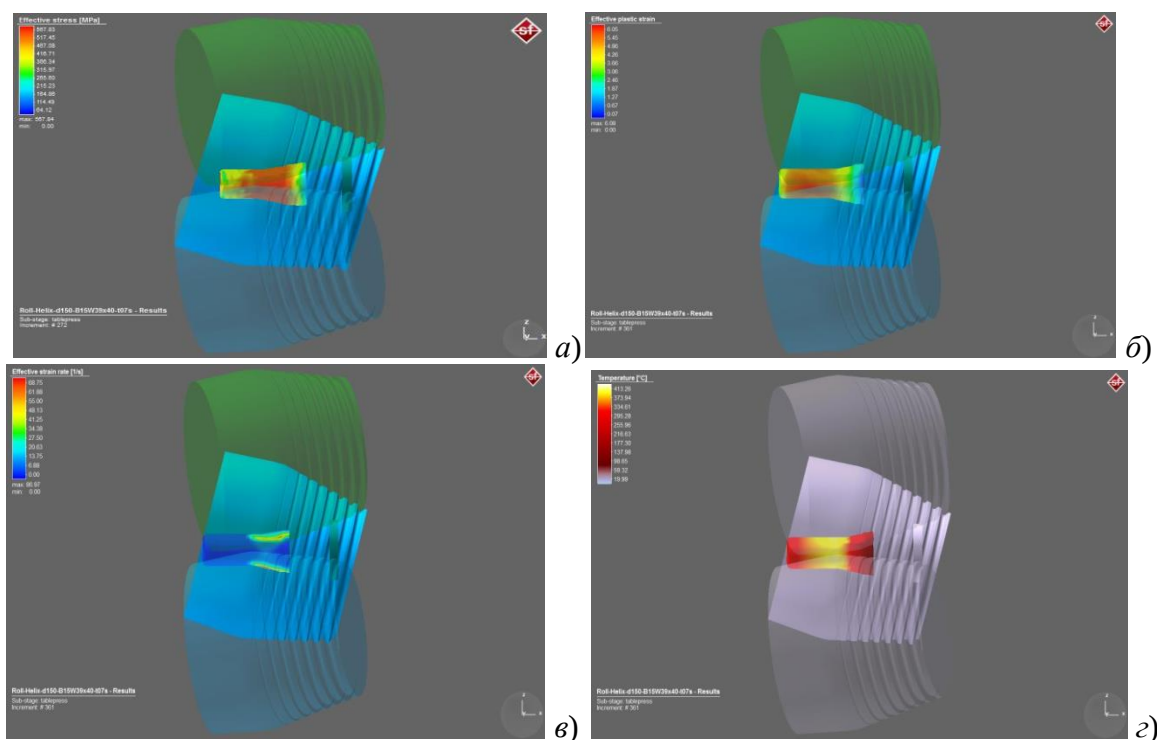
- орташа мөлшері статикалық қайта кристалданған түйіршіктер:

$$d_{SRX} = 31,08 \cdot d_0^{0.21} \cdot \varepsilon^{-0.39} \cdot \dot{\varepsilon}^{-0.0297} \exp\left(-\frac{1902,72}{RT}\right) \quad (4.3)$$

Бүкіл деформация процесінде түйіршіктің орташа мөлшері тендеу бойынша есептелді:

$$d_{avq} = X_{SRX}d_{SRX} + X_{MRX}d_{MRX} + X_{DRX}d_{DRX} + (1 - (X_{SRX} + X_{MRX} + X_{DRX}))d_0$$

Жаңа илемдеу-престеу кезінде, сондай-ақ қолданыстағы бұрандалы орнақтың тегіс роликтерінде илемдеу кезінде алынған суреттер кернеулі Деформацияланатын күйдің таралуы және алюминий қорытпасының температуралық өрістері сәйкесінше 33 және 34 суреттерде көрсетілген.



33-сурет Қолданыстағы бұрандалы орнақтың тегіс орамдарымен дайындамаларды илемдеу кезінде кернеу қарқындылығының (б) деформациясының (а) деформация жылдамдығының (в) және температура өрісінің (г) таралуы (илемдеу температурасы 300С)

Қолданыстағы бұрандалы орнақтың тегіс орамдарында алюминий қорытпасынан дайындамаларды илемдеуді сандық модельдеуден алынған нәтижелері негізінде мыналар анықталды

- кернеулердің, деформациялардың қарқындылығы және деформация жылдамдығы дайындаманың беткі аймақтарында ең үлкен мәнге ие болады, ал орталық аймақта олар ең кіші мәнге ие.
- деформацияланатын металл сыртқы және ішкі қабаттың әртүрлі жылдамдықтарымен бұрандалы траектория бойынша ағады, бұл дайындаманың беткі аймақтарында макро ығысу деформацияларының пайда болуына әкеледі

- пайда болған макро - ығысу деформациялары домалатылатын шыбықтардың беткі аймағында деформация қарқындылығының артуына әкеледі (33,б-сурет)

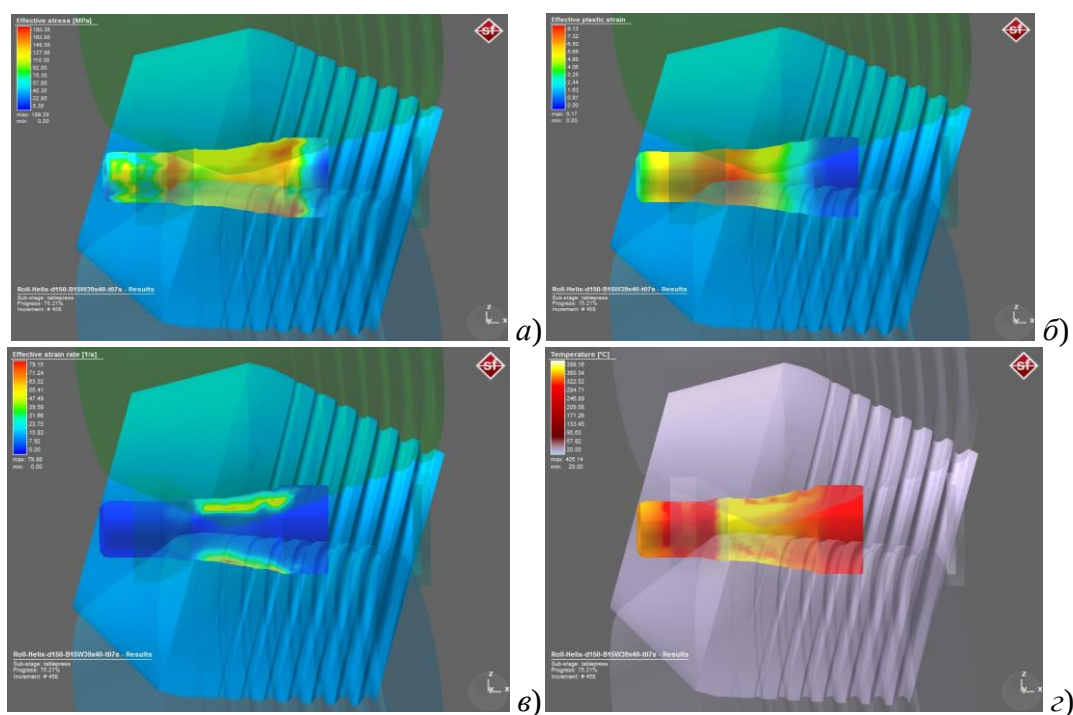
-сору коэффициентінің, беру бұрыштарының және илектеу бұрыштарының ұлғаюы дайындаманың беткі аймағында деформация қарқындылығы мен деформация жылдамдығының одан да жоғарылауына әкеледі

- деформацияланатын дайындаманың температурасы дайындаманың құралмен жанасу аймақтарында көтеріледі (33-сурет,г)

- деформация ошағында негізгі кернеулерді сығымдайтын сигма 1, сигма 2 және сигма 3 пайда болады, ал дайындаманың орталық қабаттарында әртүрлі кернеу күйінің схемасы пайда болады, бұл дайындама материалының бұзылуына әкелуі мүмкін.

Алюминий қорытпасынан жасалған дайындаманы бұрандалы орамдарда және жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақ матрицасында өңдеуді сандық модельдеудің нәтижелері негізінде мыналар анықталды

- деформацияның бастапқы кезеңінде контактілі қысым роликтердің жұмыс беттерімен дайындаманы ұстау аймақтарында локализацияланады, дан кейін деформацияның бүкіл ошағында артады



34-сурет жаңа конструкцияның бұрандалы орнақта дайындамаларды престеу кезінде кернеу қарқындылығының (б) деформациясының (а) деформация жылдамдығының (в) және температура өрісінің (г) таралу үлгісі (илемдеу температурасы 300C)

- сығымдау процесінде жанасу қысымының мәні матрицада да артады, бұл экструзия процесіне де, роликтерге де тән. Мұның бәрі матрица арқылы

металды экструдтау күшінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауымен байланысты

- дайындаманың бетінде сигма 1 негізгі кернеулерінің шамалы созылуы пайда болады, ал сыртқы қабатта сигма 2, сигма 3 негізгі кернеулерін сығымдау әр элементке әсер етеді

- сығымдалған дайындаманың орталық қабаттарында сигма 1, сигма 2 және сигма 3 негізгі кернеулерін салыстырмалы түрде үлкен сығымдау пайда болады, бұл дайындаманың материалының тұтастығын бұзбай бұйымдар жасауға мүмкіндік береді

- кернеулердің қарқындылығы, деформация және деформация жылдамдығы бұрандалы орамдарда Деформацияланатын дайындаманың беткі аймақтарында ең үлкен мәнге ие болады, ал орталық аймақтарда олар орташа мәнге ие (34 а, б, в-сурет), ал дайындаманы матрицада басу кезінде бұл көрсеткіштер өндірілген бұйымдардың бүкіл қимасы бойынша тураланады

- деформацияланатын металл бұрандалы траектория бойынша сыртқы және ішкі қабаттың әртүрлі жылдамдықтарымен ағып, дайындаманың көлемінде күшті макро -ығысу деформацияларына әкеледі

- қуатты макро - ығысу деформацияларының пайда болуы дайындаманың беткі аймақтарындағы деформация қарқындылығының едәуір артуына әкеледі (34 б-сурет), бұл жағдайда бұл шамалар матрица арқылы металдың пайда болуымен теңестіріледі

- сору коэффициентінің, беру бұрыштарының және илектеу бұрыштарының жоғарылауы дайындаманың бүкіл көлденең қимасы бойынша Деформация қарқындылығы мен жылдамдығының одан да жоғарылауына әкеледі

- деформацияланатын дайындаманың температурасы дайындаманың құралмен жанасу аймақтарында жоғарылайды, ал дайындаманың температурасы бұрандалы орнақпен матрицасының алдында орналасқан жерлерде әсіресе жоғары көтеріледі (34 г сурет)

Жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта орнатылған бұрандалы орамдарда дайындаманы деформациялау кезінде дайындаманың металы дайындаманың сыртқы және ішкі қабаттарында да, осы орамдардың шығыңқы жерлері мен ойықтарында да әртүрлі деформация жылдамдықтарымен бұрандалы траектория бойынша ағып жатқанын атап өткен жөн. Әр түрлі деформация жылдамдығымен бұрандалы сызық бойымен проекциялар мен ойпаттардағы металл ағындарының қозғалысы ұлғаюды тудырады деформация дайындаманың көлемі бойынша.

Бұл дайындаманы жаңа бұрандалы орнақта престеу кезінде деформация қарқындылығының едәуір артуына әкеледі, тегіс орамдарда илектеу кезінде алынған деформация қарқындылығымен салыстырғанда, деформация бастапқы дайындаманың құрылымын қарқынды ұнтақтауға әкелуі керек.

Жоғарыда келтірілген формулалар бойынша дәндердің орташа мөлшерін есептеу алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды қолданыстағы диірменнің тегіс орамдарында 300 Цельсий градусында илектеу көп түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелетінін көрсетті. Бұл ретте

дайындаманың перифериялық аймақтарында түйіршіктердің орташа мөлшері 33 мкм болатын ұсақ түйіршікті құрылым, ал орталық қабаттарда түйіршіктердің орташа мөлшері 112 мкм болатын ірі түйіршікті құрылым түзіледі. Бұл дегеніміз, дайындамаларды бар орнақтың тегіс біліктерінде айналдыру кезінде шыбықтардың перифериялық аймақтарының металл құрылымында бастапқы қайта кристалдану. Бұл процестің өтуі ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуымен бірге жүретіні белгілі. Біздің ойымызша, дайындаманың орталық қабаттарында ірі түйіршікті құрылымның пайда болуы қайтару және полигондау сияқты бірнеше рет күшейту процестерінің өтуімен байланысты. Алюминий қорытпасынан жасалған дайындамалардың микроқұрылымын бағалау, басында бұрандалы орамдарда илектелген, содан кейін матрицада престелген, өңдеу температурасы 300 °C болған кезде дайындаманың металында ұсақ түйіршікті құрылым пайда болатындығын көрсетті.

Бұл жағдайда дайындаманың перифериялық бөлігіндегі дәндердің орташа мөлшері 11 мкм, ал орталық қабаттарда - 16 мкм құрайды. Ұсақ түйіршікті құрылымның пайда болуын жаңа конструкцияның бұрандалы орнақта дайындамаларды басу кезінде дайындаманың бүкіл көлемі бойынша тұрақты бастапқы қайта кристалданудың өтуімен байланыстыруға болады. Алынған мәліметтерге сүйене отырып, дайындамаларды дайындаманың перифериялық аймақтарындағы қолданыстағы орнақтың тегіс орамдарында илектеу кезінде кристалдану процестері жүреді, ал дайындаманың орталық аймақтарында дәндердің бастапқы мөлшері пайда болады деп қорытынды жасауға болады. Қайтару және полигондау сияқты бұзатын процестерді дерлік сақтайды. Жаңа бұрандалы орнақтың бұрандалы роликтерінде дайындамаларды илектеу кезінде дайындаманың перифериялық аймақтарындағы қайта кристалдану процестері орталық аймақтарға қарағанда әлдеқайда жеңіл болады. Мұндай босату процесінің жақсы өтуінің себебі деформация қарқындылығының жоғарылауы және дайындаманың перифериялық аймақтарындағы температура болып табылады деп санаймыз. Сонымен қатар, деформация қарқындылығының мәні деформацияның критикалық дәрежесінен әлдеқайда жоғары.

Жаңа орнақ матрицасында дайындаманы одан әрі басу перифериялық аймақтарда ма динамикалық және динамикалық қайта кристалданудың аз қарқынды өтуіне және дайындаманың орталық аймақтарында олардың қарқынды өтуіне әкеледі. Дайындаманың перифериялық аймақтарында қайта кристалданудың салыстырмалы түрде баяу өтуінің себебі дайындаманың металының құралмен жанасу аймағындағы үйкеліс күшінің артуы болып табылады.

Осылайша, дайындаманы жаңа орнақтың бұрандалы орамдарында илемдеу кезінде дайындаманың орталық қабаттарындағы түйіршіктерінің орташа мөлшері дайындаманың беткі аймақтарына қарағанда үлкен болады. Алайда, дайындаманы матрица арқылы басқаннан кейін, түйіршік өлшемдері шыбықтың көлденең қимасы бойынша тураланады.

4.1 Энергия параметрлерін есептеу үшін илемдеу процесін модельдеу

Ғылыми-техникалық әдебиеттерді талдау келесі тұжырымдарға әкеледі: түсті металдардан шыбықтар шығару үшін қысыммен өңдеудің жекелеген түрлерін бір жолда біріктіретін аралас өңдеу әдістерін қолдану ең перспективалы болып табылады;

- белгілі бір престоу әдістерімен шыбықтардың жоғары физика - механикалық қасиеттерін қамтамасыз ететін ультра ұсақ түйіршікті немесе нанокристалды құрылымы бар пресс - өнімдерді алу мүмкін емес;

- бұрандалы илемдеу нақты геометриялық өлшемдерді дәлдікпен түсті металл сырықтарды дайындауды қамтамасыз етпейді, бұл әдісті қолдану кезінде престоң қалдықтарыңыз үздіксіз жолмен пресс өнімдерін алу мүмкін емес.

Жұмыстағы жоғарыда аталған кемшіліктерді жою үшін жаңа дизайнға бұрандалы орнақ ұсынылды. Шыбықтарды престоуге арналған үздіксіз бұранданы жобалау кезінде матрица арқылы металды экструдтау үшін қажетті қысымды жасау үшін тегіс, бұрандалы орамдарда илемдеу және престоу кезінде пайда болатын қуат параметрлерін анықтау өте маңызды. Компьютерлік модельдеу жұмысында М1 мыс қорытпасы мен алюминий қорытпасының деформациясы кезінде пайда болатын илемдеу-престоудің энергетикалық параметрлерін есептеу жүргізілді.

Модельдеудің мақсаты-жаңа құрылымдағы бұрандалы машинаның қуат параметрлерін анықтау.

Жаңа құрылымдағы бұрандалы орнағында шыбықтарды престоуді модельдеу "MSC.SuperForge" бағдарламалық кешенін қолдана отырып жүзеге асырылды (жоғарыдан қараңыз) [111-115]. Айта кету керек, Inventor CAD бағдарламасында қатты күйдегі тегіс және бұрандалы беттері бар роликтердің моделі және матрицалар (17-сурет), ал MSC.Superforge CAE бағдарламасында дайындама моделі 68000 элементтен тұратын ақырлы элементті торға бөлінді. Модельдеу процесінде дайындаманың ұзаруына байланысты элементтер саны біртіндеп 76000 элементке дейін өсті. Тегіс және бұрандалы роликтерде илемдеу процесін, сондай-ақ үздіксіз бұрандалы орнақта илектеу-престоу процесін зерттеу үшін М1 мыс қорытпасы мен 40=150 мм алюминий дөңгелек дайындамасы пайдаланылды. Бұл қорытпалардың аналогы Cu-ETP және ENAW-2024 қорытпалары болып табылады. MSC.SuperForge бағдарламасының материалдар кітапханасына сәйкес бұл қорытпалар сәйкес температурада суық және ыстық деформация процестерін модельдеу үшін қолданылады

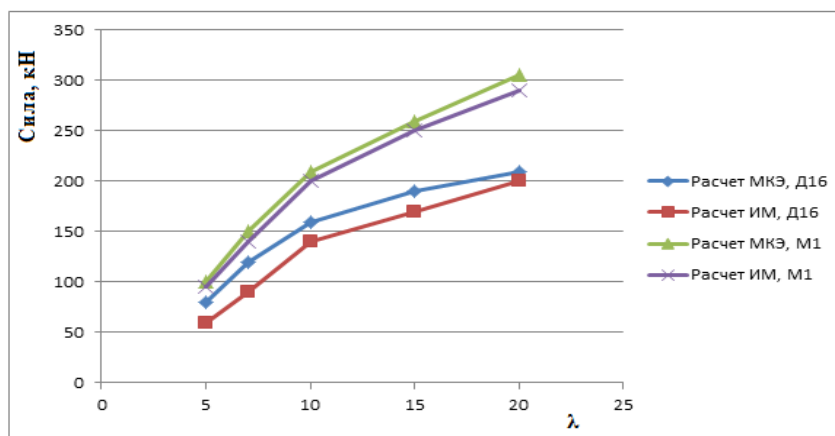
Престоу бөлме температурасында бұрандалы орнақта диаметрі 9 мм-ге дейін жүргізілді. Дайындама материалының икемділігін модельдеу үшін Джонсон-Куктың серпімді пластикалық моделі таңдалды. "MSC.Superforge " бағдарламалық кешенінің мәліметтер базасынан реологиялық қасиеттерді көрсетті. Кернеулі деформацияланатын күйді және илектеу күшін есептеу үшін ұсынылған бұрандалы орнақтың техникалық сипаттамасы қолданылды. Материалдар базасынан алюминий құрал материалы тағайындалды. Өйткені

MSC.SuperForge бағдарламада ең жақын шетелдік аналогтың - DIN-102СГБ неміс алюминийдің реологиялық қасиеттері қолданылды. Бұл материал үшін бағдарлама әдепкі бойынша тығыздық пен жылу қасиеттерін тағайындады. Илемдеу процесі бөлме температурасында жүретіндіктен, орамдардың бастапқы температурасы 20°C-қа тең болды. Қатты роликтер, матрица және дайындаманың деформацияланатын материалы арасындағы өзара әрекеттесу роликтердің беттері, матрица және илектелген шыбықтың беті арасындағы байланыс жағдайларын сипаттайтын байланыс беттері арқылы модельденеді. Роликтер мен дайындамалар арасында пайда болатын үйкеліс күштерін сипаттау үшін Амонтон - Кулон заңы қолданылды, коэффициент 0,3 болды. "MSC.Superforge" байланыс қысымы, жанасу аймағы, илектеу күші және сығымдалған дайындаманың көлеміне температураның таралуы қадамдық әдіспен есептеледі. Бұл ретте есептеу нәтижелерін көрсетудің айқындылығы үшін деформацияның толық уақытына пайыздық қатынаста төрт кезең үшін деректер алынды, яғни келесі интервалдар таңдалады: бірінші кезең 25, екінші кезең 50, үшінші кезең 75 төртінші кезең толық деформация уақытының 100 пайызы. Айта кету керек, кесілген конус тәрізді деформация фокусының геометриялық сипаттамалары, кинематикалық және шекаралық шарттар, сондай-ақ MSC.Superforge бағдарламасындағы деформацияланатын дененің қатынастарын анықтайды байланысты шеткі тапсырманың әр қадамында реттеледі. Бұл ретте "MSC.SuperForge" есептеу нәтижелерін сәйкес параметрлердің таралу өрістері түрінде шығарды деформацияланған дененің көлемі немесе сандық мәндер түрінде зерттелетін параметрлер деформацияланған тор түйіндерінде. Роликке әсер ететін Р күші теңдеуімен есептеледі. "MSC.SuperForge" дайындамасы бар құралдың жанасу бетінің ауданы жоғары дәлдікпен цифрланған үш өлшемді модельді қолдану арқылы анықталады (31,32 және 33-суреттер). Бұл жұмыста жанасу бетінің ауданы илемдеу күшін жанасу қысымына бөлу арқылы есептелді.

