

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

Маллен Рахат Қайратұлы

CNC станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

6B07105 – Өнеркәсіптік инженерия

Алматы 2023

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

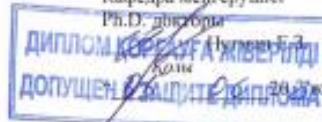
Энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Ph.D. докторы



Нугман Е.З.

Қолға

Дипломдық жұбаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: "CNC станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу"

6B07105 - Өнеркәсіптік инженерия

Орындаған

Маллен Рахат Қайратұлы

Пікір беруші
Қауымдастырылған профессор

Өктембаев А.К.

Қолға

БӨЛІМІ

31

УЧОБЫ

2023ж.

ОТДЕЛ



Ғылыми жетекші

PhD докторы кафедрa меңгерушісі

Нугман Е.З.

Қолға

31

05 2023ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

6B07105 - Өнеркәсіптік инженерия

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Ph.D. докторы

Нугман Е.З.

Қолы
23 " 11 2022ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Матлен Рахат Қайратұлы

Тапсырыбы: «С/С станоктарының техникалық нұсқаулықтарын жергілікті»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мертімі "03" маусым 2023 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: диплом жоба аясындағы практиканың нәтижелері, тегітін техникалық сипаттамасы

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: С/С станоктарына жалпы шолу:

а) С/С станоктарының негізгі көрсеткіштері;

б) DMG Mori Milling 700;

в) Техникалық ұсыныс нормаларын есептеу;

Графикалық материалдардың тілімі (қажетті сызбаларды нақты көрсетумен):

жұмыстың слайд-презентациясында ұсынылды

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 атаым

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
СББ станоктарына жалпы шолу	23.11.2022 - 07.03.2023	орындалды
DMG Mori Millip 700	01.02.2023 - 30.05.2023	орындалды
Бөлшек «Мотор корпусы»	01.02.2023 - 30.05.2023	орындалды

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әжесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Қауым бақылау	Абілқайыр Жасталап Наурызғали Ph.D. докторы, аға оқытушы	31.05.23	

Ғылыми жетекші


Қолы

Нугман Е.З.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы


Қолы

Маллен Р.Қ.

Күні

« 01 » 06 2023ж

АНДАТПА

Бұл зерттеуде сандық басқару бағдарламасы (СББ) бар станоктардың технологиялық мүмкіндіктеріне талдау жасалады. Зерттеудің негізгі мақсаты-СББ станоктарының техникалық параметрлерін анықтау, сонымен қатар олардың материалды әртүрлі манипуляциялау және бөлшектерді жасау мүмкіндіктерін анықтау.

Талдау өңдеудің максималды жылдамдығы, орналасу дәлдігі, машинаның жұмыс бетінің өлшемдері, әртүрлі операцияларды орындауға арналған кіріктірілген құралдардың болуы сияқты параметрлерді зерттеу негізінде жүргізіледі. Сондай-ақ фрезерлеу, кесу, бұрғылау, бұрау және т.б. сияқты әртүрлі материалдарды өңдеу технологияларына назар аударылады.

Алынған ақпарат СББ станоктарының мүмкіндіктерін бағалау және олардың нақты өндіріс жағдайында қолданылуын анықтау үшін пайдаланылады. Зерттеу нәтижелері станоктардың әртүрлі модельдерін салыстыруға және белгілі бір тапсырманы орындау үшін ең қолайлысын таңдауға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

В данном исследовании будет проведен анализ технологических возможностей станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Основной целью исследования является определение технических параметров станков с ЧПУ, а также определение их возможностей для выполнения различных манипуляций с материалом и создания деталей.

Анализ будет проводиться на основе исследования параметров, таких как максимальная скорость обработки, точность позиционирования, размеры рабочей поверхности станка, наличие встроенных инструментов для выполнения различных операций. Также будет уделено внимание различным технологиям обработки материалов, таким как фрезерование, резка, сверление, точение и другие.

Полученная информация будет использована для оценки возможностей станков с ЧПУ и определения их применимости в конкретных условиях производства. Результаты исследования позволят сравнить различные модели станков и выбрать наиболее подходящий для выполнения конкретной задачи.

ANNOTATION

In this study, an analysis of the technological capabilities of numerical control (CNC) machines will be carried out. The main purpose of the study is to determine the technical parameters of CNC machines, as well as to determine their capabilities for performing various manipulations with the material and creating parts.

The analysis will be carried out based on the study of parameters such as the maximum processing speed, positioning accuracy, the dimensions of the working surface of the machine, the presence of built-in tools for performing various operations. Attention will also be paid to various material processing technologies, such as milling, cutting, drilling, turning and others.

The information obtained will be used to evaluate the capabilities of CNC machines and determine their applicability in specific production conditions. The results of the study will allow you to compare different machine models and choose the most suitable one for a specific task.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 СББ станоктарына жалпы шолу және технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу	9
1.1 СББ станоктары туралы түсініктеме	9
1.2 СББ станоктарының негізгі компоненттері	10
1.3 СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктері	13
1.4 СББ станоктарының жұмыс жасау принципі	15
1.5 СББ станоктарының бағдарламалау тілдері	17
2 СББ станоктарының негізгі типтері	18
2.1 Бұрғылау станоктары	18
2.2 Токарлық станоктар	20
2.3 Фрезерлік станоктар	22
3 DMG Mori Milltap 700	25
3.1 DMG Mori Milltap 700 станогының жалпы сипаттамасы	26
3.2 Millitap 700 станогының мүмкіндіктері және ерекшеліктері	27
4 Бөлшек «Мотор корпусы»	29
4.1 Дайындама	30
4.2 Негізгі технологиялық операциялар	31
4.3 Техникалық уақыт нормаларын есептеу	35
4.4 Бөлшекті өндеудің технологиялық операциясын басқару бағдарламасын құру	38
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	43

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта машина жасауда ерекше орынды сандық басқаруы бар станоктарды (СББ) енгізу алады. Бағдарламалық бақылау машина жасаудың бірқатар жетекші салаларында айтарлықтай қарқын алды. Көптеген кәсіпорындарда әртүрлі операцияларды орындайтын СББ машиналары жұмыс істейді. Бір жұмыс орнында бірқатар технологиялық операцияларды шоғырландыра отырып, құралды автоматты түрде ауыстыратын көп операциялық СББ станоктарының өндірісі де кеңейіп келеді. СББ машиналары (сандық бағдарламамен басқару) адамның тікелей қатысуынсыз берілген бағдарлама бойынша операцияларды орындай алатын автоматтандырылған роботты машиналар. Мұндай машиналар қазіргі заманғы автоматтандырудың маңызды бөлігі болып табылады, оларды пайдалану кәсіпорындар үшін рентабельділік пен пайданы сақтау үшін қажет, өйткені бұл өндіріс сапасы мен жылдамдығын қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады.

