

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

Сайдалимов А.Қ

CAD/CAE жүйесінде шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын бөлшекті (звено 2) өңдеудің технологиялық процесін жобалау және есептеу.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы

Алматы 2019 ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

/ Кафедра меңгерушісі,
физ.-мат. ғыл.-др., профессор
А. Қалтаев
« 13 » 05 2019 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «CAD/CAE жүйесінде шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын бөлшекті (звено 2) өндеудің технологиялық процесін жобалау және есептеу»

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы бойынша

Орындаған



Сайдалимов А.К.

Ғылыми жетекші
тех. ғыл. канд., асс.-проф.
С.Қ. Жапаев
« 14 » 05 2019 ж.



Алматы 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

5B071200 -«Машина жасау»

**БЕКІТЕМІ**
Кафедра меңгерушісі
физ.-мат. ғыл. д-ры, профессор
А. Қалтаев
«14» қараша 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сайдалимов Айдар Касенович
Тақырыбы CAD/CAE жүйесінде шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын болшектегі (звено 2) өндеудің технологиялық процесін жобалау және есептеу
Университет басшысының “06” қараша 2018 ж. № 1252-6 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «13» мамыр 2019 жылы
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Шынжыр буынының сызбасы
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Шынжыр буынының технологиялығын талдау.
б) Берілген шынжыр буынының заманауи жабдықталған станоктарда дайындау үдірістерін жобалау.

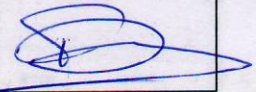
в) Берілген шынжыр буынын CAD/CAE жүйесінде есептеу.
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)
Сызбалық материалдар 10 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 10 атау

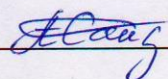
**Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
1. Шынжыр буынының сызбасымен танысу және технологиялық талдау жасау.	16.01.19 ж. – 26.01.19 ж.	
2. Шынжыр буынын жасау үшін өндіріс түрі мен дайындаманы таңдау.	28.01.19 ж. – 09.02.19 ж.	
3. Технологиялық үдерістің маршрутын құру.	11.02.19 ж. – 16.03.19 ж.	
4. Станоктар түрі мен құрал жабдықтарды таңдау. Өндеу операцияларын есептеу.	18.03.19 ж. – 06.04.19 ж.	
5. САЕ жүйесі арқылы шынжыр буынының өлшемдерін нақтылау.	08.04.19 ж. – 27.04.19 ж.	
6. Дипломдық жұмысты рәсімдеу.	29.04.19 ж. – 10.05.19 ж.	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма
бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Нормалық бақылаушы	Е.Т. Бекенов, тех. ғыл. канд., ассоц. проф.	15.05.2019	

Ғылыми жетекші  С.Қ. Жапаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  А.К. Сайдалимов

Күні «14» қараша 2018 ж.

АНДАТПА

Өндірістің тиімділігі- қарқынды әрі сапалы өнім өндіруге байланысты технологиялық үрдісті жақсарту болып табылады. Өнімді өндірудің технологиялық үрдісін жоспарлау өндірісті технологиялық дайындаудың басты этаптарының бірі болып саналады. Ол өнімді өндіруге жұмсалатын материал шығынын минимальді азайта отырып жоғары өнімділік пен сапаны қамтамасыз ету керек.

Дипломдық жобаның мақсаты - шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын бөлшегін (2-буын) дайындаудың технологиялық үрдісін CAD/CAE жүйесінде жобалау және есептеу. Ол үшін өндірісті ұйымдастырудың типі, тәсілі және формасын анықтап, берілген мәліметтерді анализ жасалынады. Шынжырлы буынның кернеулі деформация күйі анықталынады.

АННОТАЦИЯ

Эффективность производства-это улучшение технологических процессов, связанных с производством интенсивной и качественной продукции. Планирование технологического процесса производства продукции является одним из главных этапов технологической подготовки производства. Он должен обеспечить высокую производительность и качество, минимизируя расход материала на производство продукции.

Цель дипломного проекта-Проектирование и расчет технологического процесса изготовления деталей (звено 2), являющихся составной частью цепи, в системе CAD/CAE. Для этого необходимо определить тип, способ и форму организации производства и проанализировать данные. Определяется состояние напряженной деформации цепного сустава..

ANNOTATION

Production efficiency is the improvement of technological processes related to the production of intensive and high-quality products. Planning of technological process of production is one of the main stages of technological preparation of production. It should ensure high productivity and quality, minimizing material consumption for production.

The purpose of the diploma project-the Design and calculation of the technological process of manufacturing parts (2nd generation), which are part of the chain, in the CAD/CAE system. To do this, you need to determine the type, method and form of organization of production and analyze the data. The state of stress deformation of the chain joint is determined.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын буын туралы мәліметтер	8
1.1 Шынжырлы буын және оның түрлері туралы мәлімет	8
1.2 Шынжырлы тізбекті беріліс	10
2 Шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын буынды дайындаудың технологиялық үрдісі	12
2.1 Өндіріс түрлері мен типі	12
2.2 Дайындама алу әдістері	15
2.3 Технологиялық операцияны жобалау	15
2.4 Шынжырлы буын материалының құрамы	16
2.5 Білдек түрлерін таңдау әдісі	17
2.6 Өңдеу берісін және кесу тереңдігі анықтау әдістері	18
3 Шынжырлы буынның кернеулі-деформациялы күйін CAD/CAE жүйесінде есептеу	18
3.1 CAD/CAE жүйелерінің қолданылуы	20
3.2 Компас-3D жүйесі	21
3.3 Шынжырлы буынның кернеулі-деформациялы күйін CAD/CAE жүйесінде	21
Қорытынды	30
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31

КІРІСПЕ

Өндірістің қолайлығына байланысты оның техникалық үрдісі, және өндірілетін өнімнің сапасы жағынан яғни жаңа техникалар, машиналар, станоктар мен аппараттар өндірісінің озыңқы дамуына, техникалық мәселелерді шешуді және технологиялық және конструкторлық әзірлемелердің және де техникалық-экономикалық талдау әдістерін барынша енгізуге байланысты.

Дипломдық жұмысымның тақырыбына байланысты технологиялық үрдістерін CAD/CAE жүйесіндегі шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын бөлшегін (2-буын) өндеп және есептеп жобалау. Шынжырлы буын металл кесектері арасында қозғалмалы қосылған жүйе негізгі бөлшегі болып саналады. Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша шынжырлы буынның технологиялық үрдісін қарастыратын боламын.

Қазіргі заманғы машина жасау технологиясында даму келесі бағыттар бойынша жүргізіледі:

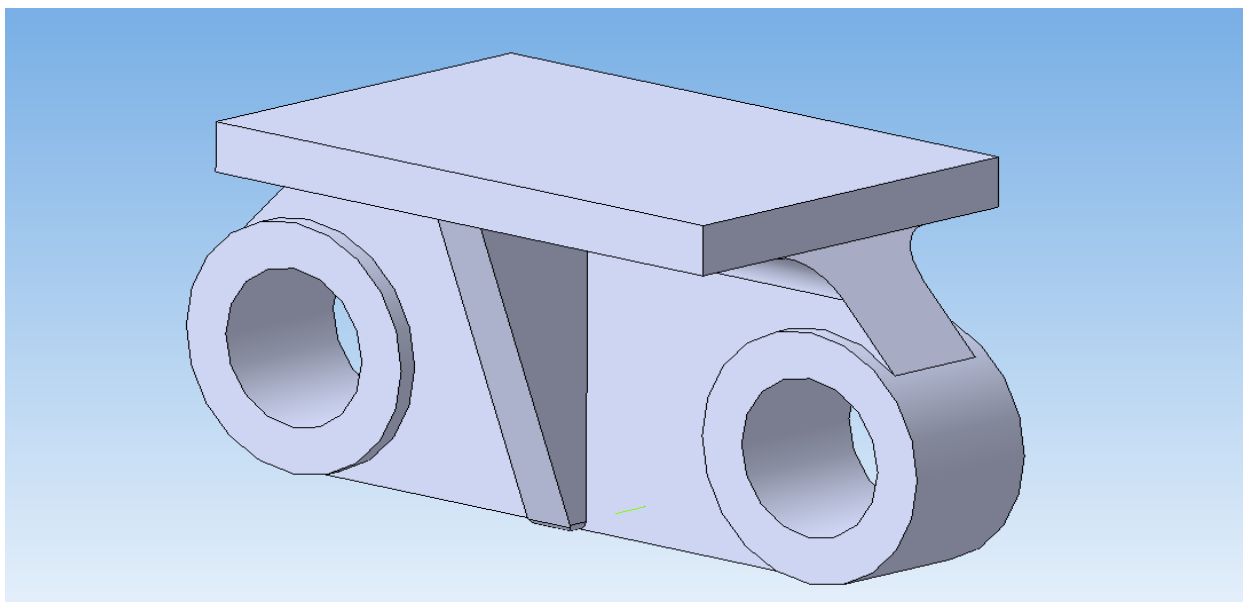
- технологиялық жабдықтау құралдарының мүмкіндіктерін, сапасын және үнемділігін арттыру үшін (жоғары өнімді станоктар, жоғары төзімді құрал-саймандар және т. б.)
- технологиялық үрдістерін барынша тиімді бағыттарын құру.
- өндірісті жоспарлау мен басқарудың тиімді жүйесін пайдалану.