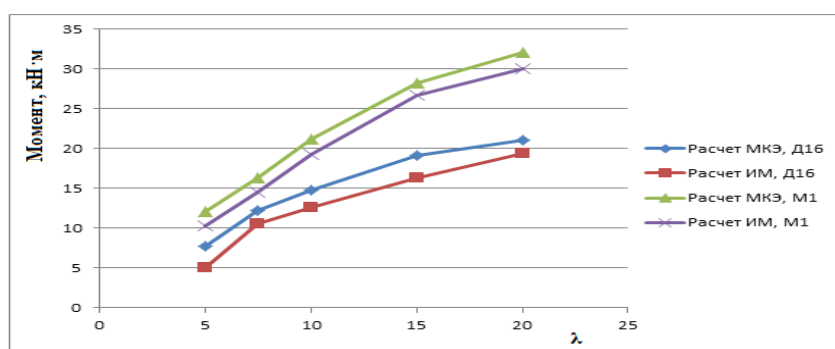
Егер көлденең күшпен туындаған салыстырмалы түрде аз моментті ескермесек, онда ұсынылған құрылғыда престоуді жүзеге асыру үшін әр жұмыс орамына қолданылатын моментті Бұл жағдайда күш қолдану иығын шамамен теңдеу арқылы табуға болады. Инженерлік әдістемемен алынған деректерді салыстыру (техниканың үлкен көлемімен байланыс берілмеген) және компьютерлік модельдеу есептік мәндердің жеткілікті жоғары конвергенциясын көрсетеді, практикалық мәліметтерге тән заңдылықтар орындалады (44-сурет). Компьютерлік модельдеу деректерінің аналитикалық есептеу деректерінен ауытқуы күш пен илектеу-басу моменті үшін 15% шегінде болады. Демек, бұрандалы орнақтағы илектеу-престеу күші мен моментін есептеудің ұсынылған әдістемесін технологиялық және жобалық есептеулерді практикалық қолдану үшін ұсынуға болады.

Илемдеу-престеу ретінде біріктірілген процестің энергия параметрлеріне әсер ететін негізгі факторлардың бірі-престеу кезінде сорғыш. Сондықтан біз әртүрлі сорғыштардағы жаңа дизайндағы МС-да бірлескен өңдеу процесінің күш-жігері мен сәтін есептедік. 35-суретте матрицаның әртүрлі калибрлерінде бөлме температурасында алюминий және мыс (М1)

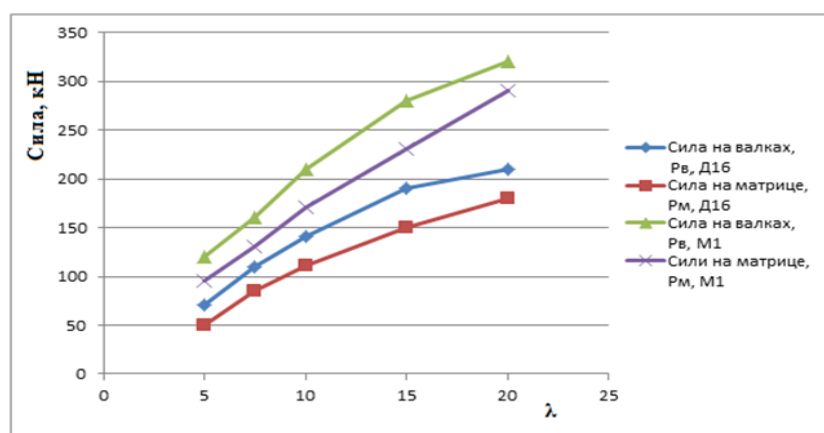
қорытпаларының деформациясы кезінде білік матрицасындағы күштер мен моменттердің тәуелділігі көрсетілген.



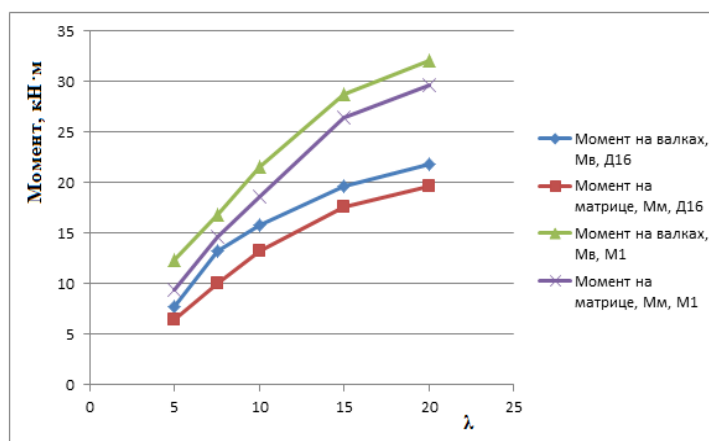
35-сурет-Алюминий қорытпасын және М1 мыс қорытпасын бұрандалы орнақта престоу кезінде λ сорғышқа соңғы элементтер (МКЭ) әдісімен және инженерлік әдістемемен (лермен) есептелген илемдеу күшінің тәуелділігі



36 - сурет-Алюминий қорытпасын және М1 мыс қорытпасын бұрандалы орнақта престоу кезінде λ сорғышқа соңғы элементтер (МКЭ) әдісімен және инженерлік әдістемемен (лермен) есептелген илемдеу сәтінің тәуелділігі



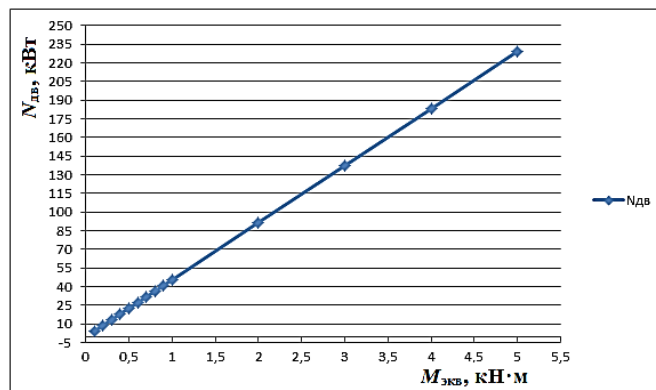
37-сурет-Р_В орамдарындағы және Р_М матрицасындағы күштің бөлме температурасында бұрандалы орнақта алюминий және мыс (М1) қорытпаларынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде λ сорғышқа тәуелділігі



38 - сурет-Бөлме температурасында бұрандалы орнақта алюминий және мыс (М1) қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде P_B орамдарындағы және P_M матрицасындағы сәттің λ тартпасынан тәуелділігі

Есептік деректерді талдау көрсеткендей, экстракцияның жоғарылауымен матрицадағы күштердің мөлшері артады, бұл престоу процесіне де, біліктерге де тән. Біліктердегі күштердің артуы престоу күшінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауымен байланысты. Роликтерде пайда болатын күштердің шамасы матрицаларда пайда болатын күштермен салыстырғанда әрқашан үлкен болатындығы анықталды. Біздің ойымызша, мұның себебі-үлкен сорғыштардағы престоу күшінің әсерінен деформация ошағында үлкен тіреу күштерінің пайда болуы. Электр қозғалтқышының қуатын есептеудің бастапқы деректері: қозғалтқыш білігіне келтірілген статикалық илемдеу моменті, орнақтағы илемдеу уақыты, цикл уақыты, бос және үйкеліс моменті. Бұл жағдайда статистикалық сәт 5-тен 40 кН м-ге дейін өзгерді, есептеу нәтижелері 46-суретте келтірілген.

Есептеу нәтижелерін қолдана отырып, жобаланған орнақ үшін қуаты 15 кВт электр қозғалтқыштары таңдалды. Жүргізілген зерттеу негізінде деформация ошағында бұрандалы илемдеу кезінде қысу кернеулері пайда болатыны анықталды, ал металдың ағымы бағдарламаланатын траекториялар бойынша жүзеге асырылады. Мұның бәрі деформация тензорының ығысу компоненттерінің деформация ошағында дамуына әкеледі, яғни, көлемді макро ығысудың дамуына жағдай жасалады, осылайша металл құрылымының жақсы жұмыс істеу шарттары жасалады. Мұндай деформация жағдайлары кез-келген деформацияланатын материал үшін, соның ішінде түсті металдар мен қорытпалар үшін ақаусыз деформацияға қолайлы. Айта кету керек, ығысу деформацияларының дамуы және оларды дайындаманың беткі көлеміне шоғырландыру металды басқарылатын жылытумен бірге жүреді. Қыздырудың температуралық әсері 100...120 °С дейін, бұл престоу алдында қыздыру температурасын төмендетуге, деформацияның температуралық аралығын оңтайландыруға мүмкіндік береді.



39-сурет-Электр қозғалтқышының қуатының эквивалентті моментке тәуелділігі

Бөлме температурасында деформация температурасының жоғарылауы жаңа бұрандалы илемдеу орнағында деформация үшін қажетті күштің күрт төмендеуіне әкеледі. Температураның мұндай көтерілуі макро - ығысу деформациясының дамуымен және олардың дайындаманың беткі аймағында орналасуымен байланысты. Дайындаманы деформациялау күшінің байланыс заңдылығы деформациялық қозғалыстардың бағыты-дайындаманың беткі аймағының бұрандалы бағыттағы пластикалық деформациясы осьтік бағытта деформациялардың пайда болуы мен дамуы үшін қажетті күш компонентінің күрт төмендеуінен тұрады. Осылайша, ұсынылған бұрандалы орнақтарда дайындаманы илектеу-басу кезінде металдың өзгеруі ауыспалы деформация жағдайында жүреді. Бұл жағдайда дайындама өз осінің айналасында бұралады, бұл деформация ошағындағы металдың әрбір бөлшегінің бұрандалы (геликоидты) траектория бойынша қозғалуына әкеледі. Металдың мұндай турбулентті қозғалысы құрылымның қарқынды дамуына және перифериялық және орталық аймақтағы металл емес қосылыстардың араласуына әкеледі. Мұның бәрі сапаның жоғарылауына әкеледі. Есептелген күш мәндері (300 кН дейін) бөлме температурасында жаңа дизайндағы бұрандалы орнақта илектеу-престеу процесін жүзеге асырудың қиындығын көрсетеді. Алайда, жаңа орнақты жобалау, дайындау және сынау кезінде басты қауіп-орнақтың ауыр жүктелген элементтерінің (роликтер, кереует, матрица және т.б.) ықтимал иілуі және бұзылуы. Орнақтың ауыр жүктелген элементтерінің бұзылуын болжау үшін күштер мен престеу сәті үлкен деформация күштері пайда болған кезде бөлме температурасында есептеулер жүргізілді.

4.2 Жаңа конструкцияның винтті орнағында шыбықтар мен сымдарды илемдеу және илемдеу-престеу кезінде энергия күш параметрлерін зерттеу

Қазіргі уақытта қолданыстағы жетектердің дизайнын талдағаннан кейін жаңа конструкцияның радиалды ығысу орнағы үшін біз 3 редуктордан, жетек

типті шпиндельдерден, тегіс немесе бұрандалы біліктерден тұратын жетекті қабылдадық.

Қазіргі уақытта жылжымалы технологияның күшін есептеу үшін көптеген әдістер қолданылады, бұл осы әдістерге сәйкес есептеу нәтижелерін эксперименттік мәліметтермен салыстыруды қажет етеді. Біз бұрандалы және радиалды ығысу станоктарының жетек қуатын есептеудің қолданыстағы әдістерін, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін, алгоритмдеу мүмкіндігін мұқият қарастырдық. Бұрандалы илемдеудің энергия қуатын есептеу кезінде негізгі болып табылатын көптеген әдістер біз ұсынған жаңа диірменнің илектеу қуатын есептеу үшін инженерлік әдістемеге негізделген.

Қолданыстағы әдістемелерде бұрандалы прокаттаудың энергия-қуат параметрлерін есептеу жетекті электр қозғалтқышының білігіне прокаттау моменті мен қуатын анықтаумен аяқталады. Сонымен қатар, дайындаманың температурасының өзгеру көрінісі және сол арқылы материалдың реологиялық қасиеттерінің өзгеруі, орамдардың серпімділігі ескерілмейді, бұл біздің ойымызша, жобалау кезеңінде айтарлықтай қателіктерге әкелуі мүмкін.

Жоғарыда айтылғандай, шыбықтар мен құбырларды үздіксіз басуға арналған радиалды ығысу орнағында негізгі жетек, жұмыс клеті, әр түрлі бағытта айналатын роликтер мен пресс-матрица бар.

Біліктерде тегіс және толқынды-конус тәрізді ұстау және қысу учаскелері, сәйкесінше цилиндрлік аудандар калибрленеді. бұл ретте ені және тиісінше биіктігі мен тереңдігі бірдей біліктердің шығыңқы жерлері немесе ойпаттары бұрама сызығына қатысты тангенс пен біліктің негізіне перпендикуляр түзуші бойымен 45^0 -тен 60^0 -қа тең болатын жанасу нүктесі арқылы өтетін сызық арасындағы бұрышы бар бұрама сызық бойынша орындалған. Престеу кезінде дайындама біліктер арасындағы саңылауға беріледі және біліктердің толқынды-конус тәрізді учаскелерінің шығыңқы және ойпаттарымен деформацияланады. Сонымен қатар, орамалар айналмалы қозғалысымен деформацияланатын металды айналмалы түрде жылжытады және оны пресс-матрицаның саңылауы арқылы қысады.

Шыбық өнімдерін өндіретін кәсіпорындардың әдеби деректері мен практикалық тәжірибесін талдау "білік-дайындама" жүйесіндегі қуат параметрлерін зерттеу құралдың ең көп жүктелген жергілікті беттерін анықтауға және құралдың беріктігін азайту және арттыру бойынша шараларды жасауға мүмкіндік беретінін көрсетті. Зерттеу нәтижелері біліктің күшін азайту және тұрақтылығын арттыру үшін жаңа техникалық шараларды әзірлеуге және оны ауыстыру уақытын анықтауға мүмкіндік береді. Металлды матрицаның саңылауы арқылы үздіксіз сығымдаудың ұсынылған әдісінде айналмалы бұрандалы орамдардың және деформацияланатын шыбықтың түйіскен бетінде пайда болатын контактілі үйкеліс күштері жүзеге асырылады. Осыған байланысты дайындаманың құралмен жанасу аймағының мәні көбінесе басу қысымын, бұрандалы орамалардағы моментті және қондырғының электр жетегінің қуатын анықтайды. Штангалық дайындаманы үш айналмалы ораммен ұстап алғанда, оның айналмалы және прогрессивті қозғалысына байланысты орамалар бойымен қысылады және қозғалады.

Осыдан кейін бұрандалы қасқырлардың шығыңқы жерлері мен ойықтары металмен толығымен толтырылады және матрица каналына металды сығып алу үшін жеткілікті белсенді үйкеліс күштеріне жеткенге дейін олардың арасындағы байланыс аймағының ұлғаюы байқалады.

Демек, деформацияның бастапқы кезеңіндегі ұстау аймақтары металды экструдтау үшін қысым жасау үшін бұрандалы орамдардың шығыңқы жерлері мен ойықтарын толығымен толтыру үшін қажетті қысымды қамтамасыз етуі керек. Штангаларды басу кезінде проблемалар туындауы мүмкін металды экструдтау үшін жеткіліксіз қысым жасау және беткі ақаулардан жасалған бұйымдардың сапасыздығы және дайындаманың бетінде жарықтар пайда болуы. Қысымның төмендеуінің және ақаулардың пайда болуының себептерінің бірі-сырғанау престелетін дайындамаға қатысты орамдардың жұмыс беттері (жоғарыдан қараңыз). Айналмалы қозғалмалы бұрандалы роликпен басу кезінде деформация күшінің даму механизмін сипаттау үшін біз мұндай есептің теориялық шешімін тікелей вариациялық есептеу әдісімен қарастырамыз [111]. Бұрандалы орамдардың айналуына байланысты престелетін дайындамаға матрицаның жанасу бетіндегі тангенциалды үйкеліс күштерінің моментімен теңестірілген момент қолданылады (16-сурет).

Шыбықтардың металын үздіксіз деформациялауға арналған жаңа бұрандалы орнақта айналмалы қозғалатын бұрандалы білікпен престоу процесінде ағындар алынады. Бұл жағдайда дайындаманың металы айналмалы қозғалатын орамдардың жұмыс бетіндегі бұрандалы сызықтар бойымен орналасқан шығыңқы жерлер мен ойықтарға байланысты айналмалы-трансляциялық қозғалыс береді. Сондықтан біз басу кернеуін екі компонентке бөлеміз. Бірінші компонент айналу моментін жасайды, бұрандалы сызық бойымен металдың ағуына ықпал етеді, ал екіншісі - престоу осі бойымен әрекет етеді. Престоу осі бойымен z осі бар цилиндрлік координаттар жүйесін енгізіңіз. Контактті бетке үйкеліс Заңы келесі түрде берілсін $\tau = \psi \tau_T e_i$ мұнда e_i - үйкеліс кернеуінің бағытын анықтайтын бірлік вектордың бағыттаушы косинусы; ж-деформация ошағының өлшемдері мен үйкеліс беттерінің күйінің арақатынасына байланысты кейбір функция 23-суретте көлеңкеленген элементар қабаттың тепе-теңдік теңдеуі келесідей:

Алынған есептік деректер негізінде мыналар анықталды:

- престоу кернеуі ұсынылған құрылғының бұрандалы орамдарына қолданылатын моменттердің өсуімен төмендейді;
- а бұрышының (40-сурет) және k коэффициентінің жоғарылауымен күш пен басу моменті артады;
- үйкеліс күштерінің әсер ету бағыты престоу кернеуіне айтарлықтай әсер етеді B үйкеліс күштерінің әсер ету бағытының бұрышында ең аз күш пен престоу моменті алынды 45°

Біздің есептелген мәліметтерімізге және жұмыс авторларының пікіріне сәйкес [113], матрицаның кіріс бұрышының шамасы металды үздіксіз басу процесінің күш жағдайларына айтарлықтай әсер етеді.

4.3 Жаңа дизайндағы бұрандалы орнақта дайындамаларды илемдеу және илемдеу-престеу кезіндегі байланыс өзара әрекеттесуін және күшін компьютерлік модельдеу

MSC.SuperForge бағдарламалық кешені тегіс және бұрандалы орамдардағы дайындамаларды илемдеу қысымы мен күшін есептеу үшін, сондай-ақ бұрандалы орамдар мен матрицаны илемдеу-престеу үшін пайдаланылды. Тегіс және бұрандалы біліктердегі штангаларды илемдеу процесі, сондай-ақ бұрандалы орнақтағы шыбықтарды илемдеу-престеу өте күрделі процесс. Бұл илектеу кезінде дайындама Тегіс немесе бұрандалы орамдарда үздіксіз деформацияланатындығына, ал илектеу-престеу - Бұрандалы орамдарда үздіксіз илемделетініне, содан кейін матрица арқылы бұрандалы орнақта экструдталатындығына байланысты.

"MSC.SuperForge" бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, зерттелетін процесті модельдеу келесідей жүзеге асырылады [116]:

1. Өндеу шарттарына байланысты (бастапқы дайындаманың пішіні және сығылатын өнімнің пішіні, орау және матрицаның пішіні, деформация шарттары және т.б.) ақырлы-элементтік талдау түрін таңдады, яғни олар қандай мәселе шешілетінін анықтады (жазық, осимметриялық немесе көлемді).

2. Үздіксіз илемдеу немесе илемдеу-престеу үшін бастапқы дайындаманың, орамдардың, матрицаның және орама торабының геометриялық модельдері жасалды (40-сурет).

3. Біз дайындамаға соңғы элементтердің торын қолдандық.

4. Бағдарламада бар "MSC.Superforge " мәліметтер базасы немесе дайындама материалының термомеханикалық қасиеттері дайындаманың реологиялық қасиеттерін анықтайды.

5. Дайындаманы илемдеу мен илемдеу-престеудің бастапқы температурасы берілді.

6. Дайындаманың, орамның, матрицаның, коэффициенттің жанасу бетіндегі шарттар қойылды

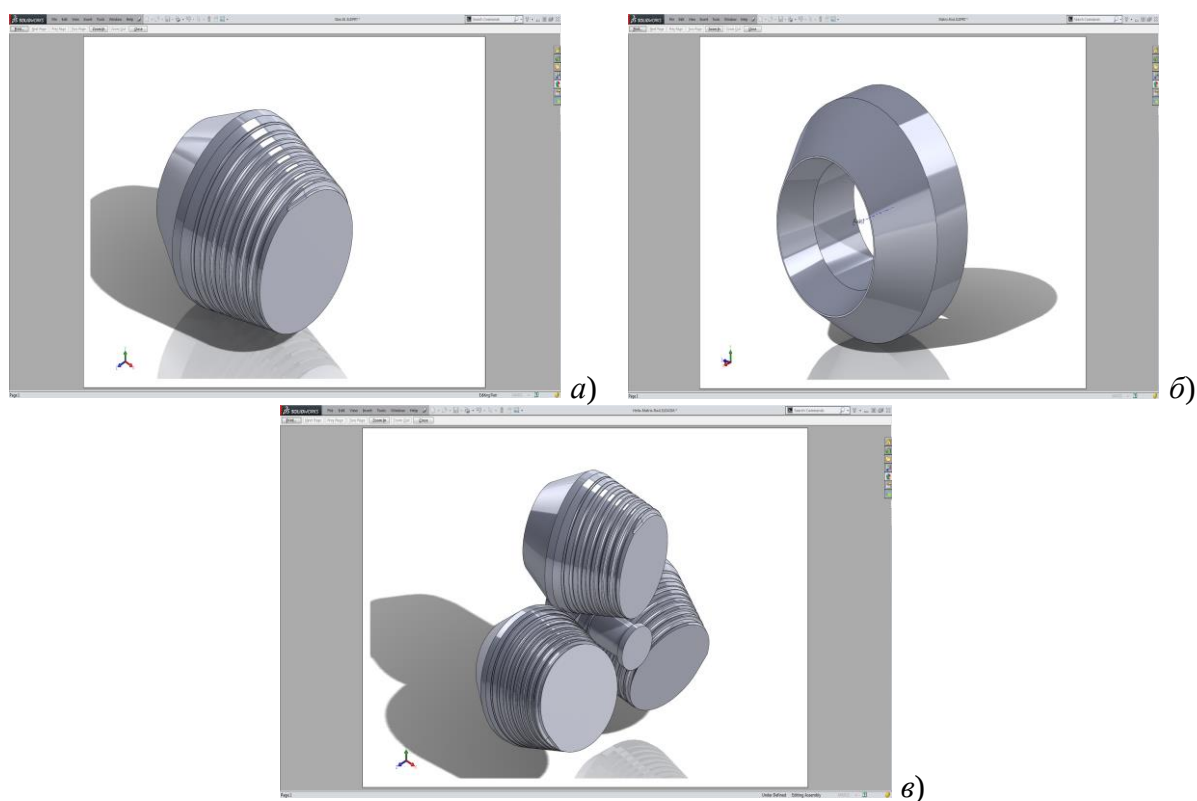
7. Қолданылатын жабдықтың түріне байланысты жылжымалы құралдың қозғалыс заңы белгіленді.

8. Қалыпты қысымның беріктігін есептеу, температураны дайындаманың көлеміне бөлу өте қатаң дәлдікпен жүргізілді.

9. Деформацияланған дененің көлеміне сәйкес параметрлерді бөлудің нөлдері түрінде есептеу нәтижелері ұсынылды.