СББ машинасы - шикізат (бастапқы) материал блогын одан әрі үлкенірек механизмде немесе машинада пайдалану үшін күрделі бөлікке айналдыра алатын күрделі бағдарламалық-аппараттық жүйе.

Компьютерлік дизайн бағдарламаларынан немесе компьютерлік өндірістен цифрлық кодтарды оқу арқылы СББ машиналары дизайнды шындыққа айналдыру үшін дайындаманы кесіп немесе ойып салған кезде компьютермен басқарылатын құралдың көмегімен жүре алады. Бұл жоба кезінде дайындаманы кесу кезінде орнында ұстау үшін әдетте қысқыштармен немесе вакууммен жұмыс үстеліне басылады, ал машинаның қатты жақтауы дірілді ең аз деңгейде сақтайды. Жұмысқа байланысты, бір немесе бірнеше осьте бағдарламаланған шпиндель арқылы басқарылатын бірнеше кескіш құралдарды қолдануға болады. Қолмен өңдеумен салыстырғанда, СББ машиналары айтарлықтай жылдамырақ жылдамдықпен кесіп, тегіс жиектерді шығарады.

СББ (сандық бағдарламамен басқару) бар станоктар өндірісте салыстырмалы түрде жақында пайда болды, бірақ қазірдің өзінде металл және ағаш бұйымдарын өндіруде өзін ең тиімді етіп көрсете алды. Олар дайындамаларды өңдеу уақытын айтарлықтай қысқартуға, сондай-ақ дайындау сапасы мен дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыстың мақсаты - СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу, сонымен қатар әр түрлі материалдардың ең оңтайлы өңдеу параметрлерін анықтау.

Жұмыс тапсырмалары

- СББ станоктарының жұмыс істеу принциптерін үйрену.
- СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу.
- Өңдеу параметрлерінің дайындау сапасы мен дәлдігіне әсерін зерттеу.
- Әр түрлі материалдардың оңтайлы өңдеу параметрлерін анықтау.
- Нәтижелерді талдау және қорытындыларды тұжырымдау.
- Зерттеу әдістері

1 CNC станоктарына жалпы шолу және технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу

1.1 CNC станоктары туралы түсініктеме

СББ аббревиатурасы сандық бағдарламаны (компьютерлік) басқаруды білдіреді. СББ машинасында өңдеу құралы мен шикізат дайындамасы компьютерлік бағдарламамен басқарылады. Толық СББ өңдеу процесі CAD және CAM-ге байланысты. CAD – «Компьютерге көмекші дизайн» дегенді білдіреді, ал CAM – «Компьютерге көмекші өндіріс» дегенді білдіреді.

CAD бағдарламасының көмегімен машина шығаратын объектінің үш өлшемді дизайны жасалады, ал CAM бағдарламасының көмегімен бұл виртуалды модель нақты үш өлшемді объектіге айналады.

Заманауи СББ машиналары жоғары қайталанатын және жеткізу уақытын айтарлықтай қысқарта алады. Әдетте, СББ машиналары туралы айтатын болсақ, біз өнеркәсіптік өндірісте қолданылатын машиналарды айтамыз. Бұл машиналар біз күнделікті қолданатын заттарды жасайды. СББ станоктарының мысалдары өте көп - бұл фрезерлік станоктарды, лазерлік кескіштерді, граверлерді, EDM машиналарын, токарлық станоктарды, плазмалық алауды, су кескіштерді және басқаларды қамтиды.

Ресми түрде олар 3D принтерлерді де қамтиды, бірақ аддитивті және экстрактивтік өндіріс әдетте бөлінеді, өйткені біз СББ машиналары туралы айтатын болсақ, біз жаңасын қосу арқылы емес, дайындамадан артық материалды алып тастау арқылы бөлшекті жасайтын механизмдерді айтамыз. Өндірістегі өндіру процестерін әдетте механикалық өңдеу, қысқаша айтқанда – өңдеу деп атайды.

3D басып шығарумен қатар, СББ өңдеу цифрлық бағдарламалық файлан прототиптерді жасаудың ең кең тараған әдісі болып табылады. 3D басып шығаруға ұқсас, СББ компьютерлік көмекші өндіріс (CAM) немесе компьютерлік дизайн (CAD) файлындағы сандық нысан үлгілерін пайдаланады. СББ машинасы робот сияқты жұмыс істейді, оған талдау жасайтын және орындайтын нұсқауларды беру қажет.

Алдымен CAD (компьютерлік дизайн) файлынан болашақ объектінің екі өлшемді немесе үш өлшемді цифрлық моделі жасалады, содан кейін СББ машинасы түсінетін компьютерлік бағдарлама кодталады.

Код жүктелген кезде машина операторы кодта қателердің жоқтығына көз жеткізу үшін сынақ жүргізеді. Бұл процесс «пневматикалық құрал» деп аталады. Бұл процедураны орындау үлкен маңызға ие, өйткені дайындаманың өңдеу жылдамдығын немесе дәлдігін теориялық тұрғыдан төмендетуі мүмкін кез келген қате анықталып, түзетіледі.

Түзету аяқталғаннан кейін бағдарлама оны G-кодқа түрлендіретін пост процессорға енгізіледі (машина түсінетін код – нұсқаулар жинағы). G-код үйлестіру, беру жылдамдығы, құралдың орны мен жылдамдығы сияқты орындалатын операцияның барлық параметрлерін басқарады.

СББ машинасының осьтік қозғалыстары басқару бағдарламасын (NC) оқитын және сәйкес қозғалтқыштарға командалар беретін компьютермен басқарылады. Қозғалтқыштар машинаның атқарушы органдарын қозғалысқа келтіреді - жұмыс үстелі немесе шпиндель бар баған. Нәтижесінде бөлік өңделеді. Рельстерге орнатылған сенсорлар жетектің нақты орны туралы ақпаратты компьютерге қайта жібереді. Бұл кері байланыс деп аталады. Компьютер станоктың қажетті күйде екенін білген бойда келесі қозғалысты орындайды. Бұл процесс басқару бағдарламасының оқуы аяқталғанша жалғасады.