Өндірістің технологиялық дайындығы өндірістің конструкторлық, технологиялық, ұйымдастырушылық дайындығын, сондай-ақ жаңа бұйымдарды сериялық шығаруды игеруді қамтиды. Технологиялық дайындықтың негізгі мақсаты дайындаушы-кәсіпорынның ерекшелігін барынша ескере отырып және осы игеруге арналған ең аз шығындармен міндеттерді шешу.

1 Шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын буын туралы мәліметтер

1.1 Шынжырлы буын және оның түрлері туралы мәлімет

Шынжырлы буын-деп металл кесектері арасында қозғалмалы қосылған жүйелердің бірі болып табылады. Шынжырды әртүрлі жолдармен тағайындауға болады, және де жекелеген буындардың пішіні мен өлшемдерін, сондай-ақ оларды дайындау үшін материалдарды және металдың негізгі атқаратын қызметінің түрі өте әртүрлі болып келеді. Шынжырдың (1.1-сурет) негізгі атқаратын қызметтері: -ауыр заттарды ілу және көтеру үшін, машиналарға қозғалыс беру үшін, аспалы көпірлерді орнату үшін т. б қызметтерді атқарады [1].



1.1-сурет - Шынжырлы буын

Шынжырлы буының түрлері

Тізбекті берілістер-бұл жетекті және жетекші жұлдызшалардан тұрады, және олардың шексіз тізбегін қамтитын ағыту және иілгіш байланыс берілістері параллель біліктер арасындағы айналмалы қозғалысты беруге арналған. Стандартты күш тізбектерінен басқа, олардың балама құрылымдары да бар оларға: жетекші және аралық болып бөлінеді

Жетекші шынжыр – деп тісті доңғалақ механизмдерінде күш беру үшін қолданылады. Мұндай бұйымдарды автомобиль, велосипед және мотоцикл жетегінде көруге болады. Жетек тізбегі екі бүйірлік пластинадан тұрады, олар өзара екі роликтен тұрады. Сыртынан олар күш тізбектерінен түбегейлі ерекшеленеді, бірақ ұқсас принципта жұмыс атқарады. Олардың роликті беріліс механизмдерінің жұлдызшаларына ілінеді және оларға

қосылған элементтердің қозғалысын қамтамасыз ете отырып, итеріледі. Осының арқасында тегіс жүру қамтамасыз етіледі. Мұндай бұйымдар үйкеліс және сырғу қағидаты бойынша жұмыс істейді. Олар жұлдызшалар мен тістегершіктерге әсер етеді, олардың үйкелуі мен айналуын жасайды. Жетек тізбектерінің қалыпты жұмысы үшін үйкеліс пен тозуды азайту үшін оларды майлау қажет. Егер мұны жасамаса, онда тізбек тез іске асырылады, бұл ретте оның жұмысы скрежетпен сүйемелденетін болады. Жетекші шынжыр 1.2-суретте көрсетілген.



1.2-сурет - Жетекші шынжыр

Аралық шынжырлар-ағаш бойынша араларды шинаға орнату үшін қолданылады. Олар жалпы қағидат бойынша табиғи аналогтармен жұмыс істейді, бірақ сыртқы жағында ағашқа кесілетін өткір тістері бар. Көлденең кесу үшін олардың тістері 5-тен 15 градусқа дейін бұрышпен бұралады. Егер тізбек ағашты бойлай кесу үшін пайдаланылса, онда талшықтарды қалыпты таңдау үшін 25-тен 35 градусқа дейін қайрау қолданылады. Шынжырдың табиғи түрлеріне қарағанда, сыра бұйымдары ерекше шыңдалудан өтеді. Олардың пышақтары қайрауды барынша ұзақ сақтау үшін өте қатты жасалады. Аралық шынжыр 1.3-суретте көрсетілген [2].



1.3-сурет - Аралық шынжырлар

Төлкелі шынжырлар

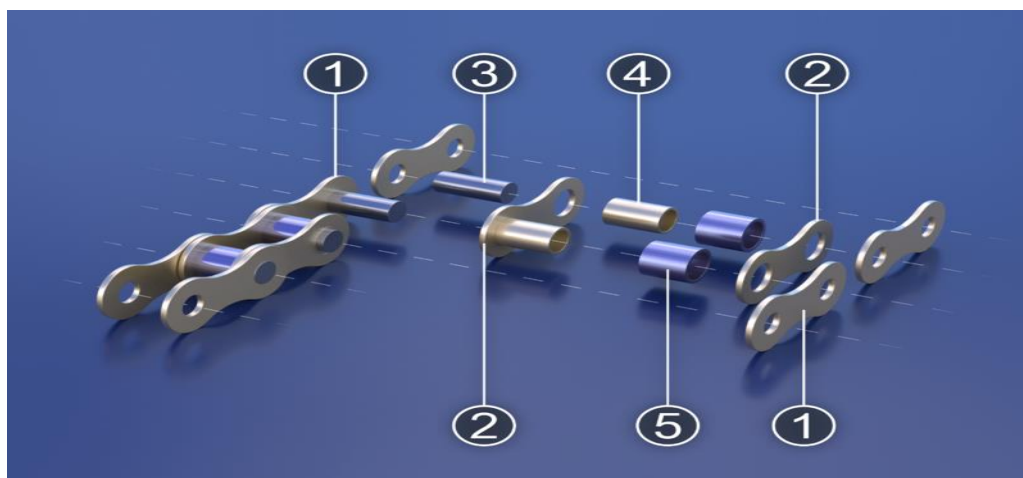
Конструкция бойынша төлкелік тізбек роликтен айырмашылығы жоқ, бұған роликтер жоқ. Жетек втулочные тізбек болады. Мұндай тізбектер конструкциясы бойынша неғұрлым қарапайым, салмағы аз, арзан, бірақ олардың тозуға төзімділігі төмен.

Жетекті роликті тізбектің негізгі өлшемдік параметрі оның қадамы болып табылады. Қадам шамасына байланысты стандартты тізбектерде барлық басқа бөлшектердің өлшемдерін таңдайды. Шынжырлардың басқа өлшемдік параметрлерінің арасында Білікше диаметрінің және ішкі буын енінің туындысына тең шарнирдің тірек бетінің А ауданы қолданылады. Шынжырдың бұл параметрі тозуға төзімді топсалардың есептерінде ескеріледі.

Роликті тізбектер

Роликті тізбек екі типті буындардан тұрады: сыртқы және ішкі буынан тұрады (1.4-сурет). Тізбектің жекелеген бөлшектері: 1-Сыртқы буын пластинасы; 2 — ішкі буын пластинасы; 3 — Білікше; 4 — төлке; 5-ролик. 2 ішкі буын пластиналары 4 тығындармен тартумен жалғанады және қозғалмайтын қосылысты құрайды. Білікше 3 төлке еркін кіреді және цилиндрлік топсалы қосылысты құрайды. Сыртқы пластиналар 1 біліктермен нығыздалған. 4 төлкедегі 5 Ролик жұлдызшаның тістерімен ілуге кірген кезде еркін айнала алады. Роликті тізбектің құрылымы: 1. Сыртқы буын пластинасы. 2. Ішкі буын пластинасы 3. Білікше 4. Төлке 5. Ролик

Төлкенің білікше мен роликпен қозғалмалы түйісулерінде сырғу үйкелуі орын алады, роликтердің жұлдызшалардың тістерімен түйісуі тербелу үйкелуі басым болады. Конструкция бойынша жетекті тізбектер: роликті және төлкелі, сондай-ақ тісті тізбектерге бөлінеді.



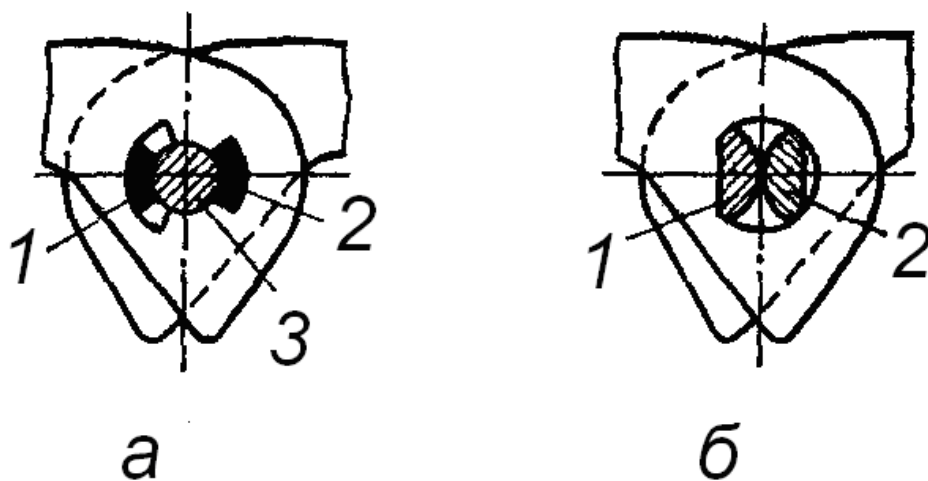
1.4-сурет - Роликті тізбек

Көп қатарлы тізбектерді пайдалану біліктердің осіне перпендикуляр жазықтықтағы берілістің габариттік өлшемдерін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Оларды бір қатарлы элементтерден орындайды, тек білікшелердің ұзындығына ие. Буындардың екі түрінің болуына байланысты тізбекті контурдағы буындардың саны жұп болуы тиіс. Буындардың тақ саны бар тізбектерді пайдалану қажет болған жағдайда арнайы ауыспалы буындар қолданылады.