Илемдеуді немесе илектеуді модельдеудің маңызды кезеңі-соңғы элементтердің торын қолдану. Себебі есептеулердің дәлдігі мен көлемі торды қолдануға байланысты. "MSC.SuperForge" бағдарламалық кешеніндегі шешілетін мәселенің түріне (жазық, осимметриялық немесе көлемді) байланысты үшбұрыштарды, төртбұрыштарды, тетраэдрлерді, үшбұрышты призмаларды (бес қырлы), алтыбұрыштарды қолданатын элементтер торын пайдаланады. Берілген шарттарға байланысты "MSC.SuperForge" деформацияланатын көлемді қажетті элементтер санына автоматты түрде бөлу

мүмкіндігіне ие. Бұл жағдайда модельдеу процесінде торды өзгертуге болады. Илемдеу немесе илектеу-престеудің технологиялық процестерін модельдеу кезінде бір пішіндегі өңделген денеге арналған элементтердің әртүрлі түрлерін орнатуға болады. Жұмыста дайындаманың, орамдардың және матрицаның үш өлшемді геометриялық моделі CAD Inventor бағдарламасында салынған және CAE MSC.SuperForge бағдарламасына импортталған. Дайындаманың, орамдардың және матрицаның ақырлы элементті моделін құру кезінде үш өлшемді денелерді модельдеу үшін қолданылатын үш өлшемді tetra (төрт түйінді тетраэдр) көлемді элементі қолданылды. процесті есептеу уақыты Pentium duo компьютерінде 30-40 минутты 3,4 ГГц тактілі жиілікті және 2 Гбайт жедел жадын құрады. Тегіс немесе бұрандалыбіліктерде илемдеу процесін, сондай-ақ үздіксіз бұрандалы орнақтарда илектеу-престеу процесін зерттеу үшін алюминий қорытпасынан және 040×150 мм алюминийден жасалған дөңгелек дайындаманы қолданды. илектеу немесе илектеу-престеу бөлме температурасында бұрандалы орнақта диаметрі 9 мм-ге дейін жүзеге асырылды. Дайындаманың материалының икемділігін модельдеу үшін Джонсонның серпімді пластикалық моделі таңдалды немесе бұрандалыбілік "MSC.Superdorge" бағдарламалық кешенінің мәліметтер базасынан реологиялық қасиеттерді белгіледі



41 – суреті Шыбықтарды престеуге арналған орам (а), матрица (б) және бұрандалы орнақтың (в) геометриялық моделі

Байланыс қысымы мен күшін есептеу үшін ұсынылған бұрандалы орнақтың техникалық сипаттамасы қолданылды. MSC.Superforge құралдар

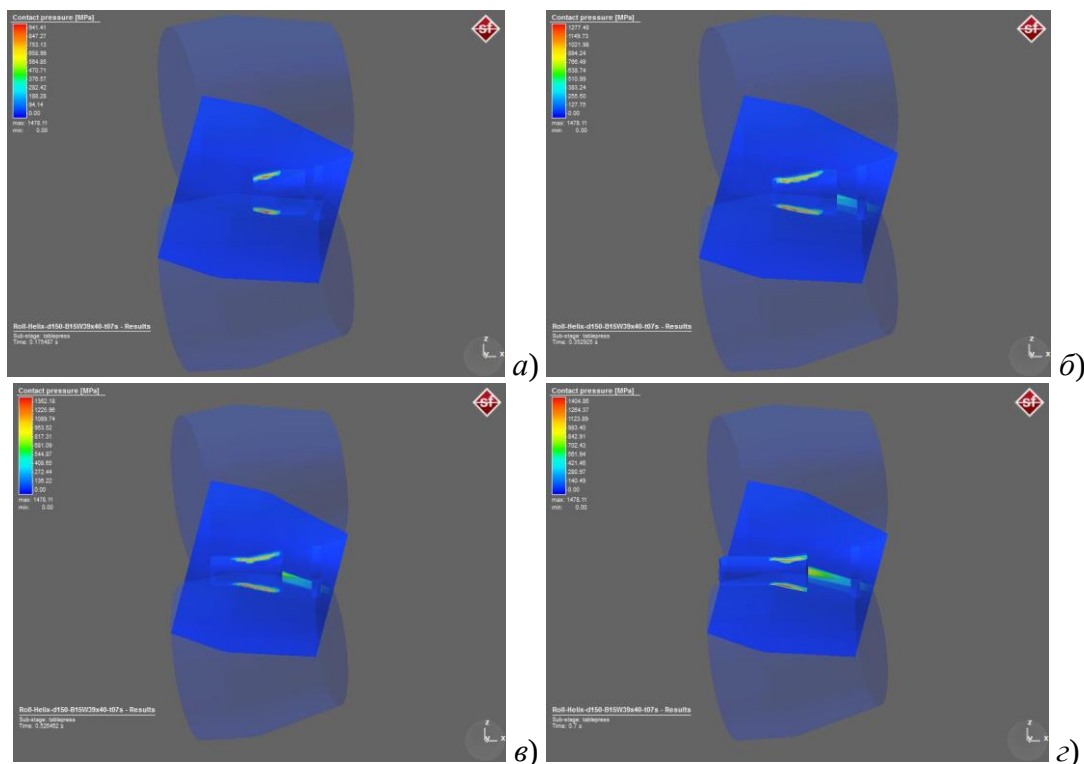
мүлдем қатаң түрде қабылданады және тек жылу өткізгіштік пен жылу беру қасиеттерін қамтамасыз етеді, яғни меншікті жылу өткізгіштік, меншікті жылу сыйымдылығы мен тығыздығы ескеріліп, механикалық қасиеттері ескерілмейді. Материалдар базасынан алюминий құрал материалы тағайындалды. Бұл материал үшін бағдарлама әдепкі бойынша тығыздық пен жылу қасиеттерін тағайындады. Илемдеу процесі бөлме температурасында жүретіндіктен, орамдардың бастапқы температурасы 20°C-қа тең болды. Қатты роликтер, матрица және дайындаманың деформацияланатын материалы арасындағы өзара әрекеттесу роликтердің беттері, матрица және илектелген шыбықтың беті арасындағы байланыс жағдайларын сипаттайтын байланыс беттері арқылы модельденеді. Модельдеу процесінде байланыс шарттары үнемі жаңартылып отырады, орамдардың айналуын және материалдың деформациясын көрсетеді, бұл құрал мен өнделетін дайындаманың материалы арасындағы сырғуды модельдеуге мүмкіндік береді. Құрал мен шыбықпен арасындағы байланыс Кулон бойынша үйкеліспен модельденеді, үйкеліс коэффициенті 0,3 қабылданды..

"MSC.SuperForge» кадамдық әдіс контакт қысымын, жанасу аймағын, домалатылатын немесе басылатын дайындаманың көлеміне температураның беріктігі мен таралуын есептеді. Бұл ретте есептеу нәтижелерін көрсетудің айқындылығы үшін мыналар алынды төрт деректер кезеңдер толық деформация уақытына пайызбен, яғни келесі аралықтар таңдалды: бірінші кезең 25, екінші кезең 50, үшінші кезең 75 және төртінші кезең толық деформация уақытының 100 пайызы.

41-57-суреттерде түйіспелі қысымның таралу суреттері, түйісу алаңы, сондай-ақ тегіс және бұрандалы орамдарды илемдеу кезінде дайындамадағы температура өрісі, сондай-ақ жаңа бұрандалы орнақтарда шыбықтарды илемдеу-престеу көрсетілген. Дайындаманың температурасы 20 °C.

Алынған сандық модельдеу нәтижелері негізінде мыналар анықталды:

- престеудің бастапқы сәтінде түйіспелі қысым орамдардың жұмыс беттері бар дайындаманы ұстау аймақтарында локализацияланады;
- сорғыштың ұлғаюы бүкіл деформация ошағында жанасу қысымы мен жанасу аймағының ұлғаюына әкеледі;
- дайындамаларды тегіс орамдарда илектеу кезінде қорытпаның маркасына қарамастан, дайындамаларды бұранда тәрізді қасқырлармен илемдеуге қарағанда шамасы бойынша жанасу қысымы үлкен;
- дайындамаларды бұрандалы орнақта илектеу-престеу кезінде сорғыштың ұлғаюы матрицадағы жанасу қысымының жоғарылауына әкеледі, бұл қыспалау процесіне тән, ал орамдардағы жанасу қысымы да артады. Мұның бәрі қысу күшінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауымен байланысты;
- илемдеу кезінде-бұрандалы орнақтарда престеу кезінде біліктердеі жанасу қысымының мөлшері матрицадағы жанасу қысымынан үлкен. Мұның себебі-дайындаманың матрицамен жанасу бетіне қарағанда дайындаманың қасқырлармен жанасу беті және экструзия күштерінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауы;



а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%

42-сурет-тегіс орамдары бар бұрандалы орнақта М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті

- сорғыштың ұлғаюы бүкіл деформация ошағында жанасу қысымы мен жанасу аймағының ұлғаюына әкеледі;

- дайындамаларды тегіс орамдарда илектеу кезінде қорытпаның маркасына қарамастан, дайындамаларды бұранда тәрізді біліктермен илемдеуге қарағанда шамасы бойынша жанасу қысымы үлкен;

- бұрандалы орнақтардағы дайындамаларды илектеу-престоу кезінде сорғыштың ұлғаюы матрицадағы жанасу қысымының жоғарылауына әкеледі, бұл қыспалау процесіне тән, ал орамдардағы жанасу қысымы да артады. Мұның бәрі қысу күшінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауымен байланысты;

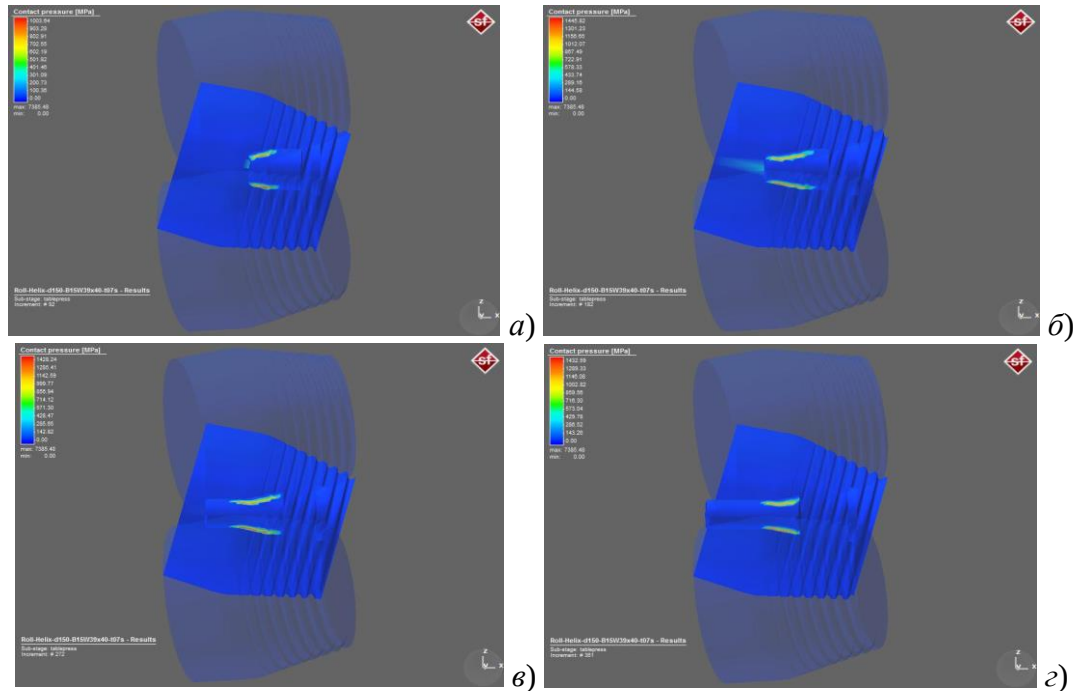
- бұрандалы орнақта илектеу-престоу кезінде біліктердің жанасу қысымының мөлшері матрицадағы жанасу қысымынан үлкен (27 және 30-суреттер). Мұның себебі-дайындаманың матрицамен жанасу бетіне қарағанда дайындаманың біліктермен жанасу беті және қысу күштерінің әсерінен деформация ошағындағы тірек қысымының жоғарылауы;

- домалау-бұрандалы орнағында престоу металдың ораммен және матрицамен жанасу аймақтарында орналасқан шыбықтардың учаскелерінде температураның қарқынды жоғарылауына әкеледі, яғни сорғыштың ұлғаюымен дайындаманың бетіндегі ыстық деформация температурасына дейін температураның біртіндеп жоғарылауы байқалады. Осыған байланысты түсті металдарды ыстық өңдеу үшін бұрандалы машинаны пайдалану ұсынылады. Деформацияға төзімділіктің шамалы мөлшерінде темпера-

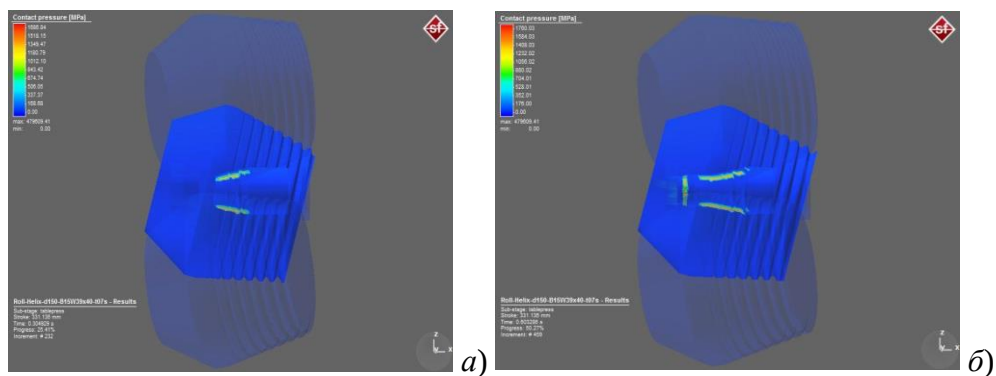
тураның мұндай көтерілуі күтілмейді;

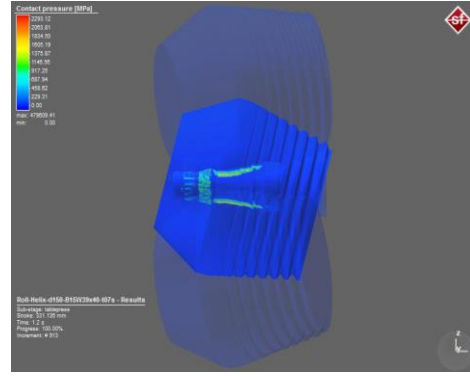
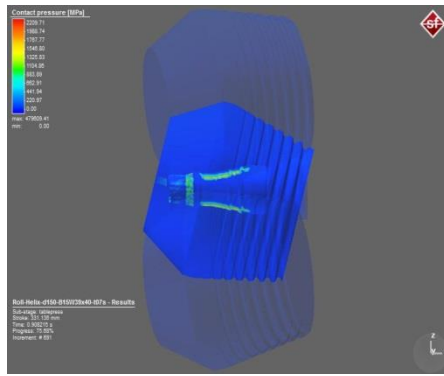
- дайындамаларды бұрандалы орнақта өңдеу кезінде өңдеу күштері сорғыштың ұлғаюымен жоғарылайды;

- дайындамаларды тегіс және бұрандалы орамдары бар винтті орнақта илектеу кезінде қорытпаның маркасына қарамастан, деформация күші бұрандалы орамдары бар бұрандалы орнақтарда дайындамаларды илектеу - престоу кезіндегіден аз болады.

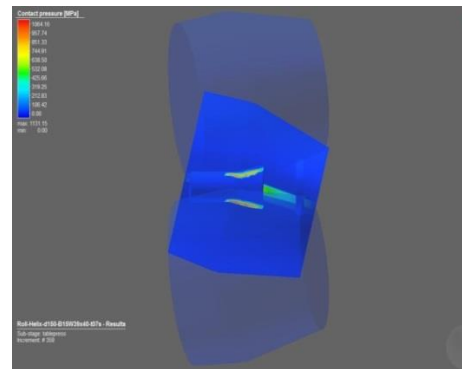
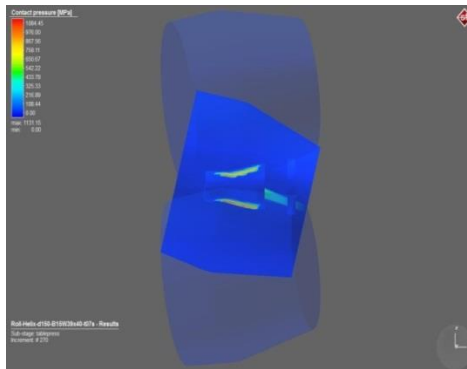
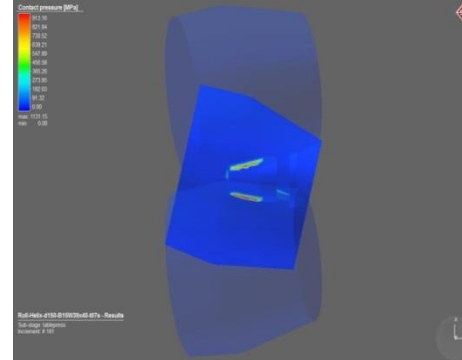
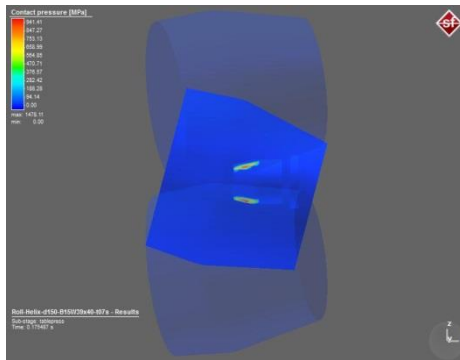


а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100% 43-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орамдары бар бұрандалы орнақта престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті

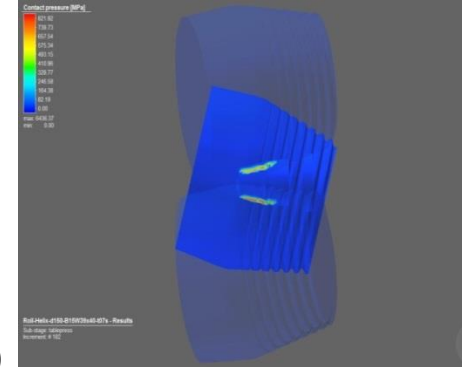
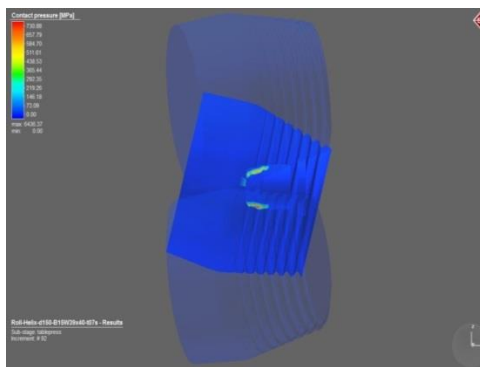


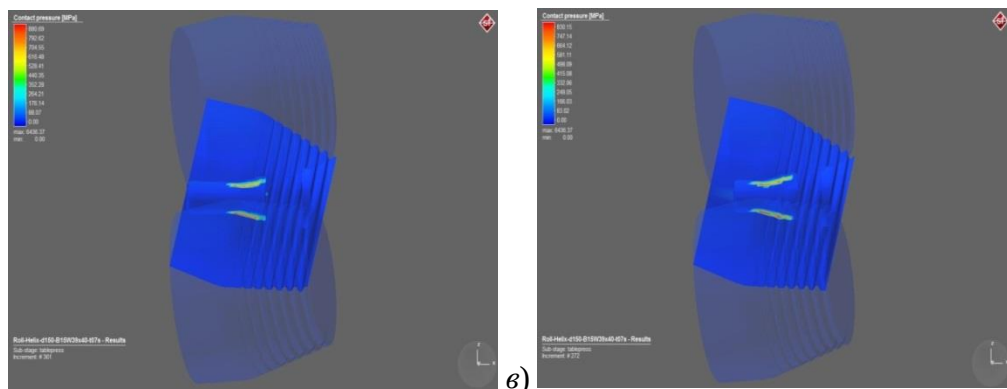


a – бірінші кезең 25%, *б* – екінші кезең 50%, *в* – үшінші кезең 75%; *г* – төртінші кезең 100%
44-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орамдары мен матрицасы бар бұрандалы орнақта престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті

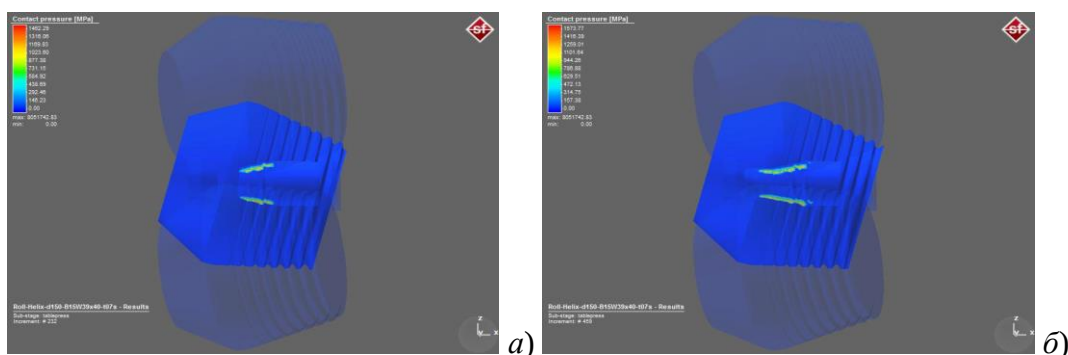


a – первая стадия 25%, *б* – вторая стадия 50%, *в* – третья стадия 75%; *г* – *a* – бірінші кезең 25%, *б* – екінші кезең 50%, *в* – үшінші кезең 75%; *г* – төртінші кезең 100%
45-сурет-Тегіс орамдары бар бұрандалы орнақта алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті

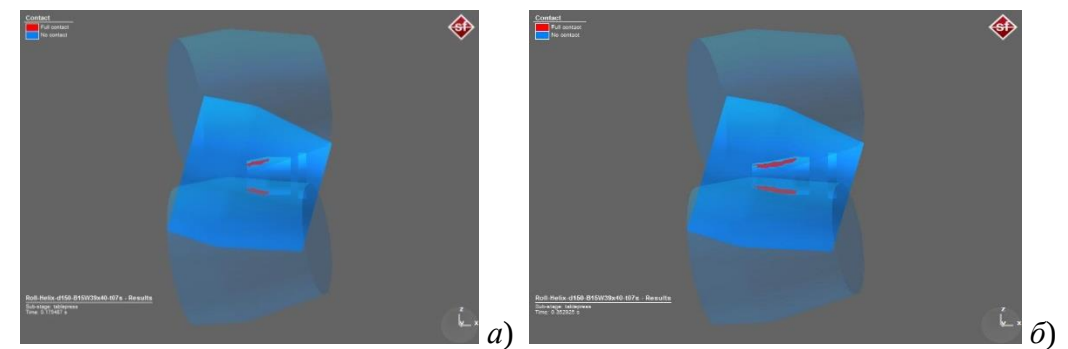


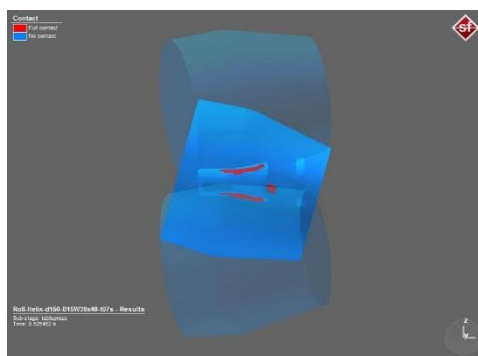


а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
46-сурет-Бұрандалы орамдары бар бұрандалы орнақта алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті

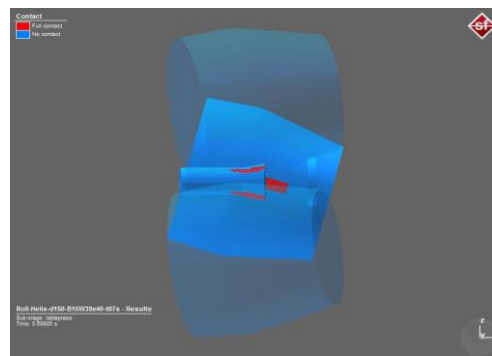


а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
47-сурет-Бұрандалы орамдары мен матрицасы бар бұрандалы орнақта алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде жанасу қысымының таралу суреті



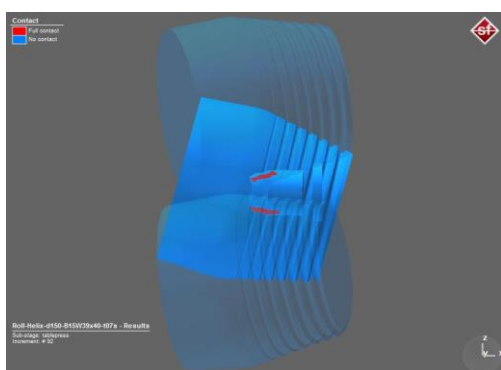


б)

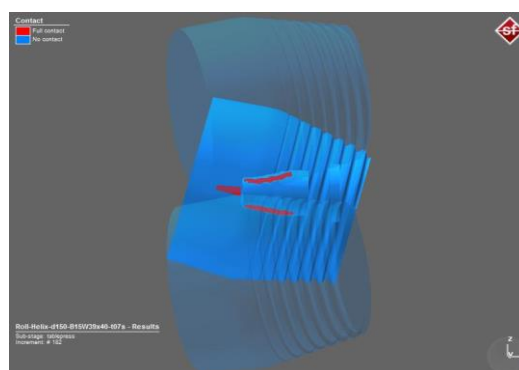


з)

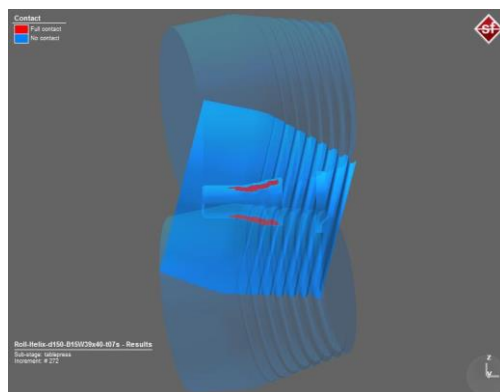
а – бірінші кезең 25%, *б* – екінші кезең 50%, *в* – үшінші кезең 75%; *з* – төртінші кезең 100%
48-сурет-бұрандалы орнақта М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде дайындамамен тегіс орамдардың жанасу алаңы



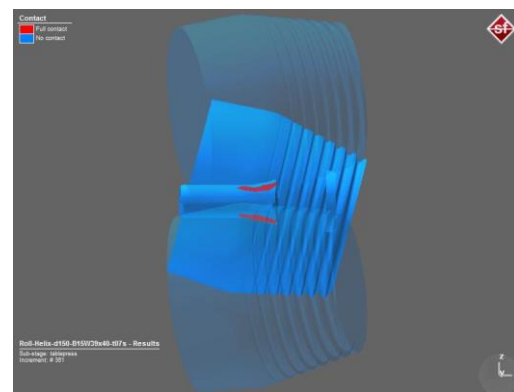
а)



б)



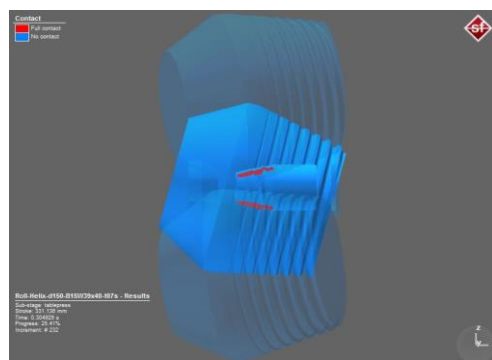
в)



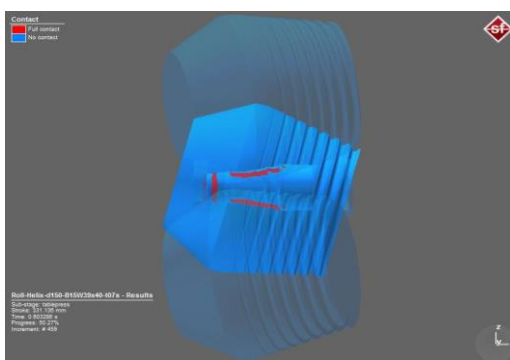
з)

а – первая стадия 25%, *б* – вторая стадия 50%, *в* – третья стадия 75%; *з* – четвертая стадия 100%

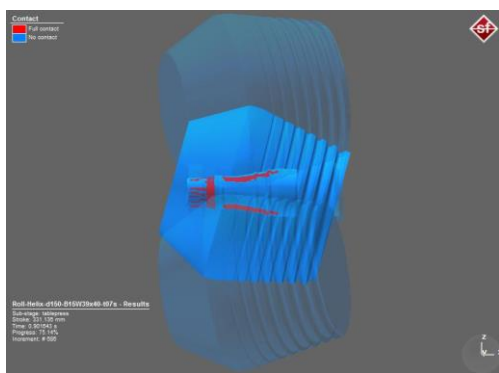
49-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орнақта престоу кезінде бұрандалы орамдардың дайындамамен жанасу алаңы



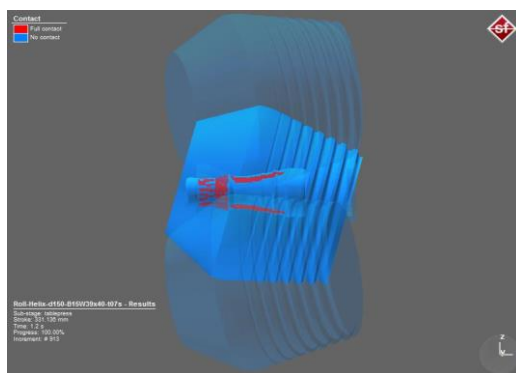
а)



б)

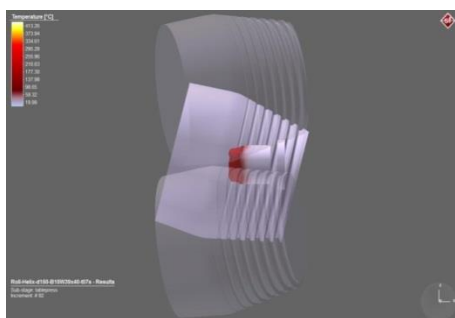


б)

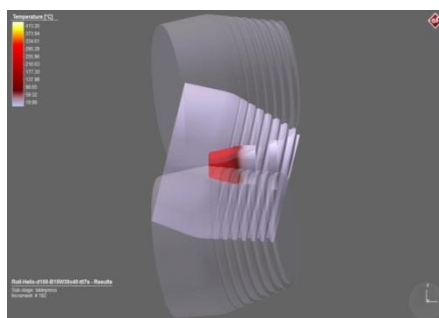


з)

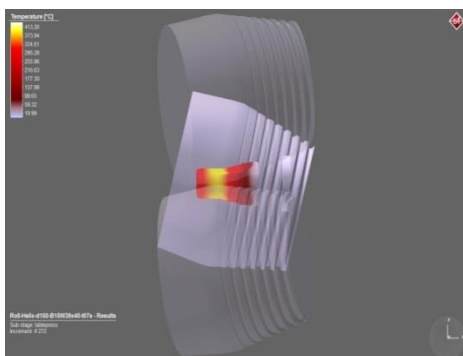
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
50-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орнақта престоу кезінде бұрандалы орамдардың және дайындамамен матрицаның жанасу алаңы



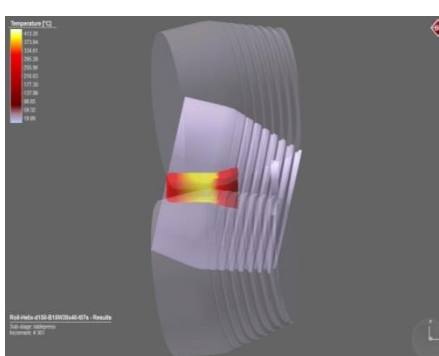
а)



б)

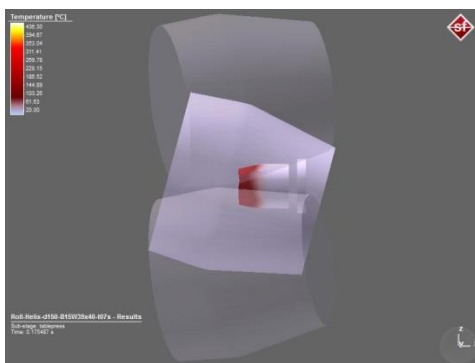


в)

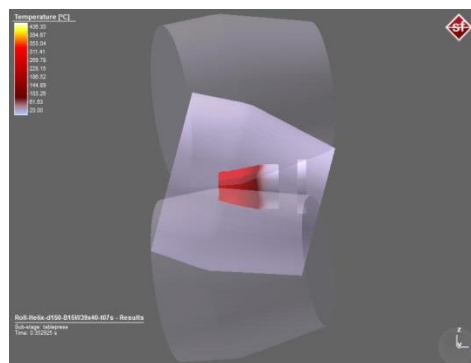


г)

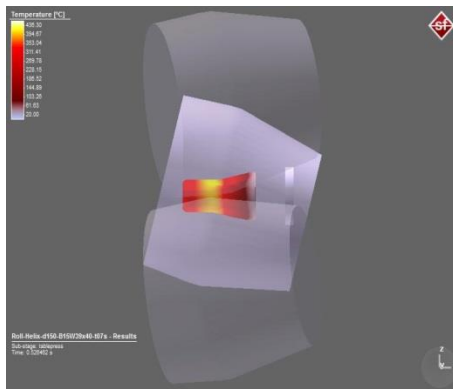
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
51-сурет- алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орамдары бар бұрандалы орнақ престоу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



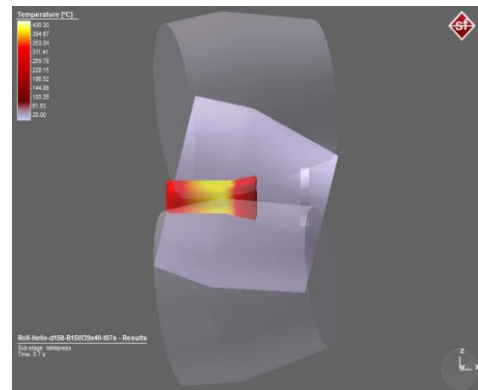
а)



б)

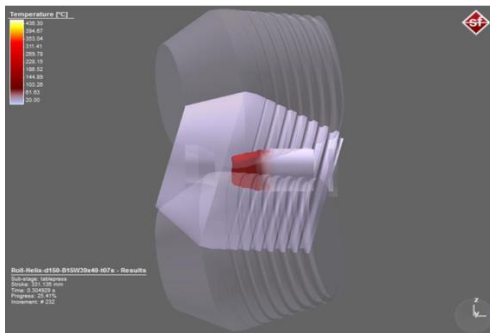


в)

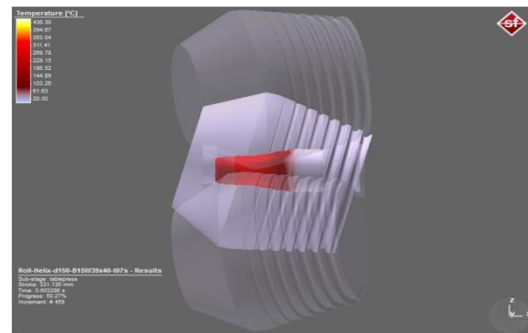


з)

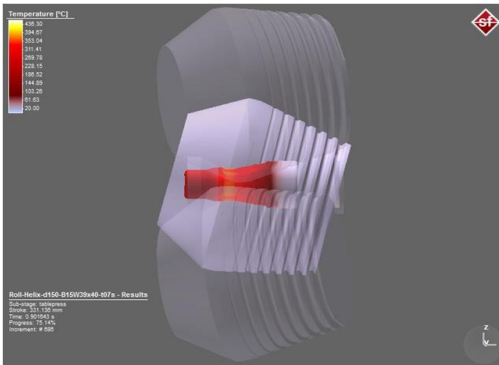
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
52-сурет-Тегіс орамдары бар бұрандалы орнақта алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды престеу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



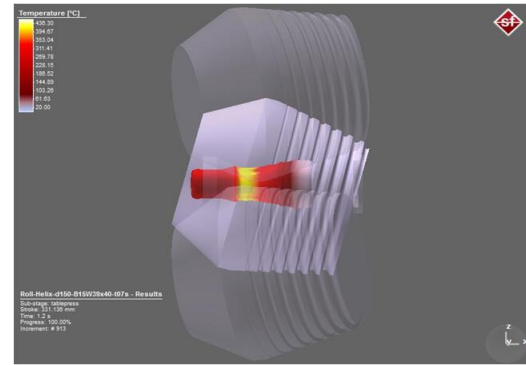
а)



б)

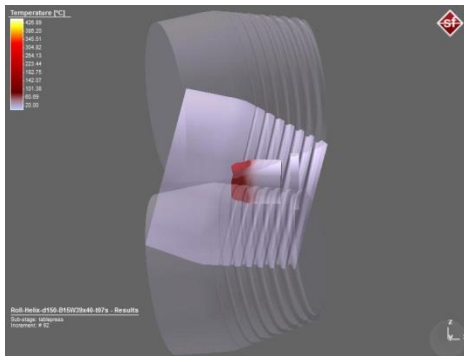


в)

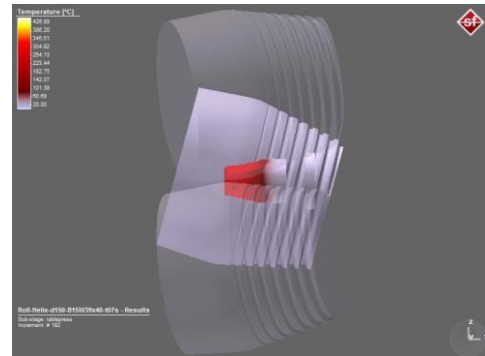


г)

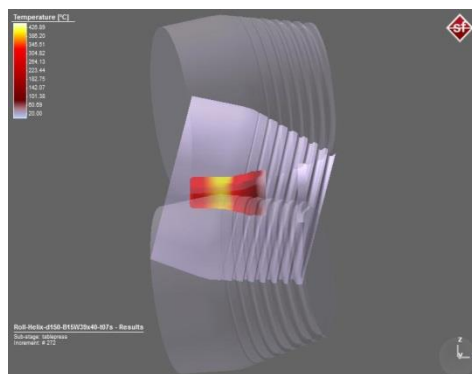
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100%
53-сурет-Бұрандалы орамдары мен матрицасы бар бұрандалы орнақта алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды престеу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



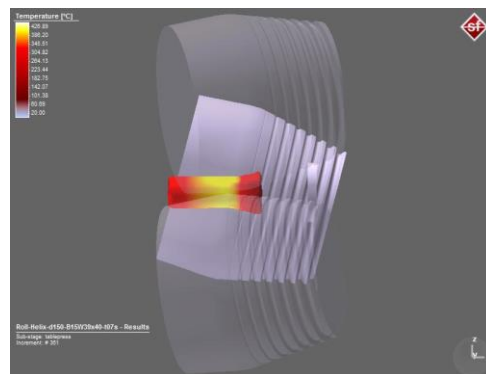
а)



б)

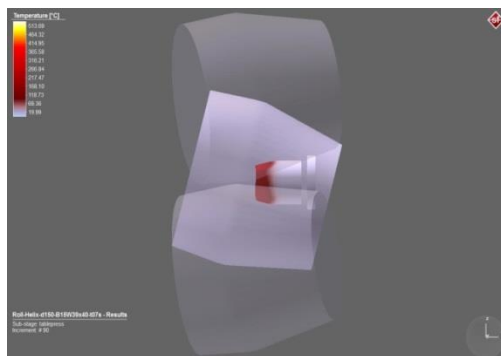


б)

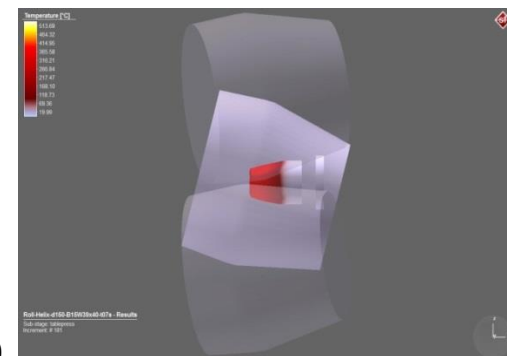


з)

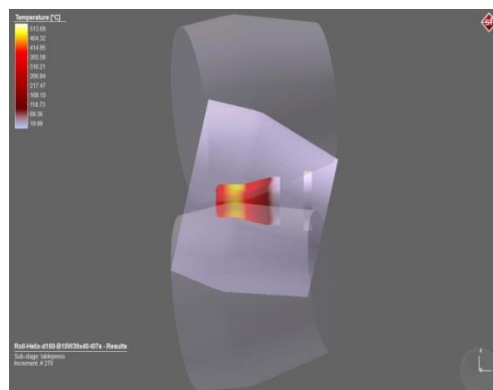
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100% 54-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орамдары бар бұрандалы орнақта престоу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



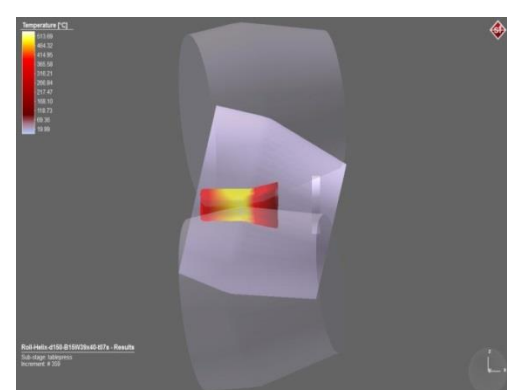
а)



б)

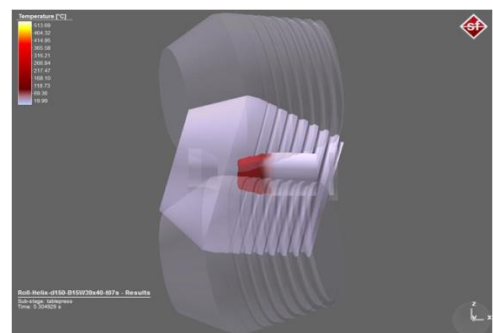


в)

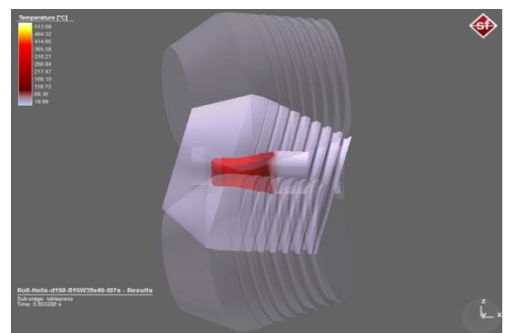


г)

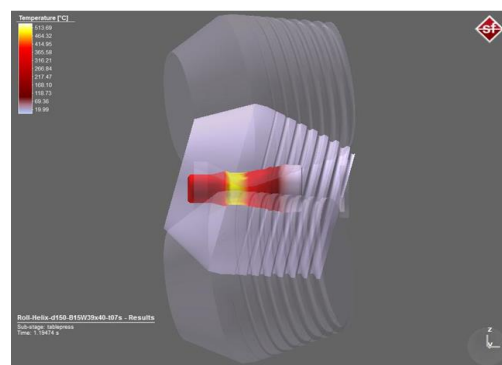
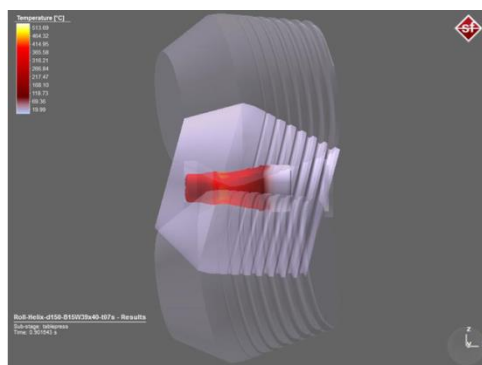
а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100% 55-сурет-Тегіс орамдары бар бұрандалы орнақта М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды престоу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



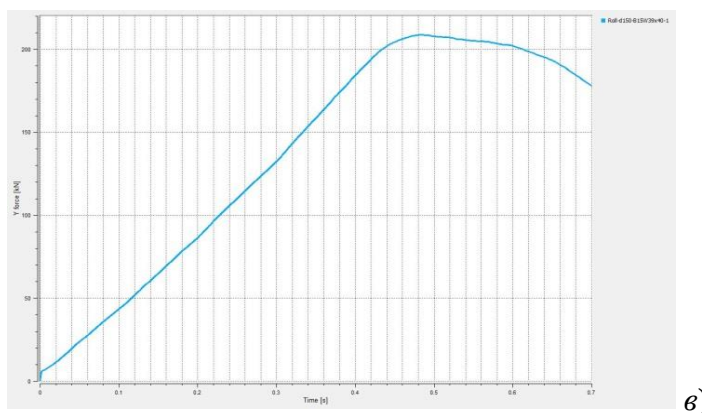
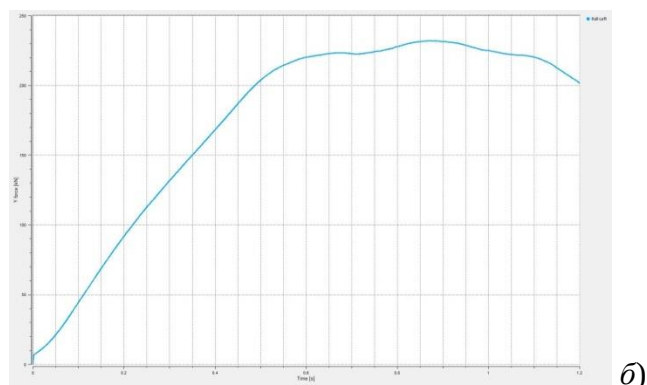
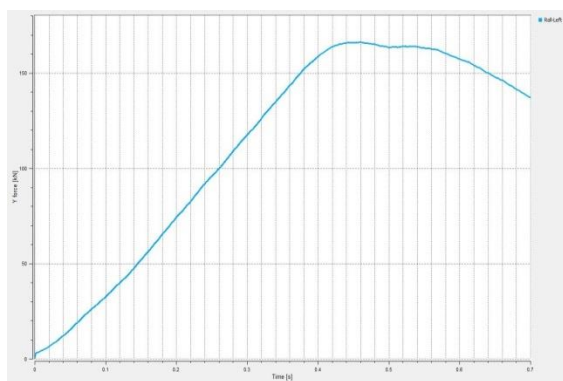
а)