Дизайн және сыртқы түрі бойынша СББ машиналары әдеттегі әмбебап машиналарға ұқсас. Станоктардың осы екі түрінің арасындағы бірден-бір сыртқы айырмашылық - СББ станокта жиі СББ тірегі деп аталатын сандық басқару блогы (СББ) бар.



Сурет 1-Heidenhain TNC машинасының басқару панелі

1.2 СББ станоктарының негізгі компоненттері

СББ машинасы келесі негізгі компоненттерден тұрады:

- енгізу құрылғылары;
- БУС (машинаны басқару блогы);
- атқарушы механизм;
- жетек жүйелері;
- кері байланыс жүйелері;
- басқару панелі.

Объектіні өңдеу бағдарламасы мәліметтерді енгізу құрылғысы арқылы машинаға жүктеледі.

Енгізу құрылғылары әдетте магниттік таспаны оқу құрылғылары, перфоленталық оқу құралдары және RS-232-C порты арқылы жұмыс істейтін компьютерлер болып табылады.

БУС құрылғыны келесі әрекеттерді орындау арқылы басқарады:

- оған енгізілген код нұсқауларын оқиды және шифрын шешеді;
- осьтің қозғалысы командаларын генерациялау үшін айналмалы, сызықтық және бұрандалы интерполяцияны орындайды;
- ось тетіктерін басқару үшін күшейткіш тізбектерге ось қозғалысы командаларын береді;
- жетектің барлық осьтерінің позициялары мен жылдамдықтарына қатысты кері байланыс алады;
- салқындатқыштарды немесе шпиндельдерді қосады және өшіреді, құралдарды өзгертеді, басқа да қосалқы функцияларды орындайды.

СББ машиналары әдетте жылдамдық пен позицияларды басқаратын қозғалмалы үстелдермен және шпиндельдермен жабдықталған. Жетектер шпиндельдерді Z бағытында, ал үстелдерді X және Y бағыттарында жүргізеді.

Құрылымы

СББ машинасында қалай жұмыс істеу керектігін түсіну үшін алдымен оның дизайнын түсіну керек. Фрезерлік және токарлық станоктардың жеке үлгілері шамалы айырмашылықтарға ие, бірақ негізгі элементтері бірдей.

Құрылғының стандартты дизайны мыналардың болуын қамтиды:

- Станина;
- Жетек қораптары;
- алдыңғы шпиндельдің басы;
- артқы бабка;
- өзек механизмі;
- суппорт.

Станина жабдықтың негізі болып табылады - оған басқа компоненттер бекітілген. Беру қорабы шпиндель орындайтын қозғалыстарды беруге жауапты. Берілген қозғалыстар штангенциркуль арқылы қабылданады. Алдыңғы шпиндель басы мыналардан тұрады:

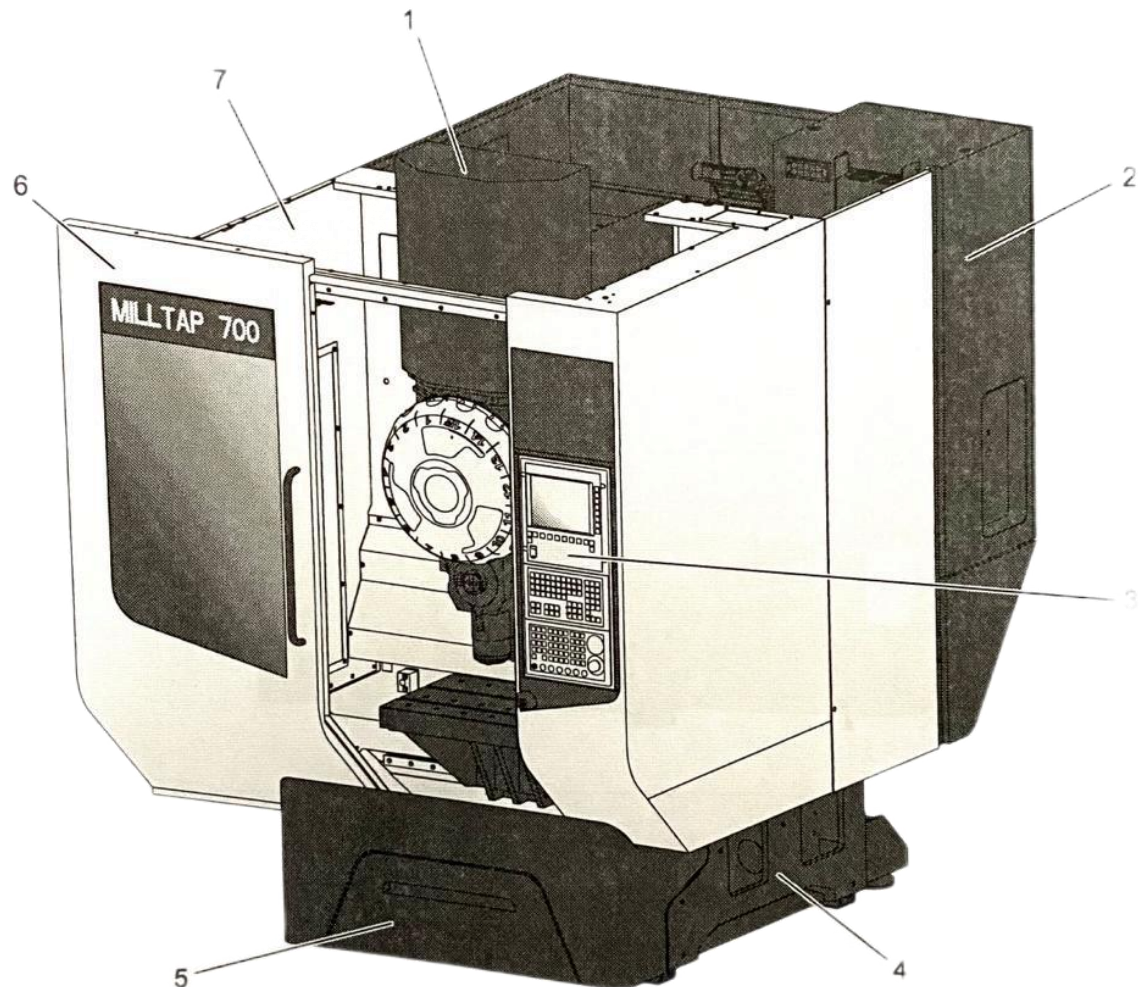
- беріліс қораптары;
- шпиндель
- дайындаманың айналуына арналған бекіту элементтері

Шұңқыр орталық бөлікті СББ өңдеу кезінде дайындаманы қарама-қарсы жағынан қысуға арналған. Штанга механизмі ретінде әртүрлі құралдар, мысалы,

рейк немесе бұрғылау әрекет етуі мүмкін. Дәл осы элемент дайындаманың орталық өңдеуіне жауап береді. Ол құйрық сүйегімен тығыз байланысты. Кесетін құралды бекіту сенімділігі және оның қозғалыс траекториясы штангенциркульге байланысты.