Роликті шынжырлардың бір түрі (иілген пластиналармен және бір кезеңдік буынмен) типті жетекті роликті тізбектер болып табылады. Мұндай тізбектер бір типті буындар бар, соның арқасында контурдағы буындардың саны жұп және тақ болуы мүмкін. Бір кезеңдік буыны бар роликті тізбектер үлкен бойлық икемділігі бар, сондықтан оларды соққы сипатындағы жүктеме кезінде қолданады [3].

Тісті тізбектер

Тісті шынжыр екі типті пластиналар жиынтығынан тұрады. Негізгі пластиналардың сыртқы бүйір беті бар, олар жұлдызшаның екі тісімен түйіседі. Бағыттаушы пластиналар жұлдызшаларға қатысты шынжырды орталықтандыруды қамтамасыз етеді. Бұл пластиналар үшін жұлдызшалар тәжінің ортасында тиісті жырық көзделеді. Тісті тізбек 1.5-суретте көрсетілген.



1.5-сурет - Тісті тізбектер: а) сырғанау топсалары; б) тербелу топсалары

Тісті тізбектер топсалардың конструкциясы бойынша ерекшеленеді. Оларда шынжырдың бүкіл ені бойынша пластиналарда бекітілген 1 және 2 жапсырмалар 3 білікшесімен түйісетін сырғанау топсалары қолданылады. Топсир пластиналарды екі жаққа $\varphi = 30^\circ$ бұрышына бұрауға жол береді. Домалау топсалары Білікше болмайды, оларды 1 және 2 сегментті екі

жапсырмамен дайындайды. Пластиналарды өзара бұрған кезде жапсырмалар сырғымайды, бұл беру ПӘК-ін және шынжырдың беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Тісті тізбектер роликтермен салыстырғанда бірнеше жоғары жылдамдыққа жол береді, олар жұмыстың үлкен бірқалыпты болуымен сипатталады, көппластинді конструкцияның арқасында жоғары сенімділікке ие. Алайда, олардың салмағы көп, олар жасау қиын және қымбат. Осыған байланысты тісті тізбектер шектеулі қолдану тапты. Тісті тізбек 1.6-суретте көрсетілген.

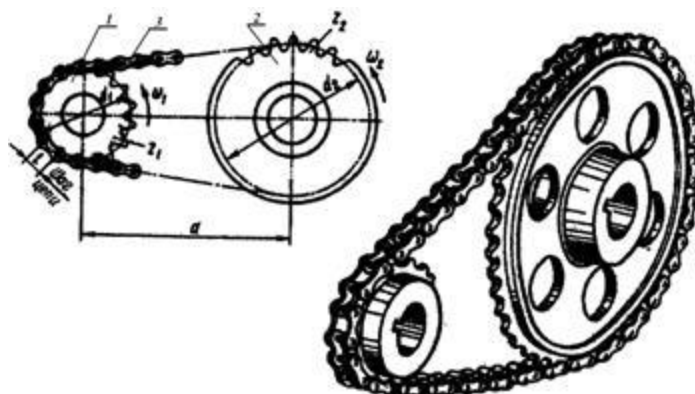


1.6-сурет – Тісті тізбек

Тісті шынжырлар шарнерлі домалау стандарталған болады. Тізбегінің қадамына байланысты тізбектің барлық басқа элементтерінің өлшемдері жатады. Тісті тізбектер роликтермен салыстырғанда бірнеше жоғары жылдамдыққа жол береді, олар жұмыстың үлкен бірқалыпты болуымен сипатталады, көппластинді конструкцияның арқасында жоғары сенімділікке ие. Алайда, олардың салмағы көп, олар жасау қиын және қымбат. Осыған байланысты тісті тізбектер шектеулі қолдану тапты [4].

1.2 Шынжырлы тізбекті беріліс

Тізбекті беріліс – оларға қатты бекітілген тісті доңғалақтар жұлдызшалардың және тізбек деп аталатын қатты буындармен олардың көп буынды иілгіш байланысын қамтитын параллель біліктер арасындағы айналмалы қозғалысты беруге арналған механизм.(1.7 сурет)



1.7-сурет-Тізбекті беру

Қарапайым тізбекті беру әрқайсысы өз білігіне бекітілген екі жұлдызшадан (1 және 2) тұрады, олардың кішісі көбінесе жетекші болады және олардың 3 тізбегін қамтитын, бір-біріне қатысты бұрылуға мүмкіндігі бар көптеген қатты буындардың ішінен құрылған.

Тізбекті берілістер жалпы өнеркәсіптік мақсаттағы машиналарда және әскери техникада кеңінен қолданылды: газ тарату механизмінің жұдырықшалы біліктерінің жетегі үшін іштен жану қозғалтқыштарында; автогрейдерлердегі жетекші дөңгелектерді жетегі үшін; БРДМ қосымша дөңгелектерді жетегі үшін; БТР-80 шығырының жетегі үшін; БМП-3 зеңбірегінің оқтау автоматында. Шынжыр табанды машиналардың шынжыр табанды қозғағышы, сондай-ақ жетекші дөңгелектің айналмалы қозғалысын машинаның өзі үдемелі қозғалысқа түрлендіретін арнайы мақсаттағы тізбекті беру болып табылады (1.1-кесте).

1.1-кесте –Шынжырлы берілістің орташа өлшем мәні

Шынжырлы берілістің түрлері	η
толық майланған жабық жылжымалылар	$\eta = 0,94 \div 0,96$
толық майланған ашық жылжымалылар	$\eta = 0,92 \div 0,95$
майланбаған ашық жылжымалар	$\eta = 0,90 \div 0,92$

Тізбекті берілістер әртүрлі көтергіш құрылғыларда (мысалы, көп қабатты элеваторларда) және тасымалдаушы құрылғыларда кеңінен қолданылады. Бұл жағдайда тізбекті берілістерді қолдану машина тораптарының құрылымын жеңілдетеді, олардың сенімділігі мен өнімділігін арттырады. Бұл құрылғыларда әртүрлі конструктивтік түрдегі тізбектер қолданылады.

Тізбекті берілістер айналымы қозғалыстың редуцирлеуі (берілу үрдісі жылдамдықты төмендету) үшін де, сондай-ақ оның мультиплицирлеуі (жылдамдықты арттыру) үшін де қолданылады.

Тізбекті берілістердің артықшылықтары: 1. Қозғалысты жеткілікті үлкен қашықтыққа беру мүмкіндігі (8 м дейін). 2. Бір тізбекті бірнеше біліктерге беру мүмкіндігі. 3. Сырғып кетудің болмауы, демек, біліктерге және олардың тіректеріне кішірейтілген көлденең жүктеме кезінде беріліс қатынасының тұрақтылығы. 4. Салыстырмалы жоғары ПӘК (жеткілікті майлау кезінде 0,96...0,98).

Тізбекті берілістердің артықшылығы мыналар болып табылады: осьаралық қашықтықтың кең диапазонында қолдану мүмкіндігі; • орташа беріліс қатынасының тұрақтылығы; • ремндік берілістерге қарағанда аз, габариттер; • ремндік берілістерге қарағанда аз, біліктерге және тірекке түсетін жүктеме, өйткені жұлдызшалармен тізбектің ілінуі салдарынан үлкен алдын ала тізбекті керу қажеттілігі жойылады; • салыстырмалы түрде жоғары ПӘК; • Бір тізбекті контурмен бірнеше біліктерге, соның ішінде айнарудың қарама-қарсы бағыты бар қозғалыстарды беру мүмкіндігі.

Тізбекті берілістердің кемшіліктері: 1. Тізбек жылдамдығының пульсациясы және бұл кезде пайда болатын динамикалық жүктемелер салдарынан жұмыс істеу кезіндегі шудың жоғарылауы мен дірілді активтілігі. 2. Жұлдызшаның ойпатымен соққымен өзара әрекеттесуі, топсаның өзінде сырғу үйкелуі және майлау қиындықтары салдарынан шынжыр топсаларының қарқынды тозуы. 3. Ою тізбектері (ұлғайту қадамын арасындағы шарнирами буындарының салдарынан тозу шарнир және ұзарту пластина. 4. Салыстырмалы жоғары құны.

Тізбекті берілістің атауы мен анықтауынан қазірдің өзінде оның негізгі элементі тізбек болып табылатыны анық болады. Тізбектер өнеркәсіпте кеңінен қолданылады және мақсатына қарай бөлінуі мүмкін.:

1. жүктерді көлденең немесе көлбеу бет бойынша тасымалдауға арналған тартқыш шынжырлар;
2. жүктерді көтеруге арналған жүк шынжырлары;
3. қозғалыс берілісіне арналған жетек тізбектері жиі айналымы тізбектерде.

Жетек ретінде ең көп таралған роликті, төлкелі және тісті тізбектер. Тізбектердің бұл үш түрі стандартталған.