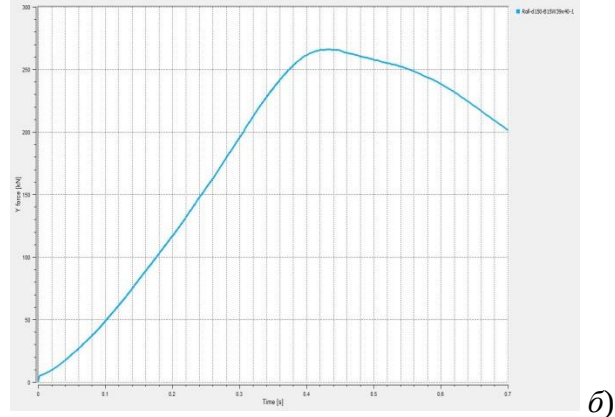
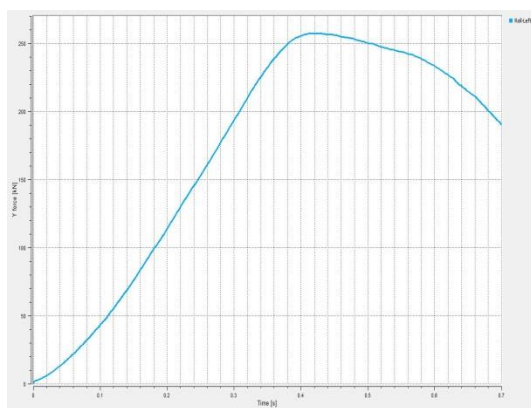
б)

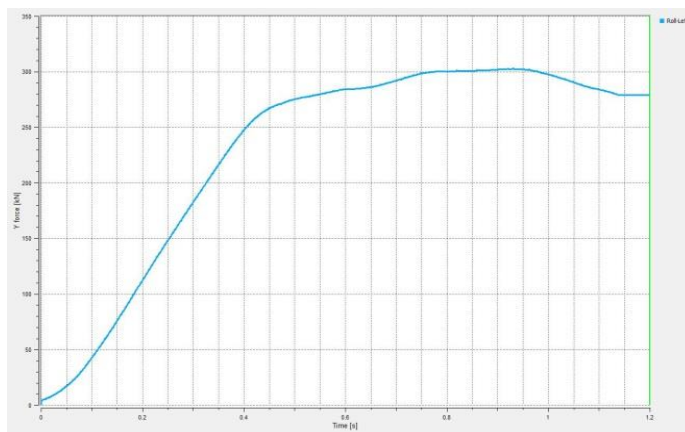


а – бірінші кезең 25%, б – екінші кезең 50%, в – үшінші кезең 75%; г – төртінші кезең 100% 56-сурет-М1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды бұрандалы орамдары мен матрицасы бар бұрандалы орнақ престоу кезінде дайындамадағы температура өрісінің таралу суреті



57-сурет - Алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарды тегіс (А) және бұранда тәрізді (б) орамдармен, сондай-ақ бұранда тәрізді орамдармен және матрицамен (в)винтті орнақта престоу кезінде деформация күштерінің өзгеру суреті





б)

58-сурет-M1 мыс қорытпасынан жасалған шыбықтарды тегіс (А) және бұранда тәрізді (б) орамдармен, сондай-ақ бұранда тәрізді орамдармен және матрицамен (в)бұрандалы орнақта престоу кезінде деформация күштерінің өзгеру суреті

4.4 SIMUFACT.FORMING бағдарламалық кешеніндегі "бұрандалы илемдеу - престоу" бірлескен процесін модельдеу

Энергия мен шикізат ресурстарының сөзсіз ұзақ мерзімді перспективасына байланысты энергияны үнемдейтін технологиялардың рөлі және металдың механикалық және физикалық қасиеттері сияқты салыстырмалы түрде жоғары сапалы сипаттамалары бар металл өнімдерін алу кезінде артады. Энергияны үнемдейтін технологияларды қолданудың осы саласының негізгі бағыттарының бірі субультра және ультра ұсақ түйіршікті құрылымы бар материалдарды алуға мүмкіндік беретін қарқынды пластикалық деформация технологиялары болып табылады.

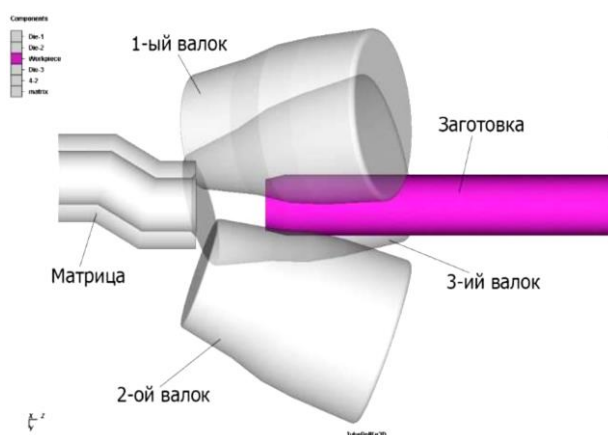
Алайда, осы материалдарға сұраныстың өсуі осындай материалдардан жасалған бұйымдарды өндірудің жоғары құнымен айтарлықтай шектеледі, бұл бірдей жоғары энергия мен оларды өндірудің күрделілігіне байланысты. Субультра - және ультра ұсақ түйіршікті алудың ең кең таралған және зерттелген әдісі-тең арналы бұрыштық престоу [66], дегенмен, осы және басқа да көптеген белгілі процестердің кемшілігі олардың дискреттілігінде, яғни салыстырмалы түрде үлкен ұзындықтағы бұйымдарды өңдеудің мүмкін еместігінде және өңдеу циклдерінің көп санын жүргізу қажеттілігінде. Бұрандалы илемдеу-бұл ультра ұсақ түйіршікті құрылымды тез және үздіксіз алуға мүмкіндік беретін қарқынды пластикалық деформацияның тағы бір әдісі, бірақ мұнда құрылымы прокаттың шеткі бөлігінің жоғары сапалы, тең осьті ультра ұсақ түйіршікті құрылымымен илектеу бағытында созылған түйіршіктердің аздаған шекаралары бар бағдарланған сипатқа ие шыбықтың орталық аймағын зерттеу проблемалары бар.

Үздіксіздікті қамтамасыз ету тең арналы бұрыштық престоу, оны бұрандалы илемдеумен біріктіру арқылы шыбықтың біркелкі емес жұмыс істеу мәселесін шешуге және жалпы өнімділік пен энергия тиімділігін түбегейлі арттыруға мүмкіндік береді. Көлденең-бұрандалы илемдеу және одан кейінгі престоу процесін бұрыштық тең арналы матрицада біріктіру [67, б 220] бірінші деформация ошағында бұрандалы илемдеу кезінде металдың

беткі қабаттарының қарқынды ығысуымен және екінші деформация ошағында бұралумен бұрыштық престоудің қарқынды ығысу деформациясының бірігуімен кернеулі деформация күйінің схемасын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Бұл ретте дайындаманың бірінші деформация ошағында пысықталмаған орталық бөлігі екінші ошақта – сатылы тең арналы бұрыштық матрицада басқа схема бойынша қарқынды пысықталады. Бұл дөңгелек дайындаманың бүкіл көлемінде ультра ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыру үшін жақсы жағдай жасайды. Сонымен қатар, бұралу арқылы бұрыштық престоу параметрлерін зерттеу белгілі бір қызығушылық тудырады.

Шын мәнінде, матрицаның ішіндегі дайындаманың бұралу элементтерімен үздіксіз престоу процесі алынады, бұл дайындама көлеміндегі жинақталған деформация деңгейін арттырады және орталық аймақтың дамуына ықпал етеді. Әдістегідей [67] бұралу арқылы біркелкі емес деформацияға тең арналы бұрыштық престоу кезінде біркелкі және қарқынды ығысу деформациясы қолданылады, бұл бұралудан кейін пайда болған гетерогенділікті тегістейді. Осы жұмыс барысында осы аралас процестің температуралық шарттарын қарастыру мақсатында Simufact.Forming бағдарламалық пакетінде жасалды (59-сурет)



59 - сурет. Бірлескен процестің компьютерлік моделі
"бұрандалы илемдеу-престоу":

Жаңа құрама процестің соңғы элементтерін модельдеу «бұралмалы илемдеу-престоу» жүзеге асырылды. Деформацияланған металдың температурасының өзгеруі оның қуат параметрлеріне айтарлықтай әсер етеді және ұсынылған схема бойынша деформацияға ұшыраған металдың кернеулі-деформациялық күйін зерттеу.

Сондай-ақ, Matilda бағдарламасының микроқұрылымының мамандандырылған дерекқорының көмегімен салынған модельдер негізінде осы біріктірілген процесті жүзеге асыру кезінде металда болып жатқан микроқұрылымдық өзгерістерге талдау жасалды.

4.4.1 Бастапқы модель және температураның таралуы

Simufact.Forming бағдарламалық пакетінде «бұранданы илемдеу-пресстеу» аралас процесінің компьютерлік имитациясының нәтижесінде бұл процестің сәтті моделі алынды (59-суретті қараңыз)

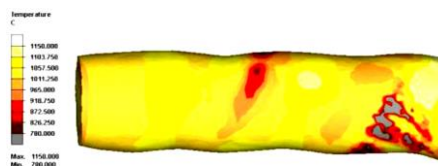
Келесі оңтайлы мәндермен:

- орамдағы үйкеліс коэффициенті-0,8;
- матрицадағы үйкеліс коэффициенті-0,1;
- матрицадағы арналардың қиылысу бұрышы-150°;
- матрица мен орамның деформация аймағы арасындағы қашықтық-15

мм.

Бастапқы дайындама диаметрі 25 мм және ұзындығы 150 мм болатын шыбық болды. Материал ретінде алюминий таңдалды. Роликтердің өлшемдері және олардың орналасуы 10-30 зертханалық илемдеу орнағының құрылымына сәйкес жасалған. Орамдардың айналу жылдамдығы - минутына 100 айналым. Тең арналы сатылы матрицаның диаметрі 21 мм болатын арна болды. дайындаманың температурасы 300 °С, модельдегі барлық құралдардың температурасы 20 °С болды. 60 - суретте дайындаманың температурасының таралуы көрсетілген. Дайындаманың орамдармен жанасу аймағында температура 250-270 °С дейін төмендейді. Матрица арналарының қиылысу аймағында температура 150 °С-қа дейін төмендейді.

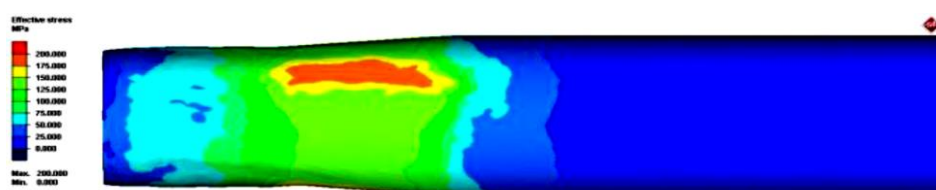
Эквивалентті кернеулерді қарастырған кезде, бұл параметр белгілі бір нүктеде қандай кернеудің әсер ететінін көрсетпейтінін түсіну керек – созылу немесе қысу. Түбір өрнек ретінде оның мағынасы әрқашан оң болады. Ол кернеу әсерінің қарқындылығын көрсетеді, яғни берілген нүктеде кернеу бар ма, жоқ па. Оның мәні берілген нүктеде әрекет ететін барлық кернеулердің орташа мәнін сипаттайды.



60-сурет Температураның таралуы

Кернеулі күй

Бірінші кезеңде, бұрандалы илемдеу процесінде (61-сурет) кернеу орамдардың бүкіл деформация аймағын қамтиды. Металдың орамдармен жанасу аймақтарында оның мәні 150 МПа-ға жетеді, ал жанаспайтын аймақтарда бұл параметрдің мәні 120 МПа-ға жетеді.



61 - сурет Эквивалентті кернеу

Екінші кезеңде, престоу процесінде (61 - сурет) кернеу екі деформация аймағын байланыстыратын кең аумақты қамтиды. Тіреуішпен бойлық илемдеуде мұндай біріктіру болмайды, өйткені дайындаманың бұралуы жоқ, бұл ығысу кернеулерінің өсуіне әкеледі. Кері қысымның әсерінен орамдардың деформация ошағындағы кернеу металдың орамдармен жанасу аймақтарында 190 МПа дейін артады. Байланыссыз аймақтарда бұл параметрдің мәні 140 МПа аралығында болады. Матрица арналарының қиылысу аймағында эквивалентті кернеулер 160 МПа-ға жетеді.

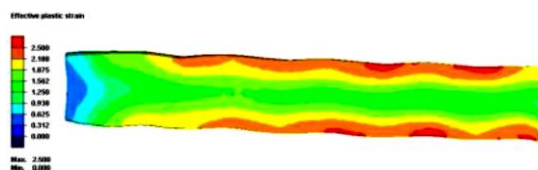
Сондай-ақ, мұнда кері қысым күштерінің әсері нақты бақыланады. Металдың орамдармен жанасу аймағының артында деформацияның физикалық ошақтарының ұзындығы пайда болады, бұл бір мезгілде екі фактордың салдары – матрицаның кері қысымы және дайындаманың бұралуы.

Эквивалентті деформация

Жоғарыда айтылғандай, деформацияланған күйді зерттеу үшін деформацияның қарқындылық көрсеткіші қолданылады. Деформацияның негізгі компоненттерін қамтитын эквивалентті деформация. Бұл параметр кумулятивті болып табылатын жинақталған деформация дәрежесін бақылауға мүмкіндік береді.

Деформацияланған күйді зерттеу кезінде суб ультра түйіршікті құрылымды қалыптастыру үшін қажетті эквивалентті деформациясы ұсақ түйіршікті жоғары деңгейін қамтамасыз ету ғана емес, сонымен қатар бұл параметрді дайындаманың көлденең қимасы бойынша біркелкі бөлу қажет.

Бұрандалы илемдеу процесінде (62- сурет) деформация орамдардың деформация ошағында келесі түрде дамиды: оның мәні беткі қабаттарда 1,2-ге жетеді, орталық қабаттарда бұл параметр 0,7 деңгейінде болады (62 - сурет), яғни эквивалентті деформация мәндерінің айырмашылығы 72% жетеді.



62 - сурет Эквивалентті деформация

Престоу процесінде дайындаманың матрицалық арналар арқылы қозғалуы кезінде ығысу деформацияларын жүзеге асыру арқылы бұл көрсеткіштің айтарлықтай өсуі байқалады. Эквивалентті деформацияның мәні беткі қабаттарда 2,3-ке тең, орталық қабаттарда бұл параметрдің мәні 1,4 деңгейінде, яғни эквивалентті деформация мәндерінің айырмашылығы 64% жетеді. Осылайша, матрица арналары арқылы өткеннен кейін осы параметрдің мәндерінің айырмашылығы 8% - ға төмендеді.

Дайындаманың беткі және орталық қабаттарындағы эквивалентті деформация мәндерін салыстыру бұл параметрдің көлденең қимасы бойынша таралуы өте біркелкі екендігін көрсетті. Сондықтан шыбықтың көлденең

қимасы бойынша эквивалентті деформациялардың біркелкі таралуына қол жеткізу маңызды.

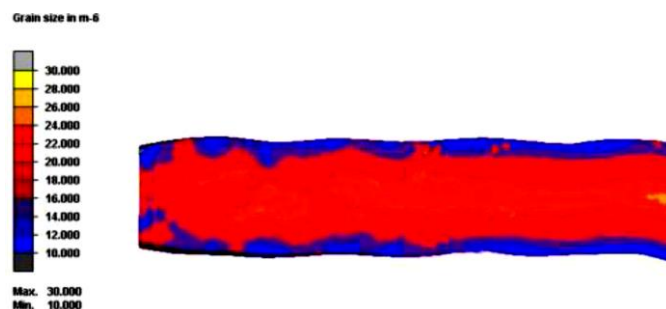
Матрицаларға кіргенге дейін және матрицадан кейін орталық аймақтағы эквивалентті деформация шамасындағы айырмашылық 0,7-ге тең деп қорытынды жасауға болады. Бұл айырмашылық матрицадағы қарапайым ығысуға сәйкес келетін деформацияның бөлігі болып табылады. Осылайша, дайындаманың орталығы матрица арнасынан өткен кезде алдыңғы кезеңнің деформация бағытына перпендикуляр және орталық бөлік құрылымының бағытына перпендикуляр бағытта 0,7-ге тең эквивалентті деформацияны алады. Мұндай деформацияның бірнеше циклі бағдарланған жолақты құрылымдардың тең оське айналуына ықпал етуі мүмкін, осылайша штанганың көлденең қимасындағы қасиеттердің анизотропиясын төмендетеді.

4.5 Микроқұрылым эволюциясын модельдеу

Микроқұрылымның эволюциясын зерттеу үшін Matilda бағдарламасының арнайы микроқұрылым дерекқоры пайдаланылды, ол кернеулі деформацияланған күй деректерін, деформация жылдамдығын және Simufact.Forming, бойынша дайын әзірленген үлгілердің температурасын пайдаланады оларды берілген материалға және оның құрылымына арналған физикалық-химиялық қасиеттер туралы мәліметтермен мәліметтер базасынан толықтырады, содан кейін Yada [66] алгоритмін қолдана отырып, статикалық және динамикалық қайта кристалдану процестерінің параметрлерін есептейді, бұл астық мөлшерінің өзгеруіне әкелуі мүмкін. Түйіршіктің мөлшері ақырлы элемент моделінің әрбір түйіні үшін де есептеледі және модельдеудің соңында бейнелеуге ыңғайлы түрде көрсетіледі.

Осылайша, алюминийге сәйкес келетін алюминийдің қасиеттері туралы мәліметтер бастапқы модельге импортталды. Бағдарламада микроқұрылымды модельдеу кезінде деформацияға дейінгі дайындаманың кез-келген нүктеде бірдей түйір мөлшерімен біртекті құрылымы бар деген болжам қолданылады. Бастапқы өлшем ретінде түйіршіктің орташа мөлшері 30 мкм қабылданды, бұл 7-ші баллға сәйкес келеді [67].

Есептеуден кейін микроқұрылым эволюциясының нәтижелері алынды, олар дайындаманың бетінде және бойлық бөлігінде жеке қарастырылды. Бұрандалы илемдеу процесінде дайындаманың беткі қабаттары қарқынды деформацияға ұшырайды, бұл 8-ші баллға сәйкес келетін 30-дан 20 мкм-ге дейін түйіршікті айтарлықтай ұнтақтауға ықпал етеді. Ығысу деформациясын жүзеге асыру арқылы матрица арналары арқылы өткеннен кейін түйір одан әрі 14 мкм-ге дейін ұнтақталады, бұл 9-шы баллға сәйкес келеді[1161].



63-сурет Түйіршіктің өлшемінің өзгеруі

Дайындаманың орталық қабаттары бұрандалы илемдеу кезінде аз қарқынды деформацияланады, өйткені мұнда түйір мөлшері 30-дан 28 мкм - ге дейін өзгереді. Матрица арналары арқылы өткеннен кейін дайындама аймағы үлкен қызығушылық тудырады. Мұнда түйір орталық аймақта дайындаманың бүкіл көлденең қимасы бойынша ұнтақталады. Түйіршіктің мөлшері 28-ден 22 мкм-ге дейін өзгереді. Осылайша, бір деформация циклынан кейін түйір мөлшерінің айырмашылығы 57% құрайды, бұл осындай біріктірілген процесті жүзеге асырған кезде дайындаманы көлденең қимада өңдеу біркелкі еместігін және қасиеттерді көлденең қимада туралау үшін бірнеше деформация циклін жүргізу қажет екенін тағы бір рет растайды. Сондай-ақ, микроқұрылымды модельдеу нәтижелері эквивалентті деформацияны зерттеу нәтижелерімен жақсы корреляцияланғанын атап өткен жөн, олардың көлденең қимасында таралуы микроқұрылым эволюциясының үлгісіне ұқсас.

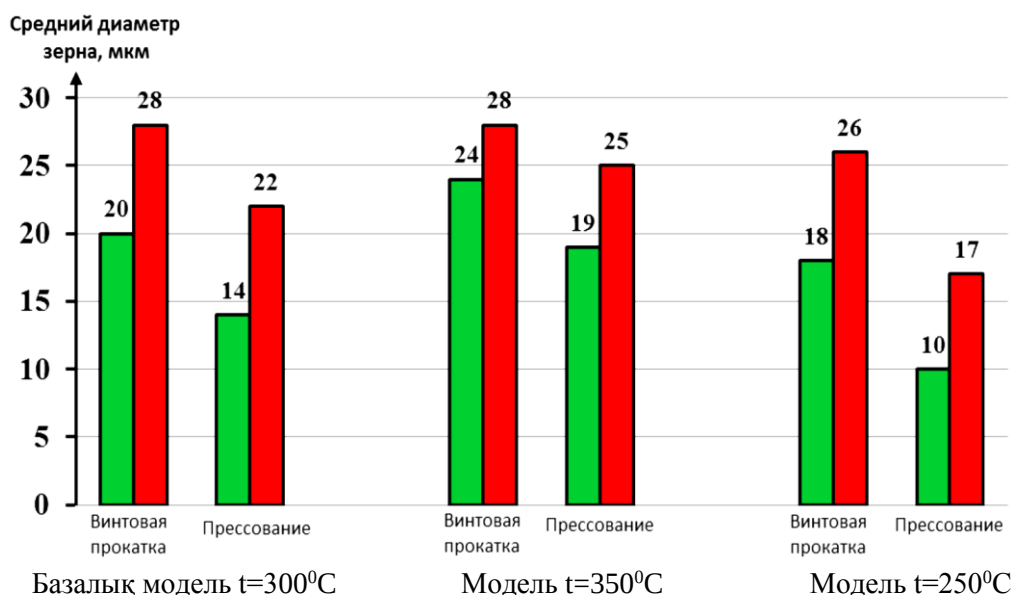
Негізгі модельді зерттегеннен кейін негізгі технологиялық параметрлердің өзгеруінің түйір мөлшеріне қалай әсер ететінін анықтау міндеті қойылды, атап айтқанда - дайындаманың қызу температурасы және деформация жылдамдығы. Бұл опциялар ең икемді, өзгермелі опциялар болғандықтан таңдалды. Пеште дайындаманы қыздырған кезде температураны өзгерту оңай. Бұл біріктірілген процестегі деформация жылдамдығы бұрандалы орнақта илемдеу жылдамдығымен анықталады, оның мәнін жиілік түрлендіргішінің көмегімен өзгерту оңай.