Заманауи жабдықпен жұмыс істей отырып, сіз қосымша компоненттерді де білуіңіз керек. Машиналардың конструкциясы қосымша жабдыкталуы мүмкін:

- вакуумдық үстел;
- чип ұстағыш;
- кескішті салқындату жүйесі.



Сурет 2-DMG Mori Milltap 700 станогының негізгі бөліктері

1. Негізгі жетегі бар бас тірек
2. Электр жабдықтарының тарату шкафы
3. Басқару пульті
4. Станина
5. Салқындату сұйықтығының резервуары
6. Жұмыс аймағының есігі
7. Кабина

1.3 СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктері

Қазіргі жағдайда негізгі жұмыс түрлері СББ станоктарында орындалады. Бөлшектердің негізгі түрлерін жасау технологиясын қарастырмас бұрын, станоктың осы түрінің мүмкіндіктерімен танысу керек екені белгілі болды. Осы тараудағы материал барлық СББ машиналарына және дайындамалардың барлық түрлеріне қатысты.

СББ машиналарының бірқатар мүмкіндіктері бар:

1. Барлық негізгі және қосалқы әрекеттерді автоматтандыру,

Олардың негізгілеріне жұмыс органдарының қозғалысы және кескіш құралдардың өзгеруі жатады. Көмекші әрекеттер: шпиндельдің айналу жиілігін, беру жылдамдығын өзгерту, салқындатуды қосу және өшіру, салқындату режимін өзгерту, технологиялық тоқтатуды қосу, тұрақты тіректердің және қоршау элементтерінің жағдайын өзгерту, салыстырмалы және абсолютті эталондық жүйелерді таңдау және т.б.

2. Көп құралды және құралдарды ауыстыру кезіндегі жылдамдық.

Көп құрал бір орнатуда орындалатын жұмыстардың көптеген түрлерін бір операцияға біріктіруге мүмкіндік береді. Заманауи станоктарда құралды автоматты түрде ауыстыру уақыты 2 с дейін ұлғайтылды. Құралдар құрал-саймандар журналдарында немесе мұнараларда орналасады және көбінесе машина негізгі операцияларды орындап жатқанда ауыстыру орнына тасымалданады.

3. Жоғары қуат сипаттамаларына мыналар кіреді:

– негізгі қозғалыс жетегінің қуаты мен айналу моменті және шпиндельдің айналу жиілігіне байланысты олардың өзгеру сипаты;

– қоректендіру жетектерінің тарту күштері;

– машинаның жеке элементтерінің қаттылығы;

– кесу кезінде дірілге төзімділік.

Шпиндельдің айналу жиілігі диапазондарына ауысқан кезде қозғалтқыштың номиналды жылдамдығы y_{N0MLV} беріліс қатынасы бойынша $u_{nom pr1}$ (A нүктесінің абсциссасы) және $u_{nom pr2}$ (D нүктесінің абсциссасы) мәндеріне дейін азаяды. Сәйкесінше, АВ және DE бөлімдерінде шпиндельдегі айналдыру моменттері мәндерге дейін артады

4. Негізгі жетектер мен берілістердің жоғары және кең жылдамдық сипаттамалары.

Кесу жылдамдығының артуына байланысты шпиндельдің айналу жылдамдығының жоғарғы шегі артады. Жеңіл станоктар үшін шпиндельдің айналу жылдамдығы бірнеше ондаған мың айн / мин мәндеріне жетеді.

Көмекші уақытты қысқарту арқылы өнімділікті арттыруға ұмтылу бос қозғалыстардың жылдамдығын арттыру қажеттілігін талап етеді. Қазіргі уақытта ең жылдам машиналар үшін бұл жылдамдықтар 60 м/мин жетеді. Сонымен қатар, беріліс жетектерінің динамикасы маңызды. Қозғалыс жылдамдығының максималды мәніне жету мүмкіндігінше қысқа мерзімде жүзеге асырылуы керек,

өйткені қозғалыстардың шамасы салыстырмалы түрде аз және жұмыс органының қозғалыс жылдамдығы оның максималды мәніне жетуге үлгермейді.

5. Жұмыс органдарының қозғалыстарының жоғары дәлдігі.

Қазіргі станоктар кері байланыс жүйелерімен жабдықталған. Бұл орын ауыстырулар уақыттың әр сәтінде жұмыс органдарының позицияларын қадағалайтын кері байланыс сенсорлары арқылы басқарылатынын білдіреді. Қазіргі заманғы СББ станоктары бір импульстің (дискретті) бағасы бар сызықтық үшін 0,001 мм және айналмалы қозғалыстар үшін 0,001 °. Жоғары дәлдіктегі станоктар үшін бұл мәндер 10 есе аз. Координаталық қозғалыстардың дамуындағы қателік және қайталану мүмкіндігі бірнеше микрометрден аспайды.

6. Басқарылатын координаттар санының ұлғаюы.

Машинаның координаттары неғұрлым көп болса, оның мүмкіндіктері соғұрлым бай болады. Мысалы, токарлық өңдеу орталығында 6 координат болуы мүмкін: X, Y, Z осьтері бойынша үш координаталық сызықтық қозғалыс, дайындаманың Z осі айналасында айналуы - координат C, аспап шпиндельінің Y осі айналасында айналуы - координат B, айналу осінің айналасында шпиндельдің айналуы - координат C1. Салыстыру үшін қарапайым токарлық станокта екі координат бар: X және Z.

7. Интерполяция режимінің болуы.