2 Шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын буынды дайындаудың технологиялық үрдісі

2.1 Өндіріс түрлері мен типі

Машина жасау өндірісінің түрлері-өнімнің номенклатурасына және өндірістік бағдарламаның мөлшеріне байланысты барлық машина жасау өндірістері үш негізгі түрге бөлінеді: жеке (жеке), сериялық және жаппай. Ал өндіріс түрлері олар құю, соғу, штамптау, механикалық және т. б. жатады.

Жеке-дара-өндіріс бөлшектер конструкциясы немесе өлшемдері бойынша әр түрлі бірлі-жарым даналармен жасалатын өндіріс жеке-дара деп аталады, бұл бөлшектердің қайталануы сирек немесе мүлдем жоқ болады. Өндірістің мұндай түрі эксперименталды және Жөндеу-механикалық цехтарда, сондай-ақ ауыр машина жасау, ірі станок жасау зауыттарының механикалық жинау цехтарында орын алады.

Бірлі-жарым өндірісте негізінен әмбебап станоктар, оларда бар қалыпты құрылғылары, қалыпты кесетін және өлшейтін құралы пайдаланылады. Бірлі-жарым өндірісте бөлшектерді өндеудің технологиялық процесі, әдетте, егжей-тегжейлі әзірленбейді, станоктарды, айлабұйымдар мен құралдарды көрсете отырып, операциялар тізбесін белгілеумен шектеледі. Станоктар цехтарда мынадай түрлер бойынша топтармен орналасады: токарь, бұрғылау, сүргілеу, фрезерлік, ажарлау және т. б.

Сериялық өндіріс-деп бөлшектерді өндеу конструкциясы бойынша аттас, біртектес және бір мезгілде өндеуге қосылатын өлшем бойынша біртектес бөлшектерден тұратын жекелеген сериялармен кезең-кезеңімен жүзеге асырылатын өндіріс деп аталады. "Бөлшектер партиясы" ұғымы бөлшектер санына, ал "серия" ұғымы - бір мезгілде өндіріске қосылатын машиналар санына жатады. Сериядағы машиналар санына, олардың сипаты мен еңбек сыйымдылығына байланысты шартты түрде: ұсақ сериялы, орташа сериялы және ірі сериялы. Мысалы, егер механикалық цех айына 3-тен 10 данаға дейін әртүрлі ұсақ станоктарды өндіруге арналған бөлшектерді өндесе, онда бұл ұсақ сериялы өндіріс болады. Егер ай сайын 10 - нан 100-ге дейін станоктар өндірілсе, бұл орташа сериялы өндіріс. Станоктарды өндіру кезінде айына 100 данадан астам-ірі сериялы өндіріс [5].

Жаппай өндіріс-бірдей өңделетін бөлшектер саны жеткілікті көп болған жағдайда оларды дайындау станоктарда бір тұрақты қайталанатын операцияларды үздіксіз орындау жолымен жүргізілетін өндіріс жаппай деп аталады. Массалық өндіріс конструкциясы ұзақ мерзім ішінде (3-4 жыл және одан да көп) өзгермейтін бөлшектердің көп санын шығарғанда мүмкін және экономикалық тиімді.

Жаппай өндірісте технологиялық процесс өте егжей-тегжейлі әзірленеді. Бұл жерде арнайы станоктар мен автоматтар ғана емес, автоматты желілер, сондай-ақ арнайы құрылғылар мен аспаптар кеңінен қолданылады.

Станоктар әдетте технологиялық процесте жасалатын операциялар сияқты тәртіппен орналастырылады. Жаппай өндіріс автотракторлық және Шарик тәріздес өнеркәсіпке, ауыл шаруашылық машина жасауға, аспап жасауға және т. б. тән.

2.2 Дайындама алу әдістері

Дайындаманы таңдау бөлшектерді дайындаудың технологиялық процесін ұтымды құру мүмкіндігіне тікелей әсер етеді. Дайын бөлшектің параметрлеріне дайындама өлшемдерінің қалыптарын барынша жақындату қажеттілігіне сүйене отырып, дайындамаларды алудың прогрессивті әдістері мен тәсілдерін қолданған жөн

КИМ есептеу кезінде дайындама жасау процесінде жарамды материалдың шығу коэффициентін табады: (КИМ -есептеу келесі формуламен анықталды)

$$K_{\text{ВГ}} = \frac{m_{\text{заг}}}{m_{\text{р}}}, \quad (2.1)$$

мұндағы m - дайындаманың массасы (дайындау массасы жобалау барысында алынған

Дайындаманы алу әдісін таңдау қиындығы көбінесе қарама-қарсы техникалық талаптарға тап болады. Сонымен қатар, шешімдерді қабылдау өндірістік шектеулер, материалдық ресурстарды шектеу, экономикалық мүмкіндіктер, энергетикалық ресурстар, білікті жұмысшы кадрлардың болуы, көлік шығыстары, өндірісті дайындау үшін уақыт жағдайларында жүргізіледі. Дайындамаларды механикалық өңдеудің кейінгі операцияларының оларды дайындау тәсілін ұтымды таңдаумен қол жеткізілетін еңбек сыйымдылығының төмендеуі жабдықтар мен технологиялық жарақтарды Елеулі ұлғайтпай, сол өндірістік алаңдарда өндірістің өсуін қамтамасыз етеді [6].

2.3 Технологиялық операцияны жобалау

Технологиялық операцияларды жобалау кезінде келесі өзара байланысты операциялар орындалады: механикалық өңдеу операциясын құру құрылымын таңдайды; операцияларға технологиялық ауысулардың мазмұнын нақтылайды; станок моделін таңдайды; технологиялық жабдықтарды таңдайды; өңдеу режимдерін есептейді; уақыт нормасын есептейді; жұмыс разрядын анықтайды; операцияның орындалу тиімділігін негіздейді.

Сондықтан да, техникалық-экономикалық есептеулер негізінде ықтимал нұсқаларды бағалау жүргізіледі. Жекелеген операцияларды жобалай отырып, бөлшектерді дайындаудың технологиялық бағытын нақтылайды және оған қажетті түзетулер енгізеді. Өңдеу операцияларын құру құрылымы.

Механикалық өңдеу операцияларының құрылымын әзірлеу кезінде неғұрлым үнемді нұсқаға қол жеткізуге ұмтылу қажет. Өнімнің өзіндік құнына әсер ететін маңызды фактор өнім бірлігінің еңбек сыйымдылығымен, яғни даналық уақытпен бағаланатын процестің өнімділігі болып табылады.

2.4 Шынжырлы буын материалының құрамы

35ХМЛ құймаларға арналған легирленген болат жоғары тұтқырлығы, беріктігі, қаттылығы бар, жоғары динамикалық, статикалық жүктеме кезінде жұмыс істейтін жауапты бөлшектерді дайындау үшін қолданылады – айқастырғыштар, тістегершіктер, тісті тәждер, төлкелер, басқа бұйымдар. Шынжыр материалының құрамы-35ХМЛ-металл қорытпасы, оның негізі темір (Fe), оның құрамы 35ХМЛ кем дегенде 96.8% болуы тиіс. 35ХМЛ қорытпасында хром, марганец, көміртек, кремний, молибден бар. [7] Қоспалардың рұқсат етілген саны химиялық құрамы төменде келтірілген (2.1-2.4 кесте) кестелерде анықталған.

2.1-кесте - Материалдың сипаттамасы 35ХМЛ

Маркасы :	35ХМЛ
Алмастырғыш:	30ХМЛ, 35ХНЛ, 40ХГРЛ
Классификация :	Құймаларға арналған легирленген болат
Ұсынатын өнімдер.	
Қолдану:	жоғары статикалық және динамикалық жүктемелердің әсерінен жұмыс істейтін және жоғары қаттылықты талап ететін жоғары беріктілік пен тұтқырлық талаптары қойылатын тістегершіктер, айқастырғыштар, төлкелер, тісті тәждер және басқа да жауапты бөлшектер. Болат салқындатқыш.
Шетелдік аналогтар:	Белгілі

2.2-кесте - Химиялық құрамы % материал 35ХМЛ ГОСТ 977-88, сондай-ақ ГОСТ 21357-87 кіреді

C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo
0.3 - 0.4	0.2 - 0.4	0.4 - 0.9	до 0.04	до 0.04	0.8 - 1.1	0.2 - 0.3

2.3-кесте - Материал 35ХМЛ-механикалық қасиеттері

Сұрыпша	МЕСТ	Өлшемдері- қалыңдығы, диаметрі	Термоөңдеу режимі	t	KCU	y	d ₅	s _T	s _B
		мм		°C	кДж/м²	%	%	МПа	МПа
Құймалар К40	977–88	Дейін 100	Қалыпқа келтіру	860– 880	294	20	12	392	589
			Демалыс	600– 650					
КТ55			Шыңдау	860– 880	392	25	12	540	687
			Демалыс	600– 650					
Құймалар	21357– 87		Шыңдау			18	10	600	700
			Демалыс						

2.4-кесте - 35ХМЛ материалды термиялық өңдеу режимдері

Қалпына Келтіру 860-880 ° С, Босату 600-650 ° С
Шыңдау 860-870 ° С, Босату 600-650 ° С

2.5 Білдек түрлерін таңдау әдісі

Білдектің типі және білдек бұйымды жобалау кезінде таңдап алынады. Олар көрсетілген өңдеу дәлдігін, бұйым бетінің сапасын, өңдеу өндірістілігін, бұйымның ең аз технологиялық бағасын, максималды пайдалылығын және нәтижелігін қамтамасыз етуі қажет.