4.5.1 Дайындаманың қыздыру температурасының өзгермелі мәндері бар модельдердегі микроқұрылымның эволюциясы

Температураның микроқұрылым эволюциясына әсерін зерттеу үшін дайындаманың қыздыру температурасы 300 және 250 °C болатын модельдер салынды. Температураның төмендеуі бастапқы түйіршікті ұнтақтаудың күшеюіне әкеледі, ал температураның жоғарылауы бұл процесті баяулатады. Бұл суретте көрсетілген гистограммада айқын көрінеді.

Бұл металды қыздыру температурасының жоғарылауымен статикалық қайта кристалдану процесі едәуір жеделдейді, бұл жағымсыз, өйткені бұл жаңа дәндердің пайда болуына және өсуіне әкеледі. Төмен температурада қайта кристалданудың бұл түрі айтарлықтай баяулайды және түйірді ұнтақтау

деформация процесінде тікелей пайда болатын динамикалық қайта кристалдану әсерінен болады.



64 - сурет Дайындаманың әртүрлі температурасында түйіршік мөлшерінің өзгеруі

Мәндердің таралуын талдау кезінде дайындаманың қыздыру температурасы 1150 °C болатын модельде бұрандалы илемдеу кезінде орталық және беткі аймақтар арасындағы түйіршік мөлшерінің айырмашылығы 17 % болатындығы анықталды; матрицада басылғаннан кейін бұл айырмашылық 32% құрайды. Дисперсияның жоғарылауы жұмыс құралымен байланыста болған кезде дайындаманың қыздыру температурасының жоғарылауына қарамастан, беткі қабаттар орталық қабаттарға қарағанда тезірек салқындатылатындығымен түсіндіріледі. Сондықтан, құралмен жанасу ұзағырақ болатын матрицада деформация болған кезде, беткі аймақта түйірдің қарқынды ұнтақталуы орын алады.

Дайындаманың қыздыру температурасы 250 °C болатын модельде бұрандалы илемдеу кезінде орталық және беткі аймақтар арасындағы түйір мөлшерінің айырмашылығы 44 % құрайды; матрицада басылғаннан кейін бұл айырмашылық 70% жетеді. Орталық және жер үсті аймақтары арасындағы таралудың ұлғаюын ғана емес, сонымен қатар негізгі модельмен салыстырғанда түйірдің жалпы мөлшерінің төмендеуін де атап өткен жөн. Бұл екі фактор да дайындаманың қыздыру температурасының төмендеуінің салдары болып табылады, бұл статикалық қайта кристалданудың төмендеуіне әкеледі[116].

Айта кету керек, дисперсия деңгейінің жоғарылауына қарамастан, төмен қыздыру температурасы бар модель түйірді неғұрлым қарқынды ұнтақтау тұрғысынан оңтайлы болып табылады. Бұл әсіресе жер үсті аймақтарынан әлдеқайда нашар жұмыс істейтін орталық бөліктегі түйіршік мөлшерінің мәндерін салыстырған кезде айқын көрінеді. Деформацияланған күйді зерттеуде көрсетілгендей, жинақталған деформация мәндерін теңестіру үшін

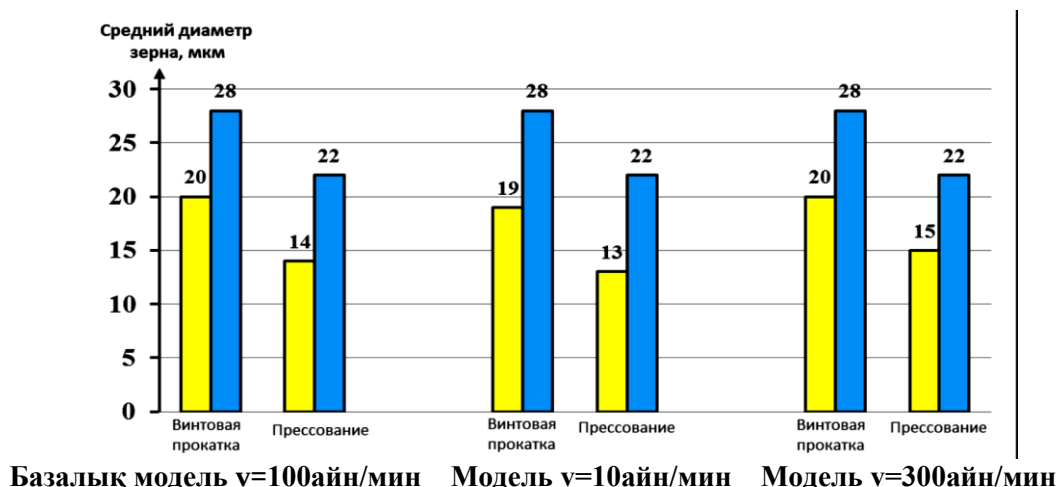
бірнеше деформация өтулерін орындау қажет. Бұл жағдайда ол түйір мөлшерінің таралуын азайтады. Сондықтан кейінгі көп өтпелі деформация үшін дайындаманың қыздыру температурасын 250 °C-қа тең пайдалану туралы шешім қабылданды.

4.5.2. Деформация жылдамдығы өзгертін модельдердегі микроқұрылымның эволюциясы

Деформация жылдамдығының микроқұрылым эволюциясына әсерін зерттеу үшін әр түрлі илемдеу жылдамдығымен қосымша модельдер құрып, оларды орамдардың айналу жылдамдығы минутына 100 айналымға тең болатын негізгі модельмен салыстыру қажет болды.

Бұрандалы илемдеу орнағы жиілік түрлендіргішінің көмегімен роликтердің айналу жылдамдығын реттеу жүйесімен жабдықталғандықтан, илемдеу жылдамдығының экстремалды мәндерінде түйір мөлшерінің өзгеруін зерттеу туралы шешім қабылданды. Атап айтқанда, біліктердің ең төменгі технологиялық айналу жылдамдығы 10 айн/мин. мүмкін болатын ең жоғары айналу жылдамдығы 300 айн/мин. Бұл таңдау көптеген жұмыстардың арқасында жасалды [85,116] бұрандамалы илемдеу-престеу зерттеуінде деформация жылдамдығының салыстырмалы түрде аз диапазонда өзгеруі (3-5 рет) түйіршік мөлшерінің өзгеруіне әсер етпейтіні дәлелденді.

65 - суретте көрсетілген микроқұрылымды модельдеу нәтижелері жоғарыда келтірілген зерттеулердің нәтижелерін растады. Деформация жылдамдығын 10-нан 300 айн/мин-ге дейін өзгерту арқылы дайындаманың микроқұрылымы іс жүзінде өзгермейді. Түйірлердің орташа диаметрінің шамалы өзгеруі (1-2 мкм) тек төмен илектеу жылдамдығымен беткі аймақта болады. Бұл деформация жылдамдығы төмендеген кезде дайындаманың құралмен ұзағырақ байланыста болуына тікелей байланысты, нәтижесінде беткі қабаттар көбірек салқындатылады.



66 - сурет Деформация жылдамдығы өзгерген кезде түйіршік мөлшерінің өзгеруі

Бұл жерде деформация жылдамдығының өзгеруі практикалық шешім болмайтынын атап өткен жөн. Біліктердің айналу жылдамдығының жоғарылауы илемдеу тұғырында динамикалық жүктемелердің артуына әкеледі, бұл теріс фактор. Деформация жылдамдығының шамадан тыс төмендеуі де жағымсыз, өйткені бұл дайындаманың айтарлықтай салқындауына және статикалық қайта кристалдану салдарынан ірі дайындамалардың орталық бөліктерінде астықтың өсуіне әкеледі[116].

Процесті зерттеу кезінде тең арналы бұрыштық престоу деформация температурасының төмендеуі жұқа құрылымның қалыптасуына қолайлы жағдай екендігі анықталды. Алайда, бірлескен процесті жүзеге асырған кезде, дайындама соншалықты салқындаған кезде, орнақ дайындаманы матрицаның арналары арқылы итере алмайтын жағдай туындауы мүмкін. Сондықтан кейінгі көп өтпелі деформация үшін минутына 100 айналымға тең базалық модельдің деформация жылдамдығын пайдалану туралы шешім қабылданды

4.5.3 Бірнеше деформация циклдарынан кейінгі микроқұрылымның эволюциясы

Көп өтпелі деформацияның бастапқы моделі дайындаманың төмен қыздыру температурасы 250 °C болатын модель болды, ол ең оңтайлы деп анықталды. 2 және 3 өткелдердегі деформация келесі жағдайларда жүзеге асырылды:

- екінші өту: диаметрі 20 мм болатын дайындама диаметрі 17 мм-ге дейін илектеліп, диаметрі 18 мм каналы бар матрица арқылы басылды;
- үшінші өту: диаметрі 17 мм дайындама диаметрі 14 мм-ге дейін илектелген және диаметрі 15 мм арнасы бар матрица арқылы өткізілген.

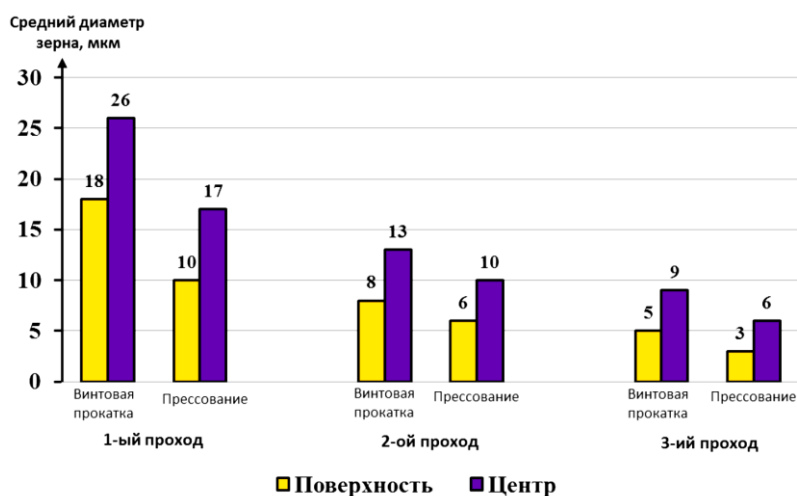
Нәтижесінде келесі мәліметтер алынды (67-сурет). Бұрандалы илектеуден кейінгі бірінші өтуде орталық және беткі аймақтар арасындағы орташа түйір диаметрінің айырмашылығы 8 мкм болды; матрицада басылғаннан кейін бұл айырмашылық 7 мкм-ге жетті.

Екінші өту кезінде бұрандалы илемдеу процесінде түйіршікті ұнтақтау бірінші өту сияқты қарқынды емес. Бұл осы өткелдегі қысу 3 мм болғандығына байланысты, бұл бірінші өткелдегіден аз-5 мм. мұнда жер үсті аймағындағы түйірдің орташа мөлшері 8 мкм, орталық аймақта 13 мкм, яғни айырмашылық 5 мкм болды. Матрицадағы кейінгі престоу кезінде түйіршіктің орташа диаметрі жер үсті аймағында 6 мкм-ге және орталық аймақта 10 мкм-ге дейін қысқарды. Бұл жағдайда айырмашылық 4 мкм-ге дейін азаяды.

Бұрандалы илектеуден кейінгі үшінші өту кезінде жер үсті аймағындағы түйірдің орташа диаметрі 5 мкм, орталық аймақта 9 мкм болды, яғни айырмашылық 4 мкм болды. Матрицада басылғаннан кейін түйірдің орташа мөлшері жер үсті аймағында 3 мкм-ге, ал орталық аймақта 6 мкм-ге дейін азайды, яғни мәндер айырмашылығы тек 3 мкм болды.

Осылайша, көп өтпелі деформация моделін зерттегеннен кейін, өтулер санының артуымен түйіршіктің орташа диаметрінің жалпы төмендеуі ғана

емес, сонымен қатар бұл параметрдің орталық және беткі аймақтар арасында біртіндеп туралануы да анықталды



68 - сурет Көп өтпелі деформация кезінде түйіршік мөлшерінің өзгеруі

4.6 Жаңа конструкциядағы бұрандалы орнақта шыбықтарды илемдеудің ұтымды технологиялық процесін әзірлеу

Ыстық бұрандалы илемдеу мен престеуді біріктіру шағын диаметрлі металл шыбықтарды немесе ұсақ түйіршікті құрылымы бар сымдарды алады. Жаңа дизайндағы бұрандалы орнақта шыбықтар мен сымдарды ыстық деформациялаудың ұтымды технологиясын жасау үшін физикалық модельдеу қолданылды. Ұсынылған орнақта біріктірілген илемдеу және престеу дайындаманың айналмалы - прогрессивті қозғалысымен жүзеге асырылатындығына байланысты физикалық модельдеу үшін бұралу және созылу бұралу операциясы қолданылды.

Осы операциялардың көмегімен біріктірілген процестің температуралық-деформациялық параметрлерінің алюминий қорытпасының құрылымының эволюциясына әсері зерттелді, жаңа конструкцияның бұрандалы орнағында шыбықтар мен сымдардың ыстық пластикалық деформациясын физикалық модельдеу үшін STD 812 бұралу пластометрі қолданылды [116]. Кескінді қыздыру индукторда жүзеге асырылады, дайындаманың материалы ретінде алюминий қорытпасы таңдалды, одиодты және салыстырмалы түрде ірі түйіршікті құрылымы бар үлгілерді дайындау үшін диаметр 10 мм болатын шығыс штангалық дайындама 30 сағат ішінде 270 °C температурада гомогенизацияланған күйдіруге ұшырады.

Бұрандалы орнақта шыбықтар мен сымдарды жасау кезінде негізгі өзгертін технологиялық параметр-беру бұрышы және илектену бұрышы. Бұл көрсеткіштер деформацияның жылдамдығы мен дәрежесіне де, өндеу температурасына да әсер етеді. Сондықтан күйдірілген шыбықтардан өлшемі 016×210 мм (деформация аймағының ұзындығы 60 мм) дайындалған үлгілер әртүрлі деформация жылдамдықтарында бұралу және созылу бұралуымен деформацияланды, үлгілерді сынау вакуумда жүргізілді, үлгілер 5 °C/c

жылдамдықпен 200, 300, 400 °C температураға дейін қыздырылды, осы температурада ұсталды 250с және 1,0 және 30 с⁻¹ деформация жылдамдығымен сыналды.

Металлографиялық талдау жүргізу үшін Neophot 32 әмбебап микроскопы (Carl Zeiss, Jena) (Германия) қолданылды. NEOPHOT 32 микроскопы металлографиялық микроскопияға және суретке түсіруге арналған. Үлгілердің микроқаттылығын өлшеу Wikkors HV әдісімен американдық INSTRON фирмасының автоматтандырылған микроқаттыландырғышында 2,942 Н жұмыс жүктемесінде және осы 10 сек жүктеме кезінде экспозиция уақытында жүргізілді.

4.7 Айнымалы құрылымның эволюциясын зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жұмыста деформацияланған штанганың көлденең қимасында алюминий қорытпасының микроқұрылымының алынған бейнесі 69-71 суреттерде көрсетілген. Негізінде алюминий қорытпасының микроқұрылымын зерттеу мынаны анықтады:

- бастапқы құрылымда орташа мөлшері 368 мкм болатын салыстырмалы түрде біркелкі бөлінбеген ірі түйіршіктер бар;

- 200 °C температурада 1 с деформация жылдамдығымен бұралу арқылы деформацияланған үлгілер үлгінің орталық және беткі аймағында салыстырмалы түрде ірі түйіршікті құрылымға ие болды (69-сурет, а, б), түйіршіктердің орташа мөлшері 163 мкм-ден 315 мкм-ге дейін өзгерді.

- деформация жылдамдығын 30 с дейін арттыру 200 °C сынақ температурасында дайындаманың беткі аймағында түйіршік мөлшерінің қарқынды төмендеуіне әкелді, ал орталық аймақта салыстырмалы түрде ірі түйіршікті құрылым болды (69-сурет). Бұл жағдайларда жер үсті аймағындағы түйіршіктердің орташа мөлшері 52 мкм, ал орталық қабаттарда 253 мкм болды.

- 300 °C температурада 1 с⁻¹ деформация жылдамдығымен үлгілердің бұралуы да көп түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелді (70-сурет). Беткі аймақтағы түйіршіктердің орташа мөлшері 28 мкм, ал орталық қабаттарда 57 мкм болды;

- үлгілерді 300 °C температурада, бірақ 30 с деформация жылдамдығымен сынау - сонымен қатар түйіндердің орташа мөлшерінің 34 мкм - ден (беттік аймақ) 69 мкм-ге (Орталық аймақ) өзгеруімен салыстырмалы түрде көп түйіршікті құрылымның пайда болуына ықпал етті (70-сурет) - 400 °C температурада және деформация жылдамдығында үлгілердің деформациясы 1 және 30 с салыстырмалы түрде ірі түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелді түйір өлшемдерінің өзгеруі 263 - 271 мкм (беткі қабат) және 293 - 302 мкм (үлгінің орталық аймағы).

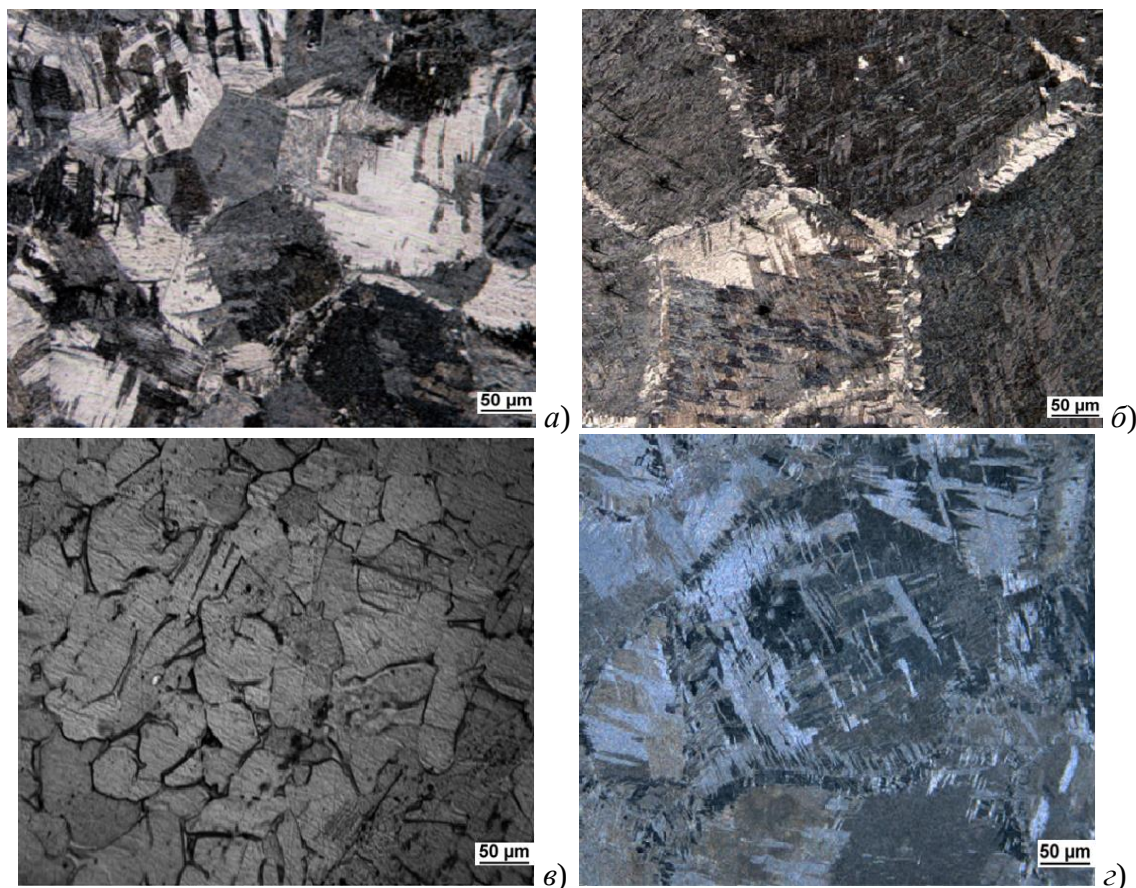
- 1 с деформация жылдамдығымен 200 °C температурада созылу бұралуымен үлгілердің деформациясы орташа түйіршік мөлшері 62 мкм болатын біртекті салыстырмалы түрде ірі түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелді (71-сурет);

- температураның 200 °C дейін көтерілуі және 30 с жылдамдықпен деформациялануы сыналатын үлгінің бүкіл қимасы бойынша түйіршік мөлшері 73 мкм болатын біртекті салыстырмалы түрде ұсақ түйіршікті құрылымды алуға мүмкіндік берді (71-сурет);

- 1с деформация жылдамдығымен созылатын бұралу 300 °C температурада деформацияланған үлгілерде 36 мкм түйір мөлшері бар біртекті салыстырмалы түрде ұсақ түйіршікті құрылымды алуға мүмкіндік берді (71-сурет);

- 300 °C температурада бұралу созылуы және 30 с жылдамдықтағы деформация сынақ үлгісінің бүкіл қимасы бойынша біркелкі, салыстырмалы түрде ұсақ түйіршікті құрылымға әкелді. Бұл ретте түйірлердің орташа мөлшері 18 мкм-ге тең болды (71-сурет, г);

- 400 °C температурада бұралу және 1 және 30 с деформация жылдамдығымен созылу үлгінің көлденең қимасы бойынша салыстырмалы түрде біртекті, бірақ ірі түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелді. Түйір мөлшерінің өзгеруі 182 - ден 211 мкм-ге дейін (71-сурет).