Бұл режим қатаң бақыланатын жылдамдықтары бар бірнеше координаталар бойымен жұмыс органдарының бір мезгілде қозғалуынан тұрады. Интерполяция режимінде екіден астам координаталық қозғалысы бар СББ құрылғыларын Кеңес Одағы мен Ресейге сатуға бұрын қолданылған тыйымдар алынып тасталды. Siemens 32 координаты бар құрылғыларды сатады, олардың барлығы бір уақытта интерполяция режимінде жұмыс істей алады.

8. Өңдеу сапасын басқару жүйесі.

Кесетін аспаптардың тозуына және жұмыс барысында пайда болатын термиялық деформацияларға байланысты жұмыс органдарының орналасуын түзету енгізілуде.

9. Барлық координаттар бойынша қозғалыстардың тұрақты жүйелі қателерінің мәндерін өтеуді енгізу мүмкіндігі.

10. Барлық координаттардағы өлі аймақтардың мәндерін өтеу мүмкіндігі. Өлі аймақ жұмыс органының қозғалыс бағытын қозғалыстың белгілі бір көлемін жоғалту түрінде кері бұрған кезде көрінеді.

11. Дискілердің максималды жүктемелері үшін СББ параметрлерін қолдану арқылы енгізу. Бұл беру және негізгі қозғалыс жетектері үшін шектеулер немесе шамадан тыс жүктеу рұқсаттары болуы мүмкін.

12. Жұмыс органдарының жеделдету және баяулау режимдерінің СББ құрылғыларының параметрлерін пайдалана отырып енгізу.

13. Машинаның электрондық, электрлік және механикалық жүйелері мен құрылғыларының жай-күйін кең диагностикалау. Интернет арқылы қашықтан диагностикалау мүмкіндігі. Бұл жағдайда машина өндірушісі тұтынушы басқаратын машинаның күйі туралы ақпаратты алады және қажет болған жағдайда мүмкіндігінше қысқа мерзімде көмек көрсете алады.

1.4 СББ станоктарының жұмыс жасау принципі

СББ (Computer Numerical Control) жүйесі СББ станоктарын басқару үшін қолданылады. Ол материалдар мен бөлшектерді өңдеу процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді.

СББ жүйесінің жұмыс істеу принципі оператор бөлшектік бағдарламаны жасайды, содан кейін ол СББ жүйесіне жүктеледі. Содан кейін СББ жүйесі бағдарламаны сандық басқарылатын машина түсінуге болатын командалар жинағына түрлендіреді.

Командаларға станокты және оның жұмыс құралдарын жылжыту, қажетті жылдамдықты орнату, кесу тереңдігі, шпиндельдің айналу жылдамдығы және т.б. СББ жүйесі бөлшекті дәл және қажетті өңдеуді жүзеге асыра отырып, станок пен оның құралдарын автоматты түрде басқарады.

Сонымен қатар, СББ жүйесі өңдеудің сапасы мен дәлдігін бақылай алады, қателерді анықтап, қажет болған жағдайда оларды түзете алады. Бұл өндіріс тиімділігін арттыруға және бөлшектерді өңдеу уақытын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді.

СББ жүйелерінің жұмыс істеу принципі микроконтроллердің машинаның жетектеріне басқару әрекетін (қатаң анықталған ұзақтықтағы электр импульстарын) беруі, сонымен қатар олардың қозғалысын жүзеге асыру үшін олардың қозғалысын («кері байланыс») басқару болып табылады. берілген өңдеу бағдарламасы бойынша кескіш құрал.

Фрезерлік станоктардың жетектері аспаптық портал жетегінің электр қозғалтқыштары, сонымен қатар шпиндельді электр қозғалтқышы және бірқатар қосалқы жүйелер болып табылады.

Қадамдық қозғалтқыштарды пайдаланған кезде олардың дизайнына «кері байланыс» бастапқыда енгізілген - қозғалтқыш басқару импульсінің белгілі бір ұзындығы үшін ротордың қанша қадам бұрылатынын біржақты «біледі». Неғұрлым қуатты машиналар үшін сервомоторлар қолданылады, олардың қозғалысы арнайы позиция сенсорларымен басқарылады. Қарапайым тілмен айтқанда, сандық бағдарламалық қамтамасыз ету принципін жүзеге асыру үшін СББ жүйесі кескіш құралды қайда жылжыту керектігін «білуі» және кез келген уақытта оның қай жерде екенін «сезуі» керек. Біріншіге өңдеу бағдарламасы жауапты, ал екіншісіне құрал позициясының сенсорлары жауап береді.

Сондықтан СББ электрондық жүйесі келесі компоненттерді қамтуы керек:

- микропроцессор - бағдарламалық кодтарды басқару импульстарына түрлендіруге арналған (сонымен қатар машинаның барлық негізгі және аралық процестерін басқару);

- Оперативті жады – өңдеу процесінде ағымдағы ақпаратты сақтауға арналған;

- тұрақты жад – басқару бағдарламаларының файлдарын, жабдық параметрлерін және басқа да көмекші ақпаратты сақтауға арналған;

- бағдарламаны жүктеп алу құрылғысы (мысалы, USB интерфейсі арқылы);

- басқару құрылғысы (меншікті және/немесе сыртқы – ДК қосу тақтасы).

СББ жүйелерінің конструкциялары алуан түрлі. Даму процесінде жүйелер маңызды өзгерістерге ұшырады - бағдарламаларды жүктеу тәсілінде де (алғашқы жүйелер үшін перфокарталар және қазіргі заманғы үш өлшемді қатты күй модельдері), басқару алгоритмінде де (жабық, ашық және т.б.).). Заманауи станоктар ДК-мен максималды интеграцияға бағытталған СББ болуымен сипатталады.

Қазіргі заманғы СББ жүйелерінің ерекшеліктері

Қазіргі уақытта СББ жүйелерін жетілдіру, IT саласындағы кез келген басқа өнімдер сияқты, жылдам қарқынмен жүріп жатыр. Нарық талаптарына бағдарланған өз дамуын уақытында ұсынбаған өндіруші мәңгілікке «тордан құлап кету» қаупіне ұшырайды. Сонымен қатар, СББ дамуының негізгі тенденциялары:

- жүйелердің аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етуді жеңілдету;
- алдыңғы «эволюциялармен» толық үйлесімділік (бұрын әзірленген бағдарламаларды іске қосу үшін);
- бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге және жетілдіруге баса назар аудару (және осылайша қолданыстағы СББ жүйелерінің функционалдығын кеңейту);
- жүйелердің аппараттық құралдарының техникалық шешімдерінің біркелкі «эволюциясы» («революциялық» өзгерістердің орнына);
- жүйелердің ашықтығы – машина жабдықтарын өндірушілер үшін бұл өзін-өзі жетілдірудің кең мүмкіндіктерін білдіреді;
- көп арналы - бір СББ жүйесінде бірнеше басқару бағдарламаларын бір уақытта іске қосуды жүзеге асыру үшін;
- жоғары жылдамдықты өңдеу алгоритмдерін қолдау.