7Б35 моделінің станогы, ұзындығы 700 мм дейін дайындамаларды сүргілеуге арналған. Станинада жылдамдық қорабы және айналмалы қозғалысты қайтарымды-үдемелі қозғалысына түрлендіретін кулисалық механизм орналасқан. Жону станогы 2.1-суретте көрсетілген.

Дайындамаларды жону кезіндегі кесу жылдамдығы

$$v_T = \frac{c_\theta}{T^{m_{svv}} \cdot t^{xv}} \cdot K_\theta, \quad (2.2)$$

мұндағы c_θ – өңдеу жағдайына, дайындама мен кескіш аспап материалдарына байланысты коэффициентті;

m, y_v, x_v – дайындама мен кескішті материалдарына байланысты дәреже көрсеткіштері;

T – біркекішті өндеудегі аспаптың уақыт тұрақтылығы,

S – беріс;

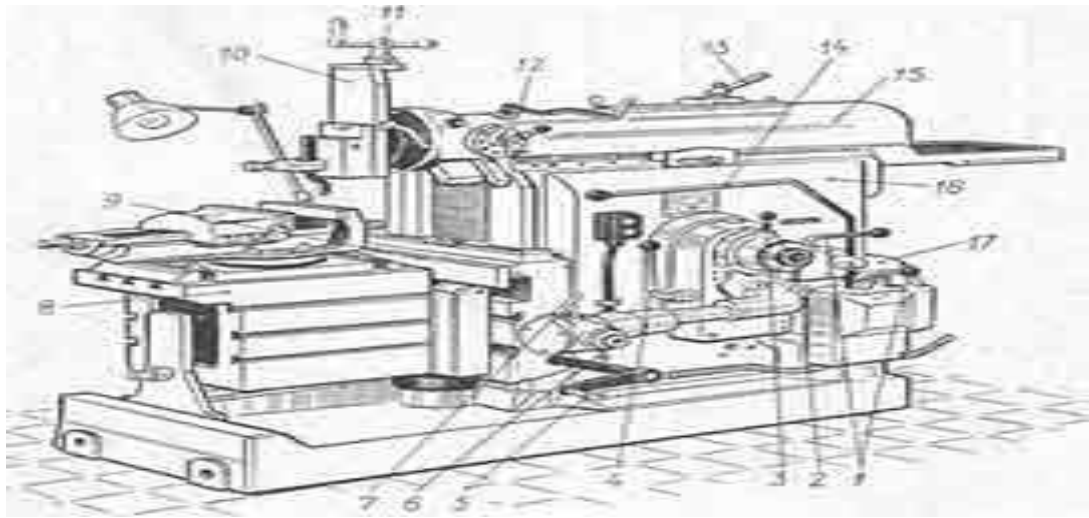
t – кесу тереңдігі.

Тесуде

$$v_T = \frac{C_\theta \cdot D^n}{T^m \cdot S^y} \cdot K_\theta, \quad (2.3)$$

мұндағы D – тескіш аспаптың диаметрі;

n – дайындама мен тескіштің материалына байланысты дәреже көрсеткіші.



2.1-сурет - Жону 7Б35 станогы

Әмбебап фрезерлі станокты басқару станоктың қандай түрі өндірісте қолданылатындығына байланысты, бүгінгі күні фрезерлі өндеуге арналған автоматты аппараттар жиі қолданылады, алайда қолмен және жартылай автоматты басқарылатын станоктар да жиі қолданылады (2.2-сурет). Сонымен қатар станоктар сандық бағдарламалық басқару арқылы жұмыс істей алады.

Дайындамалардың фрезерлеу кезіндегі формуласы

$$v_T = \frac{C_\theta \cdot D^n}{T^m \cdot S_z^{y_v} \cdot B^n \cdot t^{x_v} \cdot Z^c} \cdot K_\theta, \quad (2.4)$$

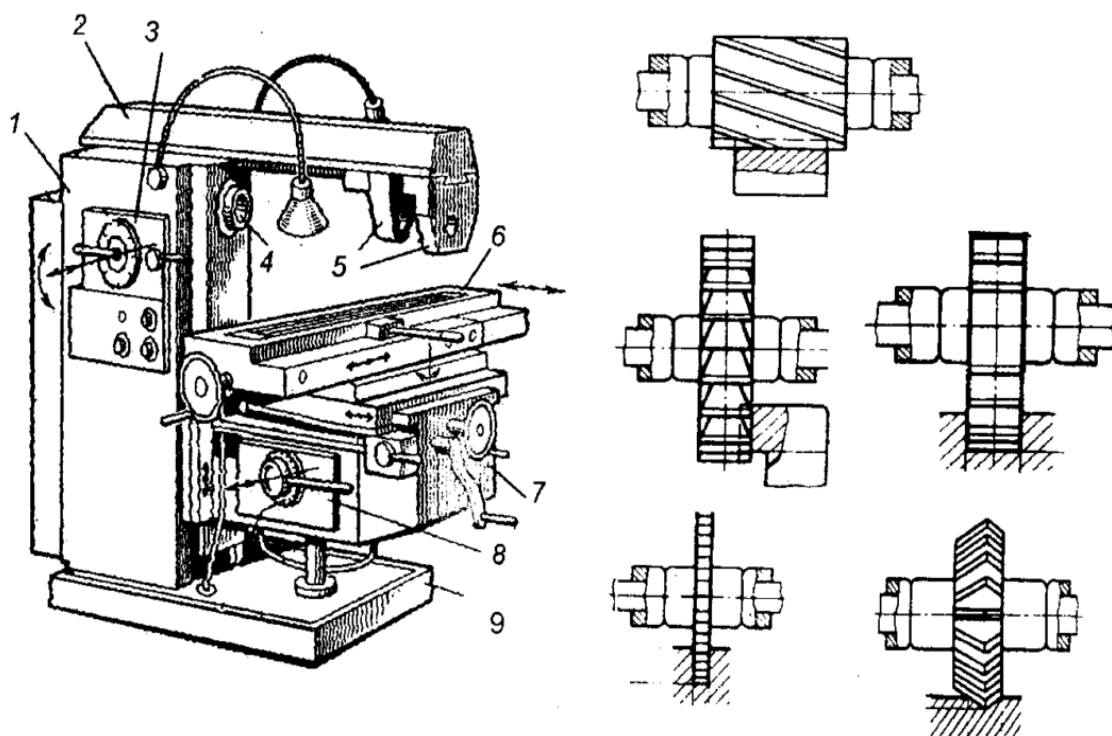
мұндағы D – фрезаның диаметрі;

S_z – фрезаның бір тісіне түсетін беріс, мм;

B – фрезерлейтін беттің ені;

Z – фреза тістерінің саны;

m, n, c – дәреже көрсеткіштері.



2.2-сурет - Фрезерлік станок

Мұндай станоктар ең модификацияланған және жақында қолданыла бастады. Олардың өнімділігі мен жұмыс жүйесі жоғары сипаттамалармен ерекшеленеді, алайда мұндай фрезерлік станоктардың құны да автоматтандырылмаған станоктардың бағасын айтудан анағұрлым жоғары болып табылады [8].

2.6 Өңдеу берісін және кесу тереңдігі анықтау әдістері

Кесу және беру тереңдігі өндірістік жағдайларда (нормалау кезінде) жұмыс істейтін технологиялық шамалар болып табылады. Теориялық зерттеулер үшін кесілетін қабаттың геометриялық шамалары бар: кесілетін қабаттың ені, қалыңдығы және ауданы.

Өңдеу берісіннің мәні төмендегідей формуламен анықталады

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n, \quad (2.5)$$

мұндағы S_Z – ұсынылған беріс ;

z – таңдалған фрезаның тістер саны;

n – айналым саны.

Кесу тереңдігі әрдайым беру бағытына перпендикуляр. Кесетін тереңдігін кескен кезде кесілетін қабаттың мөлшері өңделген кесікке перпендикуляр өлшенген кескіш қабат болып табылады. Кескішпен материал қабатын кесу процесі үдемелі басты қозғалыс кезінде металды сүргілеу деп аталады, ал материалдар өңделетін станоктар қатаң деп аталады.

Кескіштің басты қозғалысы және дайындаманы беру қозғалысы сүргілеу-сүргілеу станоктарына тән(. Қазіргі өндірісте сүргілеу станоктарының екі түрі қолданылады. Оқу шеберханаларында үлкен габариттермен ерекшеленетін бойлық-сүргілеу станоктарын қолданбайды. Осыған байланысты төменде тек көлденең-сүргілеу станоктарының құрылғысын және олардың жұмысын қарастырамыз.