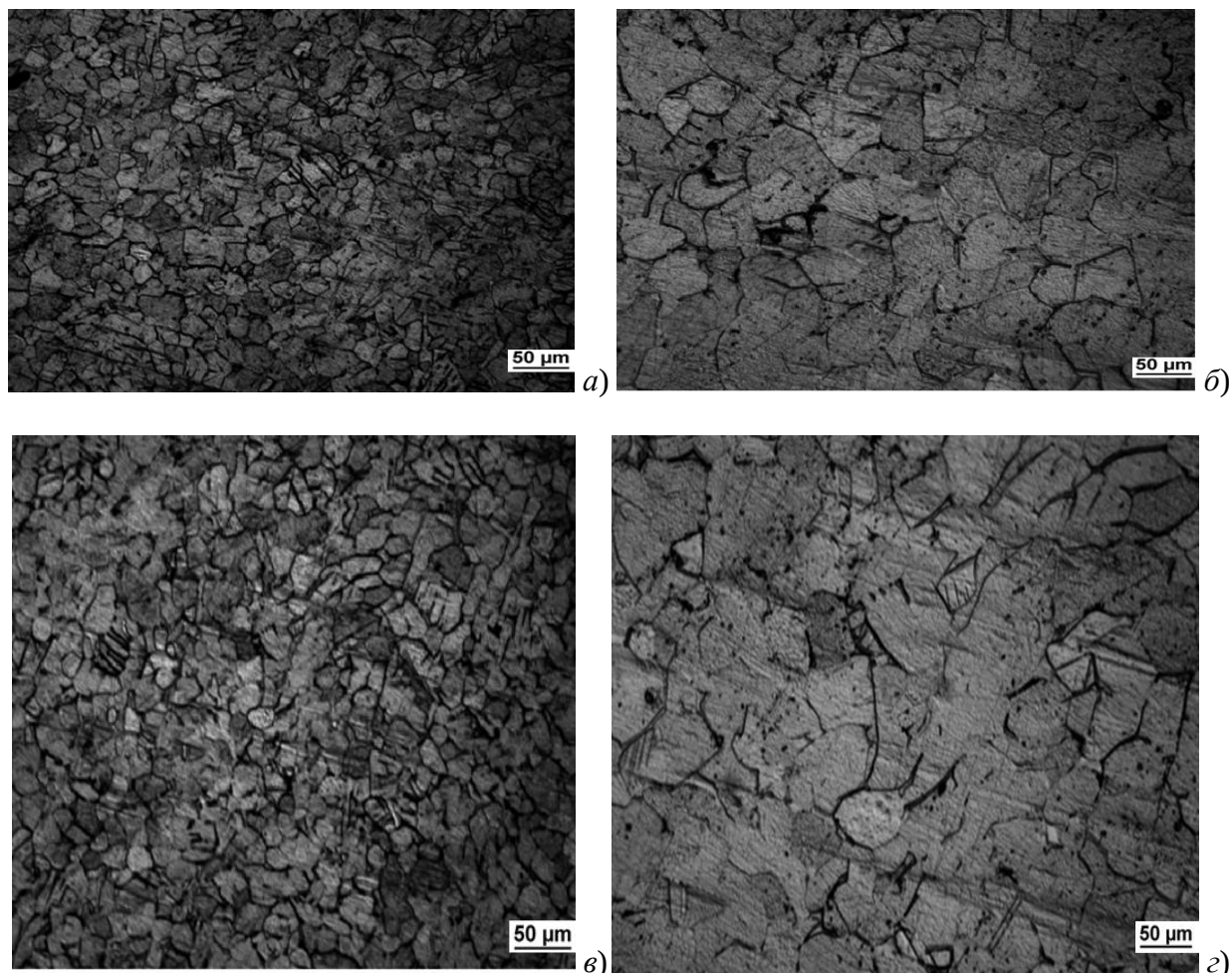
а- беттік қабат, 1 с⁻¹; б – орталық аймақ, 1 с⁻¹;

в - беттік қабат, 30 с⁻¹; г - орталық аймақ, 30 с⁻¹

69-сурет-200 °C температурада бұралу арқылы деформацияланған үлгілердің беттік және орталық аймағының микроқұрылымы

Алынған құрылымдардың кескіндерін салыстыра отырып, бұралу арқылы деформация құрылымның өзектің көлденең қимасында біркелкі

ұнтақталуына жол бермегенін көруге болады. Көп жағдайда үлгінің беткі қабатында ұсақ түйіршікті құрылымы бар учаскелер бар, ал орталық аймақтарда үлкен түйіршіктер көрінеді. Беттік аймақтардың фрагментациясының себебі және дайындаманың ортасында ірі түйіршікті құрылымның сақталуы үлгіні бұрау арқылы деформациялау кезінде дайындаманың беткі аймағында деформация дәрежесінің шоғырлануы деп санаймыз[111-115].

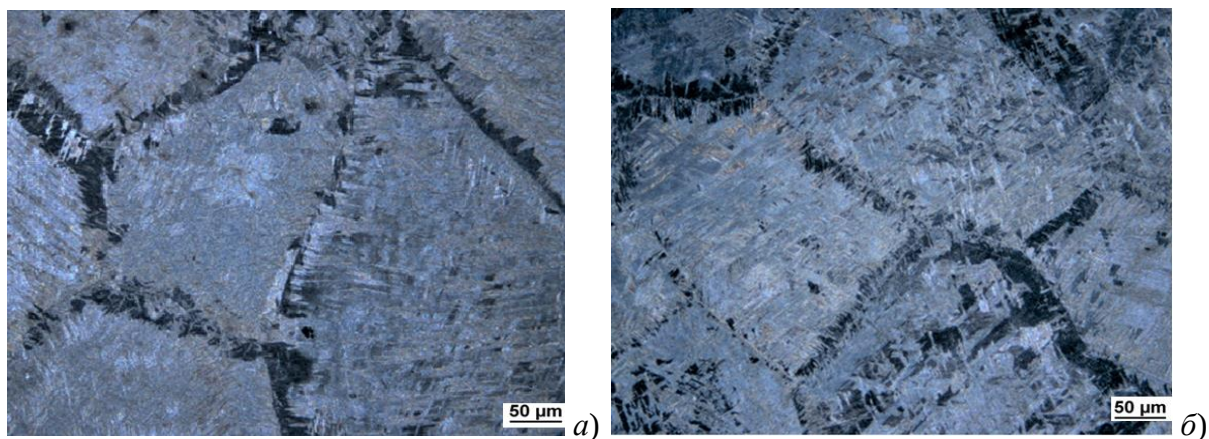


a - беттік қабат, 1 c^{-1} ; *б* – орталық аймақ, 1 c^{-1} ;

в - беттік қабат, 30 c^{-1} ; *г* - орталық аймақ, 30 c^{-1}

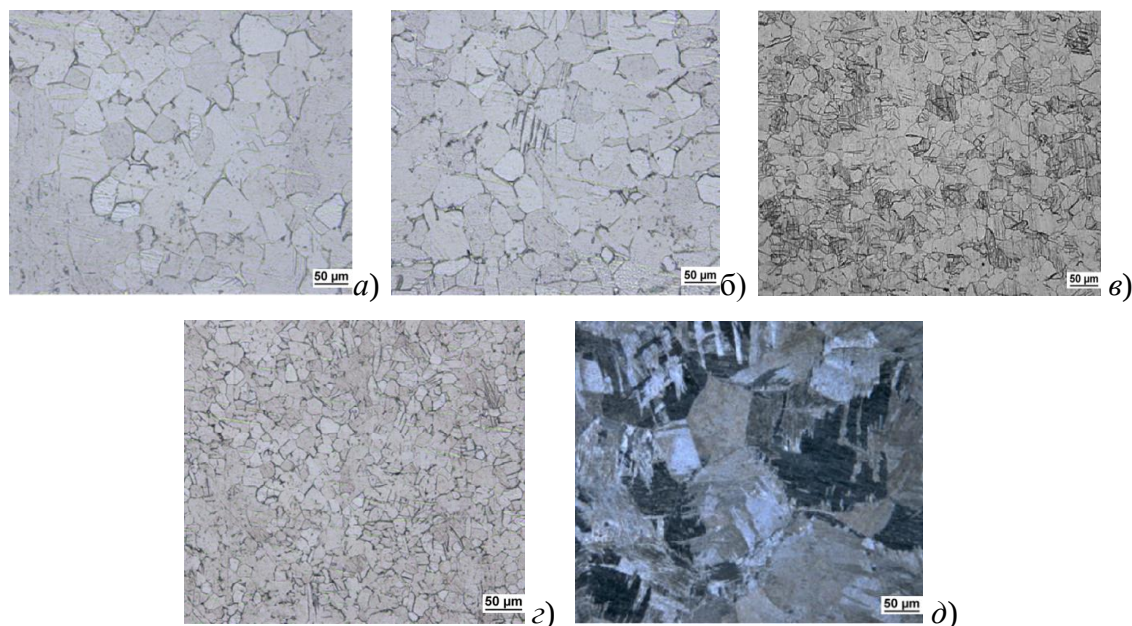
70 - сурет 2-300 °C температурада бұралу арқылы деформацияланған үлгілердің беттік және орталық аймағының микроқұрылымы

Айта кету керек, құрылымдардың қалыптасуындағы мұндай айырмашылық әсіресе 200 °C температурада 1 c^{-1} с деформация жылдамдығымен бұралу арқылы үлгілердің деформациясы кезінде көрінеді. эксперимент нәтижелері көрсеткендей, берілген температуралық деформация жағдайында үлгілердің бұралуы пластикалық деформацияның аз жылу әсерін тудырады. Үлгінің жұмыс бөлігінің температурасы оның бастапқы температурасымен салыстырғанда 250 °C-қа артады.



71 - сурет 400 °С температурада 1 с^{-1} (а) және 30 с^{-1} (б) деформация жылдамдығымен бұралу арқылы деформацияланған үлгілердің беткі және Орталық аймағының микроқұрылымы

Металлографиялық зерттеудің нәтижелері көрсеткендей, температураның осындай көтерілуімен үлгінің орталық аймағының құрылымында қатайту және босату процестері негізінен қайтару және полигондау механизмі бойынша жүреді. Деформацияның бастапқы кезеңінде дайындаманың металл құрылымында динамикалық қайтару жүреді, ал кернеулердің үздіксіз өсуімен - полигонизация. Бұл ретте металл құрылымында анықталмаған полигондау өтеді. Металл құрылымында анықталмаған полигондау процесінің өтуіне байланысты үлгіде салыстырмалы түрде үлкен өлшемдегі біркелкі емес түйіршік пен суб түйіршік түзіледі. Айта кету керек, бұл температуралық - жылдамдықты деформация жағдайында үлгінің бетінде анықталмаған динамикалық қайта кристалдану және түйіршіктердің орташа мөлшері бар құрылым қалыптасады.



а - 1 с^{-1} , 200 °С; б - 30 с^{-1} , 200 °С; в - 1 с^{-1} , 300 °С; з - 30 с^{-1} , 300 °С; д - 1 с^{-1} , 400 (е) °С

72 - сурет Әртүрлі температуралар мен деформация жылдамдығында созылу бұралуымен деформацияланған үлгілердің микроқұрылымы

Зенер – Холомон (Z) параметрін және активтендіру энергиясын есептеу әдістемесі

Зенера – Холомона (Z) параметрін есептеу үшін формула қолданылды:

$$Z = \dot{\varepsilon} \cdot \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) = f(\sigma), \quad (4.4)$$

Мұнда, $\dot{\varepsilon}$ – деформация жылдамдығы; Q – ыстық деформацияны белсендіру энергиясы; R – әмбебап газ тұрақтысы ($8,31 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$); T – абсолютті температура, K.

Бұл параметрді есептеу жұмыста сипатталған әдістемеге сәйкес жүргізілді [116].

Гиперболалық синусты қолдану кез келген кернеу мәндерінде және ыстық деформация түрінде Z кернеуіне тәуелділіктің анағұрлым адекватты жуықтауын береді:

$$Z = f(\sigma) = C \left[\sinh(\gamma \sigma_p) \right]^n, \quad (4.5)$$

мұнда, σ_p – шектік кернеу; C, γ , и n – аппроксимация параметрлері.

σ -ε қисықтарын өңдеу және белгісіз параметрлердің барлық қажетті мәндерінің ең кіші квадраттарын есептеу нәтижесінде активтендіру энергиясының мәні келесі формула бойынша табылды [1].

$$Q = Rn \left[\frac{\partial \ln \left[\sinh(\gamma \sigma_p) \right]}{\partial \left(\frac{1}{T} \right)} \right]_{\dot{\varepsilon} = \text{const}} \quad (4.6)$$

Активтендіру энергиясының мәні: Q = 221 кДж / моль. Алынған Q мәнін қолдана отырып, таңдалған деформация режимдері үшін Зенер-Холомон z параметрі есептелді (300 °C – Z = $1,44 \cdot 10^{20}$; 400 °C – Z = $1,45 \cdot 10^{17}$; 500 °C – Z = $8,74 \cdot 10^{14}$).

Қайта кристалданған d_{din} түйіршіктерінің мөлшерін есептеу үшін келесі формула қолданылды [1]

$$d_{\text{din}} = A_{\text{din}} \cdot Z^{n_{\text{din}}}. \quad (4.7)$$

мұнда A_{din} , n_{din} – материал тұрақтысы.

Тәуелділіктің жуықтауы нәтижесінде d_{din} от Z формула коэффициенттерінің келесі мәндері алынды (ПИ4): $A_{\text{din}} = 43,42$; $n_{\text{din}} = -0,053$.

Жоғарыда келтірілген зерттеу нәтижелерінен жоғарыда сипатталған заңға сәйкес деформация жылдамдығы 30 с⁻¹ болатын 200 °C температурада да, деформация жылдамдығы 1 және 30 с⁻¹ болатын 300 °C температурада да температура - жылдамдық режимдерімен бұралу арқылы үлгілердің

деформациясы кезінде құрылым да қалыптасатынын көруге болады. Алайда, үлгінің бұралуы температура $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ деформация жылдамдығымен 30 c^{-1} пластикалық деформацияның ең үлкен жылу әсеріне әкелді.

Осы мәліметтер негізінде үлгінің жұмыс бөлігінің температурасы $330\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа артқанын атап өтуге болады. Температураның мұндай жоғарылауы үлгінің орталық және беткі аймағының құрылымында сәйкесінше тұрақты полигондау мен қайта кристалданудың өтуіне әкелді. Тұрақты полигондау және қайта кристалдану сәйкесінше үлгінің орталық және беткі аймақтарының құрылымында және деформация жылдамдығы 1 және 30 c^{-1} болатын $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада бұралу кернеуі әсер еткен жағдайда өтті деп санаймыз.

Осы температуралық-жылдамдықты деформациялар кезінде белгіленген полигондау мен қайта кристалдану ағымы дайындаманың беткі аймағында ұсақ түйіршікті құрылымның және дайындаманың орталық аймағында орташа түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелді. Айта кету керек, 1 және 30 c^{-1} деформация жылдамдығымен созылу бұралуымен деформацияланған үлгілер түйіршіктерді салыстырмалы түрде үлкен фрагментациясын алды. Сондықтан 200 және $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада осы түрдегі деформацияланған деформация үлгілерінің микроқұрылымы бірдей температуралық-жылдамдықты сынақ жағдайында бұралу арқылы деформацияланған үлгілермен салыстырғанда ұсақ түйіршікті құрылымға ие.

Созылу бұралу үлгісіне қолданған кезде түйірлердің үлкен фрагментациясының себебі тек бұралу штангасына ғана емес, сонымен қатар қосымша созылу кернеуіне де әсер етеді. Мұндай күрделі кернеу күйінің әрекеттері деформация дәрежесінің біркелкі таралуына әкеледі. Деформация дәрежесінің біркелкі таралуы металда біртекті құрылымның пайда болуына әкелетіні белгілі.

Жоғарыда келтірілген деректерді талдай отырып, қолданылатын жүктемеге қарамастан, сынақ температурасының $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін көтерілуі қайталама (ұжымдық) қайта кристалданудан өту арқылы ірі түйіршікті құрылымның пайда болуына әкелетінін көре аламыз.

Бұралу және созылу бұралуымен деформацияланған алюминий қорытпасының микроқаттылығын зерттеу беткі қабаттағы материалдың қаттылығы өзек осіне қарағанда жоғары екенін көрсетті. Сонымен қатар, заңдылықты зерттеу микроқаттылықтың әртүрлі температуралар мен деформация жылдамдықтарында бұралу немесе созылу бұралуымен деформацияланған үлгілердің көлденең қимасында таралуы құрылымның фрагменттелген түйіршіктердің мөлшері неғұрлым аз болса, металдың микроқаттылығы соғұрлым үлкен болатынын көрсетті. Керісінше, түйіршіктердің мөлшері неғұрлым үлкен болса, үлгінің микроқаттылығы соғұрлым аз болады.

Айта кету керек, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада бұралу немесе созылу бұралу арқылы үлгілердің деформациясы үлгінің бүкіл қимасы бойынша микроқаттылықтың төмендеуіне әкелді, бұл металл құрылымында қайталама (ұжымдық) қайта кристалданудың өтуіне байланысты. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, алюминий қорытпасынан жасалған шыбықтарда немесе

сымдарда ұсақ түйіршікті құрылымды алу үшін, жаңа конструкцияда деформацияланған, деформация жылдамдығы $1 - 30 \text{ с}^{-1}$ болатын $280-320 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температура аралығында илектеу қажет деген қорытындыға келуге болады. Бұл ретте, ұсынылып отырған орнақта деформация ошағында созылу немесе қысу бұралуын дамытуға ықпал ететін жүктеме жасау қажет. Дайындаманы созылу бұралуымен деформациялауға ықпал ететін жүктемені матрицаның алдына орама орнақты орнату арқылы жасауға болады. Сонымен қатар, дайындаманы қысу бұралумен деформациялауға мүмкіндік беретін жүктемені біліктердегі илектелген металдың жылдамдығын арттыру арқылы жасауға болатыны анықталды.

Қорытынды

Жаңа конструкциялы бұрандалы орнақтың техникалық және жұмыс жобасын әзірлеу, жаңа орнақтың ауыр жүктелген элементтерінің беріктігі мен қаттылығын есептеу, сондай-ақ жаңа диірменнің жетектерін жобалау міндеті қойылды. орнақ жетегі бөліктерінің беріктігі мен қаттылығы, жаңа орнақтың жетек қуаты есептелді Тапсырма орындалды келесі қорытындылар жасалды

1. Илемдеудің энергетикалық параметрлерін төмендетуді және шыбықтардың сапасын жақсартуды қамтамасыз ететін бұрандалы орнақтың жаңа құрылымы ұсынылды.

2. Динамикалық модельдеу арқылы сандық деректер алынады және бұрандалы орнақта шыбықтар мен сымдарды басу кезінде ауыр жүктелген элементтердің кернеулі деформацияланған күйі мен беріктік сипаттамаларын бөлудің негізгі заңдылықтары анықталады;

3. Тұғырдың, орамдардың және жаңа бұрандалы орнақ торының басқа ауыр жүктелген элементтерінің эквивалентті кернеулерінің максималды мәндері тұғырлар мен біліктердің таңдалған материалы үшін беріктік шегінің рұқсат етілген ең жоғары мәнінен аспайтыны дәлелденді;

4. Қауіпсіздік қорын клеттің дизайны бойынша бөлу тұтастай алғанда беріктік шартын қанағаттандырады (есептелген қауіпсіздік шегі қабылданған қауіпсіздік шегі коэффициентінен аспайды). Бұл ретте бұрандалы орнақтың клеттерінің конструкциясының қаттылығы МЕСТ талаптарына сәйкес келеді;

5. Дайындаманың қуыс аймақтарындағы дайындамаға қатысты орамның сырғу жылдамдығын анықтауға мүмкіндік беретін формулалар шығарылды;

6. Бұрандалы орамдарда илектеу кезінде сырғанау орамдардың ену жылдамдығының деформация ошағындағы дайындаманың бұрандалы қозғалу жылдамдығының сәйкес келмеуі нәтижесінде пайда болатындығы көрсетілген;

7. Жүргізілген зерттеулер жаңа құрылғыдағы шыбықтарды басу процесінің күштік параметрлері туралы жаңа ғылыми мәліметтер алуға мүмкіндік берді, ал зерттеу нәтижелерін практикалық қолдану шыбық өнімдерін өндіру процестерінің тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді;

8. Шыбықтарды біріккен престеу кезінде роликтерде де, матрацта да күш пен деформация моментінің шамасы артады, бірақ роликтердегі арматура матрицадан үлкен екендігі анықталды;

9. Жаңа бұрандалы орнақта шыбықтарды деформациялау кезінде деформация ошағындағы металл ағынының траекториясын басқару арқылы металл құрылымын қарқынды ұнтақтауға қол жеткізуге болатындығы көрсетілген;

10. Контактсіз температураны өлшеу жүйесін қолдану температураны өлшеу дәлдігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді, әсіресе жоғары температура жағдайында;

11. Жаңа конструкцияның бұрандамалы ығысу орнағында илектеу мен престеуді біріктіру цилиндрлік дайындаманың бүкіл көлденең қимасы

бойынша біркелкі микроқаттылық пен ұсақ түйіршікті құрылымды алуға мүмкіндік береді. Созылу немесе қысу бұралуының деформация ошағында дамуына ықпал ететін жүктеме жасау. Жаңа энергия үнемдейтін орнақ ең аз шығынмен және бөлшектердің отандық өндірістің стандартты бөлшектерімен барынша өзара алмастырылуымен дайындалатындығына байланысты, сондай-ақ қосымша құны жоғары түсті металдардан жоғары сапалы бұйымдар жасау үшін пайдаланылатын болады, ұсынылып отырған жобаның нәтижелері Қазақстан үшін үлкен маңызға ие болады.

Жаңа бұрандалы орнақты қолдану кезінде дербес компьютерде сақталатын илемдеу бағдарламаларының кітапханасын қолдану, орнақты баптау операцияларын және технологиялық процесті автоматтандыру арқылы экономикалық тиімділікке қол жеткізіледі. Бұл ретте орнақты қайта құру, жаңа типтік өлшемге илемдеу уақыты қысқарады, сондай-ақ илемдеудің геометриялық өлшемдерінің дәлдігін арттыру есебінен ақау саны және өнімді қосымша өңдеуге жұмсалатын шығыстар қысқарады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Белый, Д.И. Алюминиевые сплавы для токопроводящих жил кабельных изделий/ Кабели и Провода, 2012. – №1. – С. 8-15.
- 2 Белый, Д.И. ООО«Элкат» - Более 20 лет успешной работы/ Кабели и Провода, 2012. – №1. – С. 23-29.
- 3 Официальный сайт компании«Properzi» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.properzi.com/index.html> (дата обращения12.05.2014).
- 4 Официальный сайт компании«Southwire» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.southwire.com/SCR.htm> (дата обращения12.05.2014).
- 5 Беспалов В. М. Исследование совмещенных процессов обработки сплавов системы Al-Zr для получения длинномерных деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения: Дисс. канд. техн. наук. – Красноярск.: Сибирский федеральный университет, 2014, - 180 с.
- 6 Официальный сайт акционерной холдинговой компании«ВНИИМЕТ-МАШ им. А.И. Целикова» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.vniimetmash.ru/produktsiya>(дата посещения 20.07.2014).
- 7 Горохов, Ю.В. Основы проектирования процессов непрерывного прессования металлов: монография/ Ю.В. Горохов, В.Г. Шеркунов, Н.Н. Довженко[и др.] – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2013. – 224 с.
- 8 Сидельников, С.Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография/ С.Б.Сидельников, Н.Н. Довженко, Н.Н. Загиров– М.:МАКС Пресс, 2005. – 344 с.
- 9 Довженко, Н.Н. Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми условиями: монография/ Н.Н. Довженко, С.В. Беляев, С.Б. Сидельников [и др.] – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т т, 2009. – 256 с.
- 10 Грищенко, Н.А. Механические свойства алюминиевых сплавов: монография/ Н.А. Грищенко, С.Б. Сидельников, И.Ю. Губанов[и др.] – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2012. – 196 с.
- 11 Моделирование совмещенного процесса «Винтовая прокатка-прессование» в программном комплексе simufact.forming. Найзабеков А.Б.1, Лежнев С.Н.2, Панин Е.А.2, Арбуз А.С. Рудненский Индустриальный институт, г. Рудный, Республика Казахстан
- 2 Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, Республика Казахстан
- 12 Пат. 1785459 Российская Федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывного прессования металла/ Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников, Н.Н. За-гиров; опубл. 30.12.1992.
- 13 Пат. 1801040 Российская Федерация, МПК В21С23/08. Устройство для непрерывного прямого выдавливания/ Н.Н. Довженко, В.Н. Алферов, С.Б. Сидельников[и др.]; опубл07.03.1993.
- 14 Пат. 2100113 Российская Федерация, МПК В21С23/08. Устройство для

непрерывного прессования труб/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Ешкин А.В., Гилевич Ф.С.; опубл. 27.12.1997.