Қазіргі заманғы СББ-тердің барлығы дерлік төмен есептеу дискреттілігімен («нано-интерполяция») және «алдын ала қарау» алгоритмдерімен интерполяцияны қолдайды, яғни күрт өзгерістерге дейін құрал жолын есептеу және жылдамдықты алдын ала азайту мүмкіндігі (бұл әсіресе жоғары жылдамдықта өңдеу үшін маңызды).).

Сондай-ақ, перспективті СББ жүйелері қашықтан (желілік) басқаруға негізделген, оның ішінде жеке машиналарды топтарға біріктіру кезінде - өнімдерді өндірудің технологиялық тізбегінің бөлігі ретінде салынған. Өңдеу процесін модельдеу функцияларына көп көңіл бөлінеді, бұл кезде жүйе экранда құралдың қозғалыс бағытын визуализациялап қана қоймай, нақты өңдеу нәтижесінің үлгісін көрсетеді.

СББ жүйелері сонымен қатар кеңейтілген аппараттық диагностиканы және жоғары деңгейлі бағдарламалау тілдерін «түсіну» мүмкіндігін қажет етеді. Және, әрине, қазіргі заманғы жүйелер қабылданған стандарттар шеңберінде барған сайын біріктіріледі. Сонымен қатар, өндірушілер күрделі технологиялық мәселелерді кілт тапсыру негізінде шешуге мүмкіндік беретін жүйелік өнімдерді (жеке бөлек құрамдас бөліктерден гөрі) нарыққа шығаруға ұмтылуда.

Айта кету керек, СББ жүйелерін дамыту персоналдың – программисттердің, станокшылардың, реттеушілердің біліктілігін арттырудан бөлінбейтін.

Дегенмен, осы уақытқа дейін жүйелерді жетілдіру оларды пайдалану мүмкіндігінен әлдеқайда асып түсті - әсіресе соңғы технологиялық салаларда (мысалы, жоғары жылдамдықты өңдеу). Сондықтан перспективті СББ жүйелерінің мүмкіндіктерін ашу, оларды қолданудың жаңа әдістерін үйрету мәселесі сөзсіз бірінші орынға шығуы керек.

1.5 СББ станоктарының бағдарламалау тілдері

Алғашқы СББ станоктары пайда болғаннан бастап соңғы өңдеу орталықтарын енгізуге дейін өңдеуді бағдарламалауға арналған әртүрлі тілдер пайда болды. Бүгінгі таңда G- және M-кодтарында бағдарламалау ең танымал. G- және M-кодтарының тілі Халықаралық стандарттау ұйымының (ISO) және Электрондық өнеркәсіп қауымдастығының (EIA) ережелеріне негізделген. Ресми түрде бұл тіл американдық және еуропалық СББ жабдықтарын өндірушілер үшін стандарт болып саналады және кейде «ISO 7 бит» деп аталады. Дегенмен, СББ жүйелерін өндірушілер, негізгі функцияларды сипаттау үшін осы стандарттарды ұстанғанымен, олардың жүйелерінің кез келген ерекше мүмкіндіктеріне қатысты ережелерден еркіндік пен ауытқуларды қабылдайды.

Fanuc СББ жүйелері (Жапония) алғашқылардың бірі болып ISO G- және M-кодтарымен жұмыс істеуге бейімделген және осы стандартты толық көлемде пайдаланады. Қазіргі уақытта Fanuc тіректері өте танымал және шетелде де, Ресейде де кең таралған. Сондықтан бұл кітапта G- және M-кодтарындағы бағдарламалауды сипаттаудың негізі Fanuc СББ стилі болады.

Heidenhain және Sinumerik (Siemens) сияқты басқа танымал өндірушілердің СББ стендтері де G- және M-код мүмкіндіктеріне ие, бірақ кейбір кодтар әлі де өзгеше болуы мүмкін. Бірақ одан қорықпа. Барлық СББ жүйелерінің барлық кодтарын білудің қажеті жоқ. Негізгі G- және M-кодтарының жиынтығын білу жеткілікті және сіз белгілі бір жүйеге арналған құжаттамадан нақты функцияларды бағдарламалаудағы айырмашылық туралы біле аласыз. Сіз Fanuc бағдарламалау стилін меңгергеннен кейін, кез келген басқа СББ жабдықтарында жұмыс жасай аласыз.

Кейбір СББ өндірушілері интерактивті бағдарламалау тілін ұсынады. Бұл тіл жүйемен байланысуды жеңілдетеді, әсіресе жаңа операторлар үшін, өйткені ол ағылшын тіліндегі сөйлемдерге, қысқартуларға, сұрақтарға және машина операторы интерактивті түрде енгізетін графикалық элементтерге негізделген.

2 СББ станоктарының негізгі типтері

СББ машиналары әдетте материалдың өңделуіне байланысты жіктеледі.

–Бұрғылау машиналары: бұрғыны айналдыру және жылжыту арқылы және бастапқы материал блогымен байланыста жұмыс істеу.

–Токарлық станоктары: Бұрғылау құрылғыларынан айырмашылығы, токарлық станоктар шикізат блогын бұрғы басына қарсы айналдырады.

–Фрезерлік станоктар: дайындамадан материалды алу үшін айналмалы кескіш құралдарды қолдануды қамтиды.

–Электрлік және химиялық өңдеу. Арнайы материалды кесу әдістерін қолданатын бірқатар жаңа технологиялар бар. Мысалдар: электронды сәулелік өңдеу, электрохимиялық өңдеу, электрлік разрядты өңдеу (EDM), фотохимиялық өңдеу және ультрадыбыстық өңдеу.

–Басқа кесу құралдары. Дайындаманы өңдеу үшін әртүрлі материалдарды пайдаланатын басқа да бірқатар жаңа технологиялар бар. Мысалдарға лазерлік кесу машиналары, оттегімен кесу машиналары, плазмалық кесу машиналары және су ағынымен кесу машиналары жатады.