3 Шынжырлы буынның кернеулі-деформациялы күйін CAD/CAE жүйесінде есептеу

3.1 CAD/CAE жүйелерінің қолданылуы

Автоматтандырылған жобалау жүйесі-жобалау функцияларын және орындаудың ақпараттық технологиясын жүзеге асыратын автоматтандырылған жүйе, жобалау процесін автоматтандыруға арналған ұйымдық-техникалық жүйе болып табылады, ол персоналдан және техникалық, бағдарламалық және оның қызметін автоматтандырудың басқа да құралдарынан тұрады. Электронды жүйелерді жобалауда АЖЖ қолдану электронды жобалауды автоматтандыру ретінде белгілі. АЖЖ механикалық жобалауда жобалаудың механикалық автоматизациясы ретінде белгілі немесе сызбаларды Автоматты құрастыру ол компьютерлік бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, техникалық сызбаны жасау процесін қамтиды.

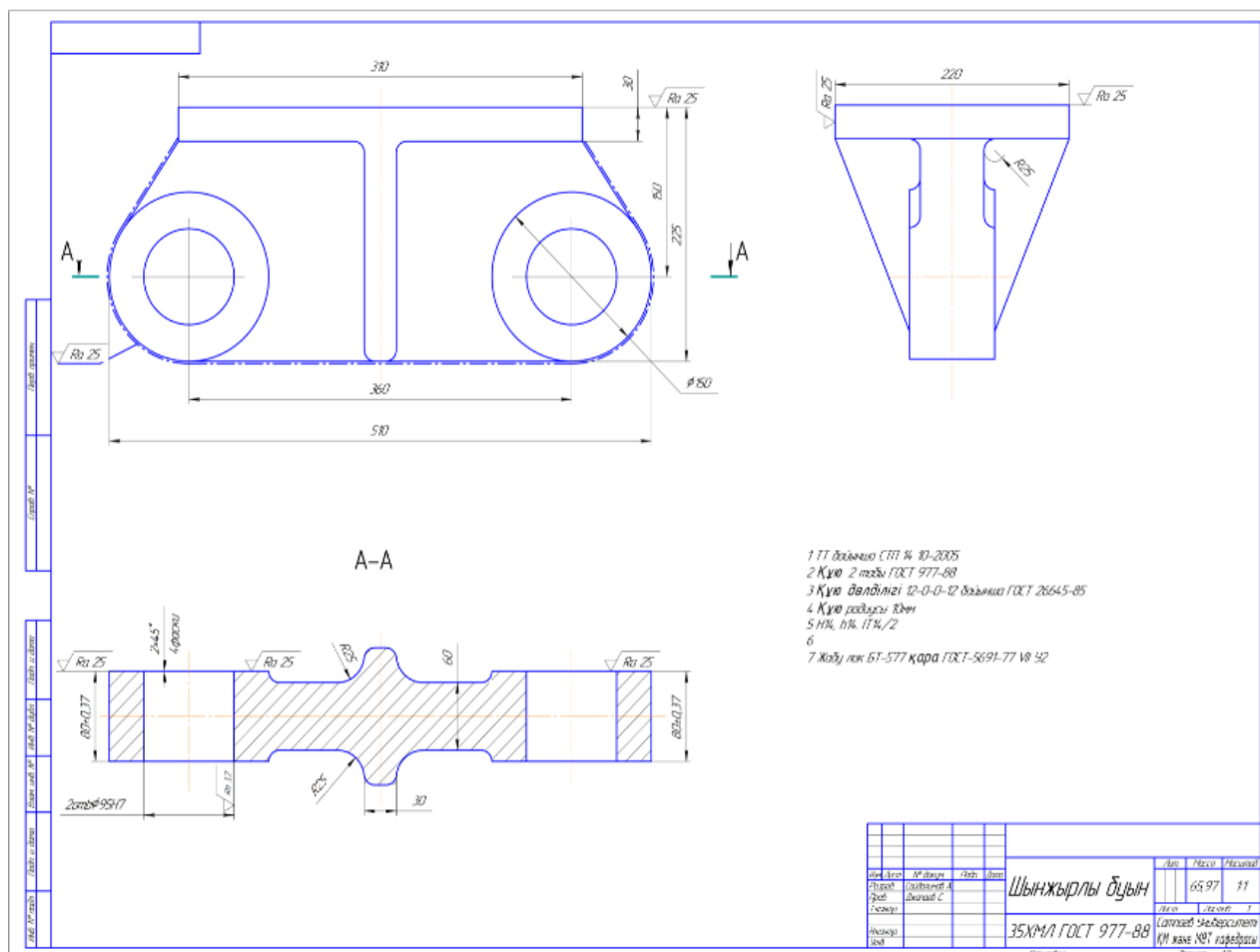
САПР бағдарламалық жасақтамасы механикалық жобалау үшін дәстүрлі сызу нысандарын бейнелеу мақсатында векторлық графиктерді пайдаланады немесе жобаланатын объектілердің жалпы түрін көрсететін растрлық графиктерді жасай алады. Дегенмен, бұл жай үлгі пішіндерден артық қамтиды. Техникалық және инженерлік сызбаларды қолмен жасау кезіндегі сияқты САПР шығыс деректері нақты қосымшалар үшін келісімдерге сәйкес пайдаланылатын материалдардың сипаттамалары, процестер, өлшемдер мен рұқсатнамалар сияқты ақпаратты беруі тиіс. CAD екі өлшемді (2D) кеңістікте қисықтар мен фигураларды жобалау үшін; немесе үш өлшемді (3D) кеңістікте қисықтар, беттер мен қатты денелерді жобалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Көбінесе CAD Computer Aided Drafting, аудармасы «компьютер көмегімен сызба жұмыстарын орындау» (автоматтандырылған сызба жұмыстары) мағынасын білдіреді. CAE (Computer Aided Engineering) – инженерлік есептерді автоматтандыру, физикалық үрдістерді талдау және имитация жасау құралдары, CAM– автоматты жүйе модулі, немесе СББ станоктарды басқарылатын программаларды дайындайтын ЭВМ-ге негізделген автоматтандырылған жүйе. Терминің өзінде өндірісті компьютерлендірілген дайындықпен, сонда-ақ инженер-технологтар есептеу программалар комплексы негізге алынады. Технологиялық құжаттар дайындау үшін өндірісті автоматты технологиялық дайындау жүйелері қолданылады [9].

3.2 Компас-3D жүйесі

Компас – 3D жүйесі классикалық үш ретгі параметрлерді жобалау, яғни мүмкіншіліктер мен көлемді моделді құрастырмалы құжаттар жасап шығаруға мүмкіндік береді. Компас – 3D үш ретгі қатты денелерді модельдеу, әмбебап автоматты жүйе жобалау, Компас- графикті және жобалау модуль сипат тізімі оның негізгі компоненттері болып табылады. Шынжырлы буынның сызбасын

осы жүйеде сызып алып Solidworks модуліне алып есептеулер жүргіземіз (3.1-сурет)



3.1-сурет - Шынжырлы буынның 2D сұлбасы

Қазіргі уақытта кәсіпорындардың көпшілігі үш өлшемді кеңістікте жобалауға тырысады. Үшөлшемді CAD/CAE-жүйелері жобалаушыға шығармашылық үшін үлкен кеңістікті ұсынады және бұл ретте жобалау-сметалық құжаттаманы шығару процесін айтарлықтай жеделдетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай жүйелер жобалаудың дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді: конструкциядағы даулы сәттерді бақылау оңай болады.

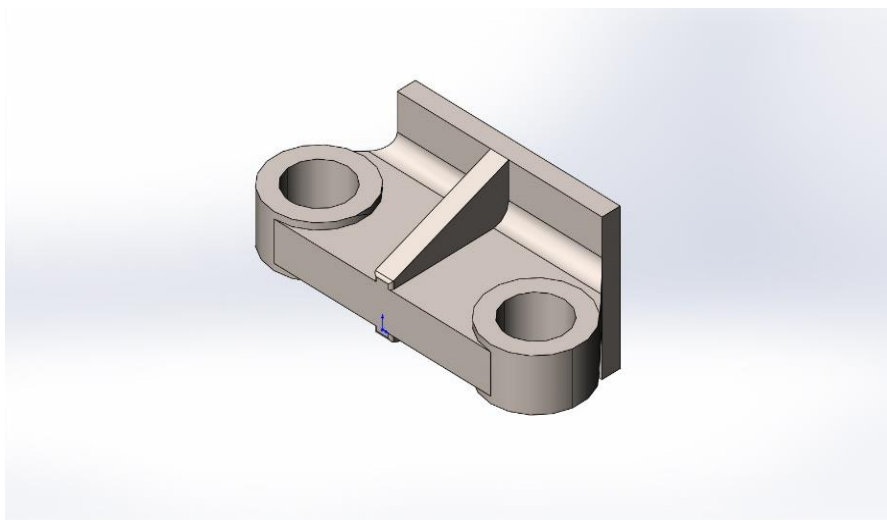
Компас-3D жүйесі бірегей және стандартталған конструктивтік элементтері бар жеке бөлшектер мен құрастыру бірліктерінің үш өлшемді ассоциативті модельдерін құруға арналған. Параметрлік технология бір рет жобаланған прототип негізінде Типтік бұйымдардың үлгілерін жылдам алуға мүмкіндік береді. Көптеген сервистік функциялар өндірісті жобалау мен қызмет көрсетудің қосалқы мәселелерін шешуді жеңілдетеді.