15 Пат. 2100136 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для непрерывного литья и прессования металла/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, А.В. Ешкин; опубл. 27.12.1997.

16 Пат. 29675 Российская федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывного прессования металлов/ Е.Ю. Сырямкина, С.Б. Сидельников, Ю.А. Клейменов[и др.]; опубл. 27.05.2003.

17 Пат. 2200644 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Устройство для непрерывного литья и прессования полых профилей/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, А.И. Гришечкин, Е.С. Сидельникова; опубл. 20.03.2003.

18 Пат. 67492 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для непрерывного литья, прокатки и прессования металла/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, В.Н. Тимофеев[и др.]; опубл. 27.10.2007.

19 Пат. 68387 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Устройство для непрерывного литья и прессования полых профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко[и др.]; опубл. 27.11.2007.

20 Пат. 70828 Российская Федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников[и др.]; опубл. 20.02.2008.

21 Пат. 73245 Российская Федерация, МПК В21С3/00. Устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования цветных металлов и сплавов/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Е.С. Лопатина[и др.]; опубл. 20.05.2008.

22 Пат. 2334574 Российская Федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования/ С.В. Беляев, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников[и др.]; опубл. 27.09.2008.

23 Пат. 102313 Российская Федерация, МПК В21С23/08. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко[и др.]; опубл. 27.02.2011.

24 Пат. 102542 Российская Федерация, МПК В21С23/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко[и др.]; опубл. 10.03.2011.

25 Пат. 102550 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для непрерывного литья, прокатки и прессования металла/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко[и др.]; опубл. 10.03.2011.

26 Пат. 2457914 Российская Федерация, МПК В21С3/00. Устройство для непрерывного литья. Прокатки и прессования цветных металлов и сплавов/ В.Н. Баранов, Д.С. Ворошилов, Р.И. Галиев[и др.]; опубл. 10.08.2012.

27 Пат. 2519078 Российская федерация, МПК В22D11/06. Способ совмещенного литья, прокатки и прессования и устройство для его реализации/ Г.И. Рааб, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Э.И. Гималтдинова; опубл. 10.06.2014.

28 Солдаткин А. Программа MSC.SuperForge как один из элементов системы виртуального производства и управления качеством изделий / А. Солдаткин, Ю. Голенков, и др. // САПР и графика, – 2000. – №7. – С. 11-13.

29 Головкина М. Г. Исследование влияния технологических параметров процесса горячей ОМД на распределение механических свойств по объему полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: дис. ... канд. техн. наук. / Головкина М. Г. – М.: Издательский центр «Московский авиационный институт», 2016, 184 с.

30 Коковихин Ю.И. Технология сталепроволочного производства. ИСИО. - К., 1995. - 608 с.

31 Харитонов В.А., Радионова Л.В.. Проектирование ресурсосберегающих технологий производства высокопрочной углеродистой проволоки на основе моделирования: Монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО«МГТУ», 2008.- 171 с.

32 Утяшев Ф. З. Современные методы интенсивной пластической деформации: учебное пособие/ Ф.З. Утяшев; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2008.-313 с.

33 Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. М.: Металлургия, 1990. – 344 с.

34 Чаликов В.В. Исследование процесса винтовой прокатки тел вращения из высокопрочных алюминиевых сплавов на трехвалковых станах: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МВТУ им. Баумана, 2006. – 230 с.

35 Панов Е.И. Создание универсального стана поперечно-винтовой прокатки и исследование технологических режимов его работы: Дисс. канд. техн. наук. – М.: Всероссийский институт легких сплавов, 2002. – 209 с.

36 Тетерин П.К. Теория поперечно-винтовой прокатки. –М.: Металлургия, 2001. – 368 с.

37 Целиков А.И., Зюзин В.И. Современное развитие прокатных станов. – М.: Металлургия, 1972. – 399 с.

38 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах -8-е изд., перераб. и доп. под ред. И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2001.-912с.

39 Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.

40 Иванченко Ф.К., Полухин П.И., Тылкин М.А., Полухин В.П. Динамика и прочность прокатного оборудования. М.: Металлургия, 1970. 352 с.

41 Simulation of Bending of Heavy-duty Components of Stands in a Five-stand Longitudinal-wedge mill // S. A. Mashekov, A. E. Nurtazayev, E. Z. Nugman, B. N. Absadykov, and A. S. Masheкова// Metallurgist, Vol. 62, Nos. 1–2, May, 2018 (Russian Original Nos. 1–2, January–February, 2018. – 101 – 110.

42 Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ. пособие. - М: Машиностроение, 2004. 512 с.

43 Шабров Н.Н. Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей. – Л.: Машиностроение, 1983. 212 с.

44 Zeinkiewicz O.C. The finite element method, Butterworth-Heinemann, 2000. 706 p.

45 Копанев Д. Решение задач нелинейной статики в MSC.Patran-Nastran.

- Руководство пользователя М.: MSC.Software Corporation, 1999. – 145 с.
- 46 Копанев Д. Решение задач динамики средствами MSC.Patran-Nastran. Руководство пользователя М.: MSC.Software Corporation, 2010. – 169 с.
- 47 Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчеты механических конструкции в системе MSC.Patran-Nastran. Часть I. Учебное пособие. – М. MSC.Software Corporation, 2003. – 130 с.
- 48 Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчеты механических конструкции в системе MSC.Patran-Nastran. Часть II. Учебное пособие. – М. MSC.Software Corporation, 2003. – 174
- 48 Контактное трение в процессах обработки металлов давлением /А.Н. Леванов, В.Л. Колмогоров, В.Л. Буркин и др. – М.: Металлургия, 1976. 416 с.
- 49 Горохов Ю.В., Солопко И.В. Снижение энергозатрат при непрерывном прессовании металла способом конформ путем оптимизации формы и размеров инструмента // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2010, №1. – 52 – 55.
- 50 Матвеев Б.Н. Горячая прокатка труб // М.: ИнтерметИнжиниринг, 2000. – 144 с.
- 51 Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением: Справ. изд. / А. Хензель, Т. Шпиттель; пер. с нем. М.: Металлургия, 1982. 360 с.
- 52 Томило В. А. Энергосиловые параметры валкового обжатия концевых участков толстостенных труб // Литье и Металлургия, №4 (85), 2016. – С. 66-72.
53. Иванов К.М., Шевченко В.С., Юргенсон Э.Е. Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД: Учебное пособие. С-Пб: Институт Машиностроения, 2000. - 217 с.
- 54 Солдаткин А., Голенков Ю., и др. Программа MSC.SuperForge как один из элементов системы виртуального производства и управления качеством изделий.//САПР и графика, 2000, №7, с. 11-13.
- 55 Уткин, Ю. Н. Совершенствование математической модели расчета энергосиловых параметров ТПА 159-426 [Текст] / Ю. Н. Уткин [и др.]. СПб.:Сталь, 2007. - 60с.
- 56 Расчет таблиц и усилий прокатки [Текст]: Учеб.-метод. пособие./ Гончарук А. В., Стоппе Е. В., Осадчий В. А; Московский гос. ин-т стали и сплавов, каф.инновационного проектирования. – М.: Издательство «Учеба», 2007. – 78с.
- 57 Довженко Н.Н., Довженко И.Н., Сидельников С.Б. Энергосиловые параметры процесса совмещенной прокатки-прессования // Вестник МГТУ им Г.И. Носова, № 4, 2006. – С. 54 – 61.
- 58 Voith Turbo / Высокопроизводительные карданные валы/ G380.ru (каталог), - 70 с.
- 59 Spicer Gelenkwellenbau /Карданные валы промышленные/<http://www.gwb-essen.de>, - 70
- 60 Тетерин П.К. Теория поперечно-винтовой прокатки. –М.: Металлургия, 2001. – 368 с.

61 Тартаковский И.К. Развитие и создание нового поколения высокопроизводительных и надежных станов для производства горячекатаных бесшовных труб: автор. дисс. докт. техн. наук. – М.: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения им. академика А.И. Целикова, 2009. – 58 с.

62 Харитонов В.А., Модель формирования наноструктуры в высокоуглеродистой проволоке в процессе радиально-сдвиговой протяжки / В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 4. – 2012. – С. 309 – 313.

63 Совершенствование режимов деформации и инструмента при волочении круглой проволоки / В.А. Харитонов, А.Ю. Манякин, М.В. Чукин и др. – Магнитогорск: Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, 2011. – 174 с.

64 Битков, В.В. Технология и машины для производства проволоки / В.В. Битков. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 343 с.

65 Утяшев, Ф.З. Современные методы интенсивной пластической деформации: учебное пособие/ Ф.З. Утяшев;– Уфа: УГАТУ, 2008. – 313 с.

66 Naizabekov A. Computer simulation of the combined process "Helical rolling-pressing" / A. Naizabekov, S. Lezhnev, A. Arbuz, E. Panin // Key Engineering Materials, 2016. – Т. 716. – С. 614 – 619.

67 Валиев Р.З. Объемные наноструктурные материалы: получение, структура и свойства / Р.З. Валиев, И.В. Александров – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.

68 Усанов М. Ю. Совершенствование технологии изготовления углеродистой проволоки на основе повышения эффективности деформационных режимов волочения Диссертация на соискание ученой степени канд. тех. наук / Усанов М. Ю. – Магнитогорск, 2018. – 178 с.

69 Чукин М.В. Непрерывный деформационный способ формирования ультрамелкозернистой структуры стальной проволоки / М.В.Чукин, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова, Д.Г. Емалеева // Сталь. – 2010. – № 6. – С. 96 – 98.

70 Корчунов А.Г. Принципы проектирования непрерывного способа получения стальной проволоки с ультрамелкозернистой структурой / А.Г. Корчунов, М.В. Чукин, М.А. Полякова, Д.Г. Емалеева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. –2011. –№ 1. –С. 43–46.

71 Ko Y.G. Spheroidization of medium carbon steel fabricated by continuous shear drawing / Y.G. Ko, S. Namgung, I.H. Son, K.H. Rhee, D.H. Shin, D.-L. Lee // Journal of Materials Science. –September 2010. –Vol.45. –№17. –P. 4866–4870.

72 Некрасова Е.О. Харитонов В.А. Использование компьютерного моделирования для анализа процесса винтовой протяжки заготовки из высокоуглеродистой стали / Е.О. Некрасова, В.А. Харитонов // Заготовительные производства в машиностроении. –2013. –№ 10. –С. 44–47.

73 Некрасова Е.О. Возможности применения винтовой протяжки при производстве проволоки из высокоуглеродистой стали с мелкодисперсной

структурой / Е.О. Некрасова, В.А. Харитонов // Письма о материалах. –2014. – Т. 4. –№ 1. –С. 25–27.

74 Muszka K. Influence of strain path changes on microstructure inhomogeneity and mechanical behavior of wire drawing products / K. Muszka, M. Wielgus, J. Majta, K. Doniec, M. Stefanska-Kadziela // Materials Science Forum. – 2010. –Vol.654-656. –P. 314–317.

75 Majta J. Modeling of grain refinement and mechanical response of microalloyed steel wires severely deformed by combined forming process / J. Majta, K. Perzyński, K. Muszka, P. Graca // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. –March 2017. –Vol.89. –№5-8. –P. 1559–1574.

76 Рааб, А.Г. Разработка процесса изготовления проволоки из низкоуглеродистой стали повышенной прочности и износостойкости совмещенным методом волочения со сдвигом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: А.Г. Рааб. –Магнитогорск, 2018. –16 с.

77 Pashinskaya E. Drawing with shear as an effective method of the control of the structure and the properties for low-carbon steel / E. Pashinskaya, A. Zavdoveev, V. Varyukhin and etc // Физика и техника высоких давлений. –2015. – Т. 25. –№ 3 – 4. – С. 47 – 59.

78 Максакова А.А. Особенности структуры и свойств проволоки в зависимости от степени деформации при волочении со сдвигом / А.А. Максакова, В.Е. Ольшанецкий, Е.Г. Пашинская, А.В. Климов // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2014. –№ 2. – С. 26 – 29.

79 Манякин А.Ю. Повышение эффективности технологических процессов производства проволоки на основе совершенствования деформационных режимов волочения: автореф. дис. канд. техн. наук: / А.Ю. Манякин – Магнитогорск, 2006. –18с.

80 Харитонов В.А. О применимости процесса радиально-сдвиговой деформации при производстве круглой проволоки / В.А. Харитонов, А.Ю. Манякин // Эффективные технологии производства метизов: Сб. науч. тр. – Магнитогорск: МГТУ. –2001. – С. 50 – 55.

81 Харитонов В.А. Применение радиально-сдвиговой протяжки при производстве бунтового калиброванного металла / В.А. Харитонов, А.Г. Корчунов, В.В. Андреев // Заготовительные производства в машиностроении. –2006. –№ 11. –С. 34–36.

82 Галкин С. П. Реализация инновационного потенциала универсального способа радиально-сдвиговой прокатки / С. П. Галкин, Б. А. Романцев, Е. А. Харитонов // Черные металлы. – 2015. – № 1. – С. 31-38.

83 Даева Е. В. Разработка и исследование конструкций клетей и технологии винтовой прокатки заготовок повышенной точности: автореф. дис. ... канд. техн. наук./ Даева Е. В. –Москва, 2003. –19 с.

84 Белов М.И. Эффективность использования математического моделирования при исследовании, оптимизации и проектировании технологических процессов ОМД / М.И. Белов // М.: Московский государственный институт стали и сплавов. – 1996. – С. 224 – 227.

85 Иванов К.М. Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД: Учебное пособие / К.М. Иванов, В.С. Шевченко, Э.Е. Юргенсон. – СПб: Институт Машиностроения, 2000. – 217 с.

86 Павловский Ю.Н. Имитационные модели и системы / Ю.Н. Павловский. – М.: ФАЗИС, 2000. 144 с.

87 Концевич В.Г. Современный самоучитель работы в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – ДМК-Пресс, 2009. – 231 с.

88 Копанев Д. Решение задач нелинейной статики в MSC.Patran-Nastran. Руководство пользователя / Д. Копанев. – М.: MSC.Software Corporation, 1999. – 145 с.

89 Копанев Д. Решение задач динамики средствами MSC.Patran-Nastran. Руководство пользователя / Д. Копанев. – М.: MSC.Software Corporation, 2010. – 169 с.

90 Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчеты механических конструкции в системе MSC.Patran-Nastran. Часть I. Учебное пособие. – М. MSC.Software Corporation, 2003. – 130 с.

91 Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчеты механических конструкции в системе MSC.Patran-Nastran. Часть II. Учебное пособие / Е.К. Рыбников, С.В. Володин, Р.Ю. Соболев. – М. MSC.Software Corporation, 2003. – 174 с.

92 Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы. 2-е изд. - М.: Металлургиздат, 1958. - 432 с.

93 Сеничев Г.С., Виер И.В., Каплан Д.С. и др. Система управления производством и качеством продукции электросталеплавильного и сортопрокатного цехов. // Сталь. 2006. № 7. С. 95-98.

94 Патент РК № 27722. Машеков С. А., Нугман Е.З., Алшынова А. М. и др. Устройство для непрерывного прессования пресс-изделия. Оpubл. 18.12.2013, бюл. №12. 3 с.: ил.

95 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах -8-е изд., перераб. и доп. под ред. И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2001. – 912с.

96 Галкин С.П. Технология и министан винтовой прокатки как технико-технологическая система / С.П. Галкин, В.К. Михайлов, Б.А. Романцев // Производство проката. – 1999. –№ 6. – С. 42.

97 Монтаж технологического оборудования прокатных станов. ВСН 395-85. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1985. 83 с.

98 Реймген Ю.Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / Ю.Э. Реймген // SCADA система. ГИАБ. – 2014. – № 8. – С. 386–393.

99 «Виртуальный СЛИПП» – математическая модель для управления агрегатом слипп и её визуализация с помощью программных продуктов WinCC 7.0 и Step 7, //Т. В. Пискажова, С. Б. Сидельников, В. М. Белолипецкий 2, П. Н. Якивчук, А. С. Сидельников // Вестник СибГАУ. Том 16. – 2015. – № 2. – С. 470 – 477.

100 Реймген Ю.Э. Автоматизированные системы управления

технологическими процессами / Ю.Э. Реймген // SCADA система. ГИАБ – 2014. – № 9. – С. 149 - 157.

101 Simatic. Rabota so STEP 7 V 5.3. Pervye shagi: Rukovodstvo. [Simatic. Working with STEP 7 V 5.3. First Steps: A Guide]. 2004, A5E00261403-01, 114 p.

102 S.A. Mashekov, A.E.Nurtazaeva, A.S.Mashekova, E.Z.Nugman, B.A.Bekbossynova/ U.A.Angarbekov Automated control system of the radial shear press mechanism of a new design. Scientific research of the SCO contries synergy and integration, Materials of the international conference/July 31,2019 Beijing, China 2019,P.174-182,ISBN 978-5-905695-45-2

103 Е.З.Нугман, А.Абекова, А.К.Мустафа, Н.Толбаев, Б.А.Бекбосынова. Определение размера шпиндельного соединения нового радиально-сдвигового стана. Вестник КазНУТУ им.К.И.Сатпаева, №6 (130) -Алматы КазНУТУ Им.К.И.Сатпаева,2018,стр. 289-295 ISSN 2709-4758

104 Барков Н. А. Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов: учебное пособие / Н. А. Барков, В. П. Катрюк, Д. С. Ворошилов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 79 с.

105 Патент на изобретение №2124405 (РФ). Система управления нажимным устройством прокатного стана Автор: Абаев А.Ш. Дата регистрации патента - 10.01.1999.

106 S.A.Mashekov, B.N.Absadykov, A.S.Mashekova, E.Z.Nugman, Bekbossynova B.A., E.A.Tussupkalieva Investigation of the kinematics of rolling ribs and pipes on a continuous radial-shifting mill of a new construction. Of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences/Volume3, 2020, number 430(2018),98-109. Серия геологии и технических наук 4(430).Алматы, НАН РК, 2018.98-109с, ISSN:2224-5278E-ISSN:2518-170X

107 S.A.Mashekov, E.Z.Nugman, A.S.Mashekova, E.A.Tussupkalieva, B.N.Absadykov, Bekbossynova B.A. Investigation of power and force parameters of pressing of precisions at the continuous pressing mill of new construction. Of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences/Volume1, 2020, number 439 (2020)73-80, ISSN:2224-5278E-ISSN:2518-170X

108 С.А.Машеков, Г.А.Смаилова, Э.А.Тусупкалиева, Б.А.Бекбосынова. Определение конфигурации привода нового радиально сдвигового стана для прессования прутков и труб из цветных металлов. Вестник КазНУТУ им.К.И.Сатпаева, №5 (129) 2018, стр. 88-93 ISSN 2709-4758

109 С.А.Машеков,Е.З. Нугман, Б.А. Бекбосынова, А.К.Мустафа, Н.С.Толбаев Проектирование радиально-сдвигового стана новой конструкции и расчет прочности его рабочей клетки. Вестник КазНУТУ им.К.И.Сатпаева, №5 (129) 2019, стр. 239-244, ISSN 2709-4758

110 С.А.Машеков,Е.Тусупкалиева, Е.З.Нугман, Б.А.Бекбосынова, К.К.Нурахметова, Н.С. Сембаев, А.А.Тукибай Путем анализа конструкторских решений существующих станов проектирование нового радиально сдвигового стана. Научно-технический журнал «Новости науки Казахстан», 2019, №3(141) С118-130, ISSN 1560-5655

111. A. Mashekov, A. E. Nurtazaev, A. S. Masheкова, E. Z. Nugman, U.D. Angarbekov, B.A. Bekbosynova Automated control system of the radial-shear press mechanism of a new design. Scientific research of the SCO countries: synergy and integration, Materials of the International Conference, July 31, 2019 Beijing, China 2019, P. 174-182, ISBN 978-5-905695-45-2

112 Нугман Е.З. Проектирование валкового узла трехвалкового радиально-сдвигового стана новой конструкции / Е.З. Нугман, У.Д. Ангарбеков, Б.А. Бекбосынова, А. К. Мустафа, С.А. Машеков // Труды Сатпаевских чтений «Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК», И66 – Алматы: КазННТУ имени Сатпаева, 2019. Том 1., С. 1304-1307

113 Коджаспиров Г.Е., Камелин Е.И. Исследование динамической рекристаллизации высокопрочной низколегированной стали с применением физического моделирования Materials//Physics and Mechanics 27 (2016) 215-222.

114 Сидельников С.Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография [Текст] / С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Н.Н. Загиров. - М.: МАКС Пресс, 2005.- 344 с.

115 Фастыковский, А. Р. Развитие научных основ и разработка совмещенных методов обработки металлов давлением, обеспечивающих экономию материальных и энергетических ресурсов: автореф. дис. д-ра техн. наук / Фастыковский Андрей Растиславович. – Новокузнецк, 2011. – 38 с.

116 Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н., Нанин Е.А., Арбуз А.С. Моделирование совмещенного процесса «Винтовая прокатка –прессование» в программном комплексе Simufact.Forming. г.Рудный,2011.-14-22с.

Акт внедрения в производство



Утверждаю
Директор ТОО «Жакен Калша»
Азимбеков М.К.
«_____» 2022г.

АКТ

внедрения результатов НИР Бекбосыновой Б.А. по теме докторской диссертационной работы (PhD) «Разработка рациональной конструкции непрерывного винтового стана для прессования длинномерных пресс-изделий»

Мы представители Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И.Сатпаева, кандидат технических наук, ассоц. профессор кафедры «Машиностроение» Исаметова М.Е., докторантка Бекбосынова Б.А, с одной стороны и представители ТОО «Жакен Калша» директор Азимбеков М.К., главный конструктор Енсепов Д.Е. рассмотрели материалы диссертационной работы Бекбосыновой Б.А., выполненной на тему «Разработка рациональной конструкции непрерывного винтового стана для прессования длинномерных пресс-изделий». Бекбосынова Б.А. предоставила полную информацию о проделанной научно-исследовательской работе по теме диссертации.

По результатам НИР винтовой стан новой конструкции может быть использован при прессовании и прокатки длинномерных пресс изделий.

от КазНТУ
им. К.И.Сатпаева

Исаметова М.Е. _____

Докторантка

Бекбосынова Б.А. _____

от ТОО «Жакен Калша»
директор

Азимбеков М.К. _____

главный конструктор

Енсепов Д.Е. _____