СББ машиналары кез келген дерлік шикізатпен жұмыс істей алады: алюминий, жез, мыс, болат, титан, ағаш, шыны талшық, пластмасса, полипропилен.

2.1 Бұрғылау машиналары

Бұрғылау станогы - әртүрлі материалдардан жасалған бөлшектерде тесіктер жасау үшін қолданылатын құрылғы. Осы санаттағы заманауи машиналардың техникалық мүмкіндіктері оларды диаметрі 100 мм-ге дейін тесіктер жасау үшін ғана емес, сонымен қатар басқа технологиялық операциялардың толық тізімін орындау үшін де пайдалануға мүмкіндік береді.

Бұрғылау станоктары әртүрлі материалдардан бөліктерде саңылаулар немесе соқырлар жасауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялық операциялар бұрғы сияқты кескіш құралдың көмегімен орындалады, соның арқасында өңделетін материалдан жоңқалар алынады.

Осы типтегі құрылғылардың көпшілігі өнеркәсіптік бұрғылау машиналары болып табылады. Кәсіби құрылғылармен салыстырғанда айтарлықтай аз функционалдығы бар үйде пайдалануға арналған модельдердің саны шамалы. Сонымен қатар, тұрмыстық үлгілердің қарапайым дизайнының мысалында бұрғылау машинасының жұмыс принципімен және оның негізгі элементтерімен танысу өте ыңғайлы.

Бұрғылау станоктары өндірісте және тұрмыста кең таралған. Оларды барлық жерде дерлік кездестіруге болады. Көбінесе автокөлік жүргізушілерінің, сондай-ақ кәсіби слесарлардың және ағаш ұсталарының қолдарында мұндай машиналар болады. Жабдықтарының арасында бұрғылау станоктары жоқ жөндеу кәсіпорны іс жүзінде жоқ

Бұл жабдықты пайдалану әртүрлі функцияларды орындауға мүмкіндік береді

- Бұрғылау тесіктері.
- Тазарту.
- диаметрінің кеңеюі.
- Бөлшектерді қию.
- Жіпті кесу.

Кез келген бұрғылау машинасы электр қозғалтқышынан, шпиндельге орнатылған саптамаларды бекітуге арналған патроннан және реттеу механизмінен тұрады. Дизайндың күрделілігіне байланысты параметрлердің әртүрлі мөлшерін орындауға болады. Ең қарапайым машиналар тесіктерді бір позицияда тек тігінен өңдеуге мүмкіндік береді. Неғұрлым күрделі конструкцияларда дайындамаларды бекітуге арналған реттелетін тіреуіш бар, бұл оларды дұрыс бұрышта орнатуға, тесіктерді қиғаш етіп жасауға мүмкіндік береді.

Бұрғылау машиналарында көбінесе айнаруды қозғалтқыштан патронға беру тікелей білік арқылы емес, жетекші белдіктің көмегімен жүзеге асырылады. Бұрғылау тереңдігін реттеуге арналған Станина дайындаманы патронға емес, қозғалтқышы бар патронды өңделетін бетке жылжытатыны да қызықты конструктивті шешім болып табылады. Тіпті станоктың ең қарапайым конструкциясы да дәл реттеуге мүмкіндік береді. өңдеу тереңдігі бөлшектерді қолмен бұрғылаудағыдай жоғары дәлдікпен және ағын түзілмей орындалады. Сонымен қатар, станоктардың қуаты қол аспаптарына қарағанда айтарлықтай жоғары, сондықтан олар қалың және ауыр саптамалармен жұмыс істей алады. Осының арқасында бөлшектерді жылдам өңдеу қамтамасыз етіледі.

Іске асыру бойынша станоктардың классификациясы

Іске асыруға сәйкес машиналарды төрт топқа бөлуге болады:

- Тік бұрғылау.
- Радиалды бұрғылау.
- Көлденең бұрғылау.
- Көп шпиндельді.

2.2 Токарлық станоктар

Токарь станоктары СББ машиналары қажетті өнімді алу үшін бетке пышақ/пышақ жағылған кезде дайындаманы жоғары жылдамдықпен айналдыру арқылы жұмыс істейді. Токарь станоктары әдетте цилиндрлік, конустық немесе жалпақ пішінді бөлшектер үшін ең қолайлы. Бұл СББ фрезерлік станоктар мен токарь станоктарының арасындағы айқын айырмашылық, себебі СББ фрезерлік станоктары кез келген пішінмен жұмыс істей алады. СББ токарлары СББ фрезерлік станокпен салыстырғанда дәлдігі азырақ және жан-жақты болып саналғанымен, олардың құны азырақ және жылдам және қарапайым жұмыс үшін

тамаша. СББ токарлық станоктардың артықшылығы - станоктың кішірек және ықшам болуы, бұл олардың тасымалдануын арттырады.

Станок сонымен қатар жұмыс кезінде дайындаманы айналдыру мүмкіндігімен сипатталады. СББ станоктарында шикізатты компьютерде бағдарламаланған және басқарылатын жағдайға айналдырып, бұра алатын шпиндель бар. Негізінен СББ станоктарында екі ось болады. Патрон бойымен қозғалысты білдіретін Z осі дайындаманың ұзындығын басқарады. Потронға перпендикуляр қозғалатын X осі дайындаманың диаметрін басқарады. Қосымша конфигурациялар мүмкін болғанымен, бұл оның негізгі түрі. Дайындаманы кесу үшін қолданылатын құралдар айналмалы штангалар қорының бойымен түзу немесе сызықты жолмен беріледі. Содан кейін машина алу әдісін қолданады, яғни материалды шеңбер бойымен алып тастайды. теңшелген дизайн үшін қажетті диаметрге дейін материалды бұраңыз. Машинада шикізатты айналдыру функциясы болғандықтан,

Сандық басқару (СББ) токарь станоктың ұқсас түрі ретінде жіктеледі. Ол сондай-ақ бөлшектерді өндеуге арналған, бірақ компьютерлік бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен. Жоба декарттық X және Y осьтерінен кейін әріптік-сандық деректер негізінде құрастырылған. СББ токарьлары жоғары жылдамдықта жоғары дәлдіктегі бұйымдарды шығару үшін қолданылады. Тапсырманың орындалуына процесті басқару сеніп тапсырылған компьютер жауап береді.

СББ машинасы әдетте әртүрлі токарь станоктарында орындалатын барлық жұмыстарды орындай алады, мысалы:

- фронтальды;
- кесу;
- карусель;
- бұрандамен кесу;
- айналмалы;
- мамандандырылған және арнайы.