Компас- негізгі ерекшелігі өз математикалық ядроны және АСКОН мамандары әзірлеген параметрлік технологияларды пайдалана отырып. Жүйенің базалық функционалы: үш өлшемді модельдеудің дамыған құралдары; бірнеше мың қосалқы бөлшектерді, бөлшектер мен стандартты бұйымдарды

қамтитын жобалармен жұмыс істеу құралдары; табақ материалынан жасалған бөлшектерді моделдеу функционалы-табақ денесін, бүгілген, тесіктерді, жалюздерді, буртиктерді, табақ денесіндегі штамптар мен ойықтарды жасау, бұрыштар мен т. б. тұйықталу, сондай-ақ алынған табақ денесінің ұңғысын орындау (оның ішінде жайманың ассоциативті сызбасын қалыптастыру) командалары [10].

3.3 Шынжырлы буынның кернеулі-деформациялы күйін CAD/CAE жүйесінде есептеу

SolidWorks бағдарламасының негізгі мақсаты – интербелсенді құжаттар жасауды және басқа жүйелермен деректер алмасуды қамтамасыз етуді қоса алғанда, кез келген күрделі мақсаттағы бұйымдар өндірісін жобалау, инженерлік талдау және дайындаудың толассыз процесін қамтамасыз ету (3.2-сурет).



3.2-сурет – Шынжырлы буын

Шынжырлы буынды орнықтылыққа және қатаңдыққа есептеу үшін олардың кернеулі-деформациялы күйін зерттеу қажет. Сондықтан ең алдымен берілген бөлшек шынжырлы буынды шекті элементтерге бөлуді жүзеге асырамыз (3.3-сурет).

Тор туралы ақпараттар (3.1-3.2-кестеде көрсетілген)

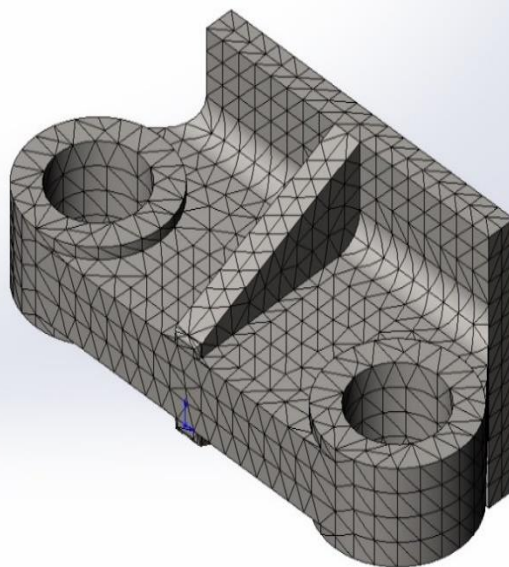
3.1-кесте – Тор туралы ақпарат

Тор түрі	Қатты денедегі тор
Қолданылатын бөлу:	Стандартты тор
Торды автоматты түрде тығыздау:	Өшірулі
Тор автоциклдарын қосу:	Өшірулі
Якобианның Нүктелері	4 нүкте
Элемент өлшемі	19.8156 mm
Рұқсат беру	0.990782 mm
Тордың сапа элжорасы	Жоғары

3.2-кесте – Нақты тор туралы ақпарат

¶	14350
Барлық тораптар	
Барлық элементтер	8705
Тараптардың ен көп қатынасы	17.363
жақтардың қатынасы < 3 элементтердің %	98.1
% элементтердің жақтары > 10	0.149
% бұрмаланған элементтер (Якобиан)	0
Торды аяқтау уақыты (hh:mm:ss)	00:00:00
Компьютердің аты:	СС-IMS203-008

Имя модели: Айдар_1004
Название исследования: SimulationXpress Study (По умолчанию)
Тип сетки: Сетка на твердом теле

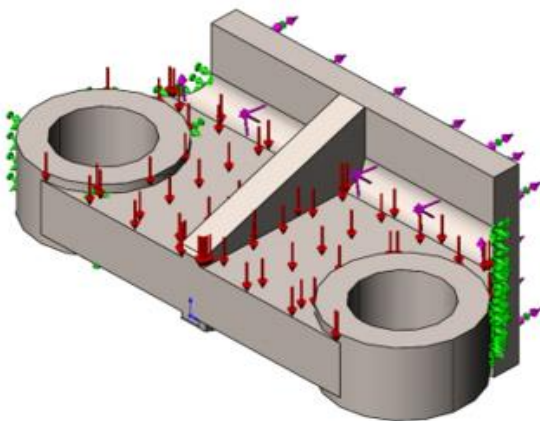
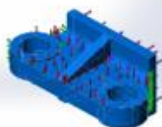


3.3-сурет – Solidworks модулінде бөлшекті шекті элементтерге бөлу

Бұл операциядан кейін, берілген бөлшек, яғни шынжырлы буынға әсер ететін күштерді түсіріп, есептеулерге жібереміз (3.4-суретте көрсетілген).

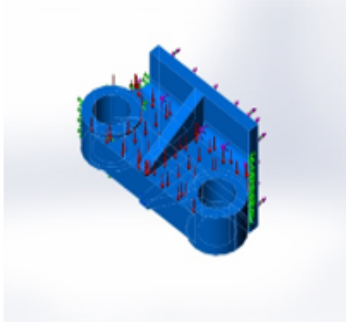
Дайын болған модельдерді статистикалық есептеулерге жіберу үшін Solidworks модулінде. Статикалық есептеулер нәтижесінде шынжырлы буының кернеулі-деформациялы күйінің картасын, яғни кернеулер мен деформация компоненттерінің таралуын аламыз. (3.6-сурет)

Шынжырлы буынға түсірілген Von кернеу Мизес күшінің есептеулер нәтижесі төмендегі суреттерде көрсетілген.

			
Қатты денелер			
Құжаттың атауы мен сілтемелері	Ретінде қарастырылады	Көлемдік қасиеттері	Құжат жолы/өзгерту күні
Fillet5 	Қатты денелер	Салмағы: 59.8831 kg Көлемі: 0.00777704 m ³ Тығыздығы: 7699.99 kg / m ³	E:\диплом\Шынжырлы буын.SLDPRT Apr 15 15:31:22 2019

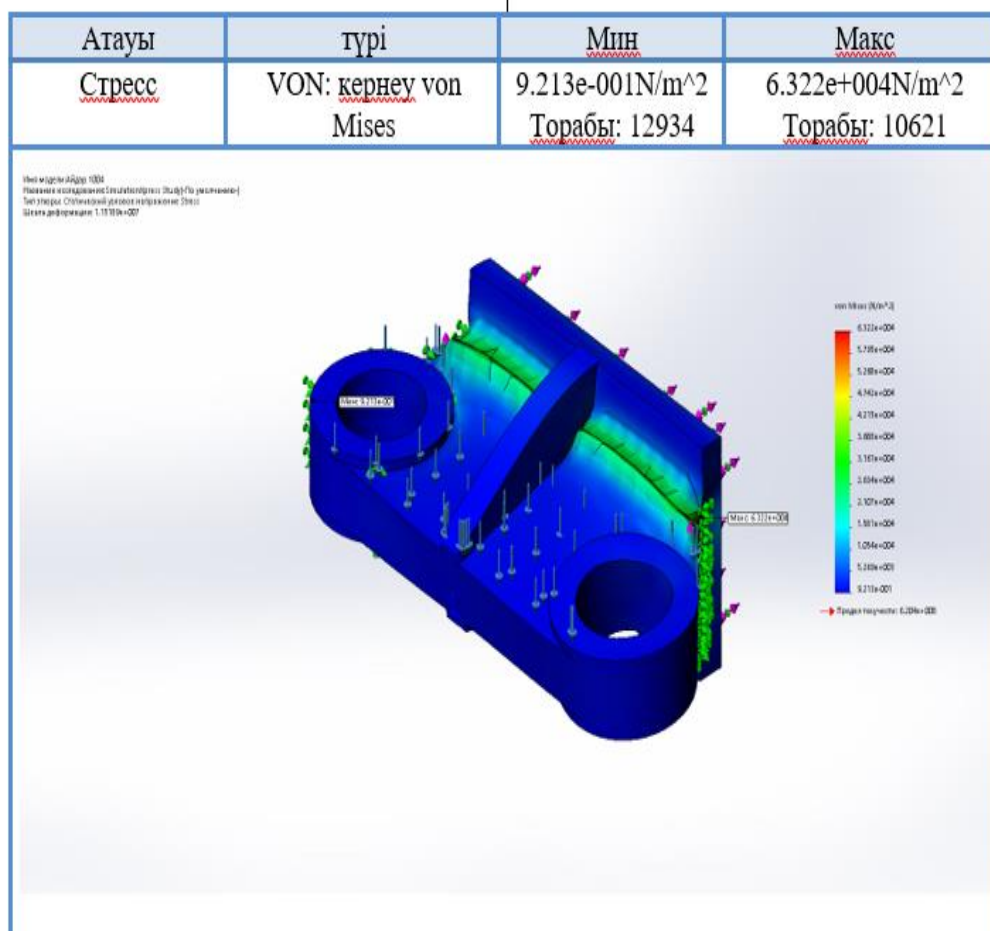
3.4-сурет – Шынжырлы буынға күш түсірілуі бағыттары

Материалдың қасиеттері

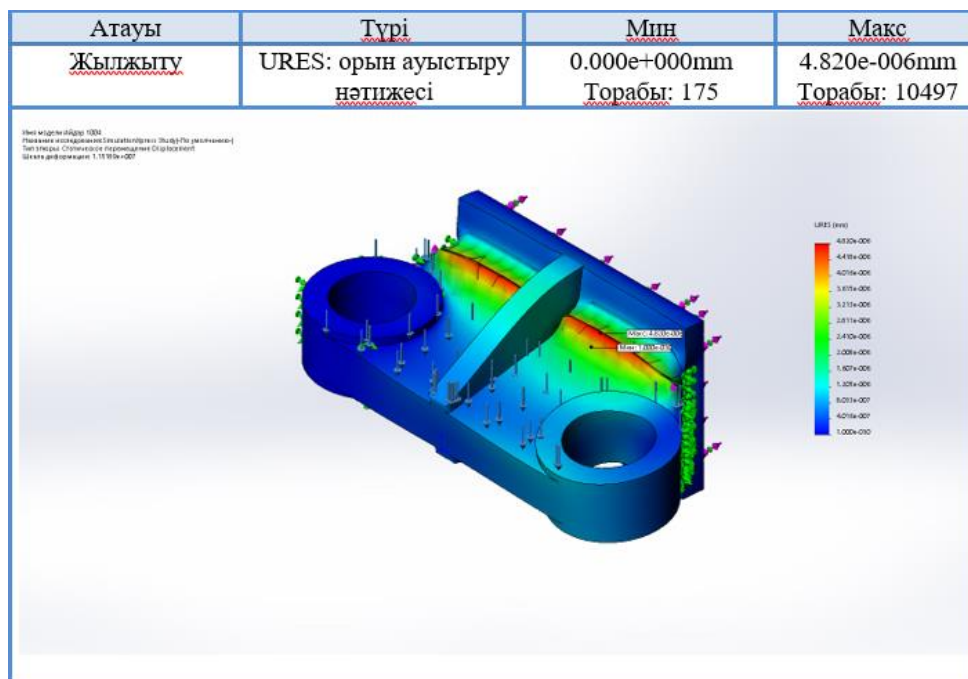
Модельге сілтеме	Қасиеттері	Компоненттер
	Аты: Легирленген болат Модель түрі: Сызықтық серпімді Әлепкі беріктілік өлшемі: Изотропты ең жоғары кернеу von Mises Тұрақтылық шегі : 6.20422 e+008 N / m² Созылу кезіндегі беріктілік шегі: 7.23826 e+008 N/m²	Қатты дене

3.5-сурет – Материалдың қасиетті

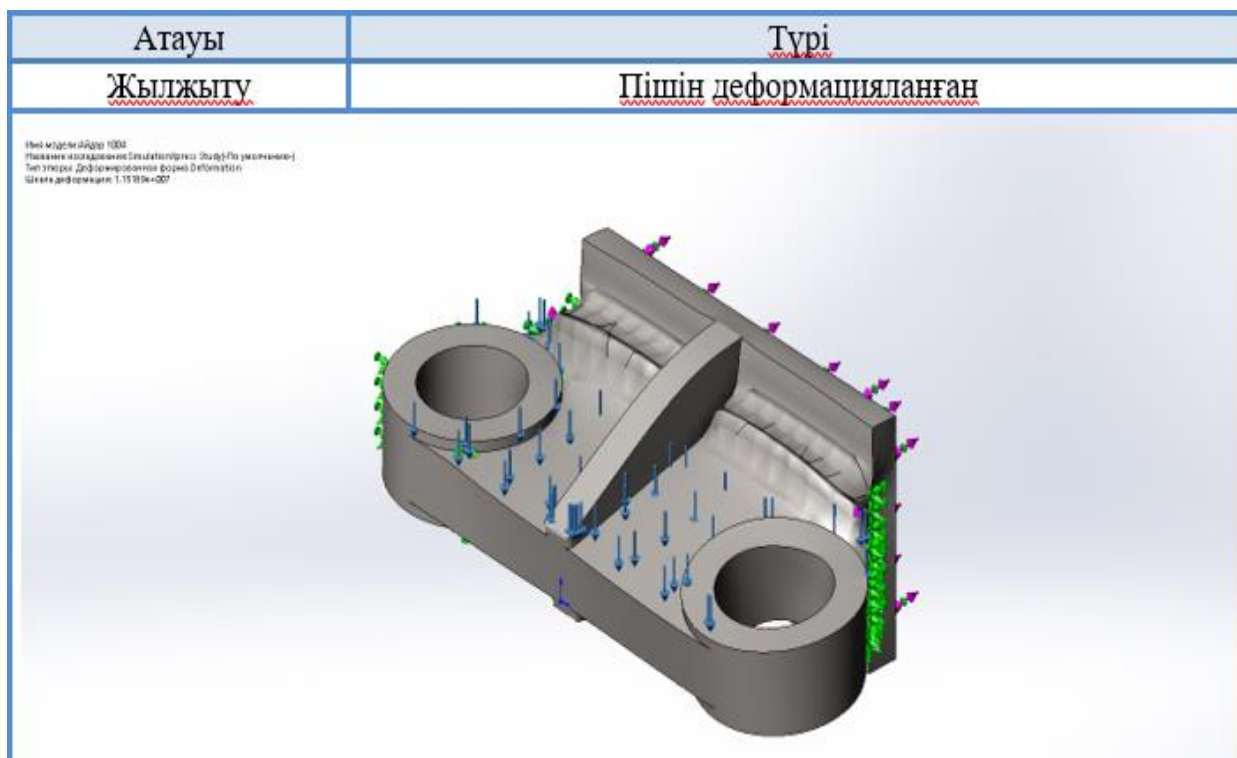
Зерттеу нәтижелері



3.6-сурет - Кернеу нәтижелері

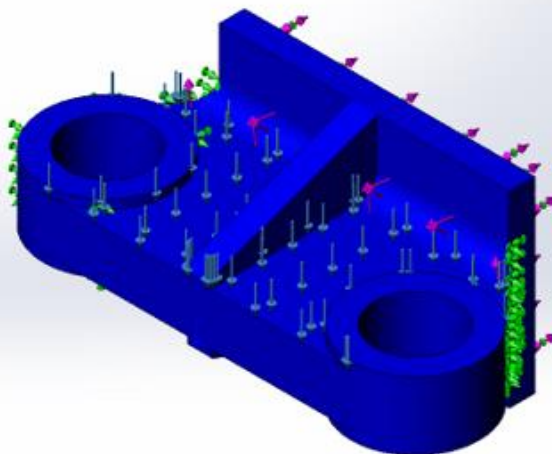


3.7-сурет – Шынжырлы буынның орын ауыстыруы нәтижесі



3.8-сурет - Пішін деформацияланған күйі

Атауы	Түрі	Мін	Макс
Беріктік қоры	Ең жоғары кернеу von Mises	9.814e+003 Торабы: 10621	6.734e+008 Торабы: 12934



Шынжырлы буын Simulationxpress зерттеу және беріктілік қоры-қор коэффициенті

3.9-сурет – Шынжырлы буының беріктік қоры еселігі

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысыта шынжырдың құрамдас бөлігі болып табылатын шынжырлы буынды (2-буын) дайындаудың технологиялық үрдісін CAD/CAE жүйесінде жобаладым. Шынжырлы буын бір-бірімен қозғалмалы қосылған шынжырдың негізгі бөлшегі болып саналады.

Дипломдық жұмыс тақырыбы бойынша шынжырлы буынның технологиялық үрдісі, яғни өндіріс түрлері мен типтерін анықтау, дайындаманың дайындалу тәсілін анықтау, буын материалының химиялық құрамы, кесу режимдерінің есептері қарастырылды.

КОМПАС 3D-жүйесі арқылы шынжырлы буынның 2D және 3D сұлбалар салынды.

Solidworks бағдарламасы арқылы шынжырлы буынның кернеулі-деформациялы күйі қарастырылып, оның статикалық беріктігі, орнықтылығы қарастырылды. Есептеу нәтижелері шынжырлы буындағы Мизес бойынша ең үлкен эквиваленті кернеу $673,4 \text{ КПа}$, ең кіші кернеу $0,09 \text{ Па}$ болатынын көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Михаевич Е.П. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Т: изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 100.
- 2 Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие. – Т: изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
- 3 Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
- 4 Панов А.А., Аникин В.В., Кирсанов С.В. и др. Обработка металлов резанием: справочник технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
- 5 Жуков Э.Л. и др. Технология машиностроения. Часть 2. Проектирование технологических процессов: учебное пособие / под ред. С.Л. Мурашкина. – СПб.: изд-во СПбГТУ, 2000. – 498 с.
- 6 Нефедов Н.А., Осипов К.А. «Сборник задачи примеров по резанию металлов и режущему инструменту». Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1976.
- 7 В.Д.Мягков, М.А.Палей и др. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х томах. – 6-е изд. Перераб. И доп. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 8 Нефедов Н.А «Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах». - М.: Машиностроение, 1986.
- 9 «Общемашиностроительные нормативы времени». – М.: Машиностроение, 1989.
- 10 Сегерлинд А. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979.