Оның пайдалылығы дайындаманың материалына және партида шығарылатын өнім санына байланысты.

СББ токарлық станоктар негізінен бұрғыланған тесіктер мен жіптер сияқты дайындамада сыртқы және ішкі мүмкіндіктерді жасау қабілетіне байланысты қолданылады.

СББ токарьлары СББ станоктарымен басқарылатындығы жағынан ұқсас және G-кодын да, меншікті бағдарламалау тілдерін де оқи алады. Біліктер, болттар және бұрандалар СББ токарьлары мен станоктарында жасалған кейбір компоненттер болып табылады. СББ токарлық станоктардың кейбір өндірушілері: Haas, Okuma, DMG Mori.

Токарлық өндеудің ерекшеліктері

Токарлық өндеудің сапасы мен өнімділігі кесу режимін дұрыс таңдауға тікелей байланысты. Есептеу үшін әртүрлі материалдардың жылдамдығы туралы анықтамалық деректер алынады - болат, мыс, шойын және т.б. Материалдың тығыздығы және оның басқа параметрлері туралы деректер де

кажет. Кесу режимін дұрыс анықтау кезінде жоғары тиімді және үнемді өңдеу қамтамасыз етіледі, құралдар мен жабдықтардың қызмет ету мерзімі ұзарады.

Негізгі параметрлер - кесу тереңдігі, беру және айналу жылдамдығы. Кескіштің пішіні, құралдың материалы және дайындама да ескеріледі. Есептеу кезінде дайындаманың кедір-бұдыры анықталады және осы мәліметтер негізінде беттерді бұру параметрлері анықталады. Кесу тереңдігі өңдеуге арналған рұқсат пен токарлық өңдеудің қажетті тазалығына байланысты анықталады. Жылдамдық кесте мәндерінен де анықталады және кесу күші есептеледі.

Қарапайым токарлық станоктармен салыстырғанда СББ токарьларының артықшылықтары мен кемшіліктері:

Артықшылықтары:

- Оператор қателері алынып тасталынады.
- Өңдеудің үлкен дәлдігін қамтамасыз етеді.
- Күрделі бөлшектерді шығаруға мүмкіндік береді.
- Бір бөлікті өңдеуден екіншісіне ауысу оңай.
- СББ машиналары арзанырақ және арзанырақ.
- Өңдеу уақыты қысқарады.

Кемшіліктері:

- Құралдар мен керек-жарақтардың жоғары құны.
- Бірінші бөлікті өңдеу алдында бағдарламаны дайындауды талап етеді.
- Өндірістік бөлмеде белгілі бір микроклиматты құру қажеттілігі.

2.3 Фрезерлік станоктар

Фрезерлік станоктар- бұл қатты материалдардан (пластик, ағаш, металл) әртүрлі бөлшектерді жасауға арналған құрылғылар. Мұндай құрылғылардың негізгі ерекшелігі - кез келген күрделілікті автоматты өңдеуді қамтамасыз ететін сандық басқару (осыдан «СББ» аббревиатурасы). СББ фрезерлік станоктары фрезер жұмысты қолмен орындайтын құрылғыларға қарағанда қымбатырақ. Дегенмен, СББ станоктарының артықшылығы - жоғары дәлдік пен жылдамдық, сонымен қатар қателердің минималды деңгейі. СББ станоктарына салынған инвестициялар олардың көмегімен алынған өнімнің жоғары сапасының арқасында тез ақталады.

Сонымен қатар, олар кесу процесін автоматтандыру арқылы пластмассаларды термоформалауда өнеркәсіпте қолданылады. СББ фрезерлік станоктары бөлшектердің қайталанатын және өндіріс үшін жеткілікті өнімді болуын қамтамасыз етуге көмектеседі немесе бір реттік дизайнға мүмкіндік береді.



Сурет 3-Көлденең фрезерлік станогы

СББ фрезерлік станоктар компьютермен басқарылады. Координаттар машина контроллеріне бөлек бағдарламадан жүктеледі. СББ маршрутизаторы жиі екеуімен қолданылады бағдарламалық қосымшалар- жобаларды құруға арналған (CAD) және басқалары сол конструкцияларды G-код немесе M-код машина нұсқауларына аудару үшін (CAM) тік, көлденең және перпендикуляр координаттарда. СББ маршрутизаторлары сияқты, СББ маршрутизаторларын тікелей қолмен бағдарламалау арқылы басқаруға болады, бірақ CAD/CAM контурларды жасауға, бағдарламалау процесін тездетуге және кейбір жағдайларда бағдарламаларды жасауға, бағдарламалау бұл қолмен іс жүзінде мүмкін емес. Кейбір контроллерлерде G-кодын маршрутизатордың басқару тақтасына векторлық файл ретінде жүктеп салуға болады. Векторлық файлды сызу бағдарламалық құралын (CAD) пайдаланып кескін файлынан жасауға болады.

Адам операторы станокты (мысалы, 14" (6мм) v-бит немесе 3/4" кернді бұрғы), жылдамдықты, кесу тереңдігін және құрал жолын таңдайды. Кесу жолы үшін көптеген машиналар векторларды қадағалау, сыртқы векторларды кесу немесе векторлардың ішіндегі кесу опцияларын ұсынады. Оператор бөлшектің ортаңғы нүктесін анықтайды, бөлікті үстелге қысады, қашауды тікелей белгіленген ортаның үстіне және бөліктің бет жағына қарай жылжытады және оны бастапқы нүкте ретінде белгілейді. Оператор битті бірнеше дюйм жоғары жылжытады және G-кодты бастау функциясын таңдайды. Машина құрылымды кесуге кіріседі.

Көптеген конфигурациялар болғанымен, СББ фрезерлік станоктардың көпшілігінде бірнеше арнайы бөліктер бар: арнайы СББ контроллері, бір немесе бірнеше қозғалтқыштары баршпиндель, сервомоторлар немесе қадамдық қозғалтқыштар, сервокүшейткіштер, айнымалы ток жетектері, сызықтық бағыттағыштар, шарикті бұрандалар және жұмыс үстелі төсегі немесе үстелі.

Сонымен қатар, СББ маршрутизаторларында бөлшектерді кесу үшін орнында ұстау үшін торлы жұмыс үстелдері немесе т-тәрізді айлабұйымдары бар вакуумдық сорғылар сияқты керек-жарақтар болуы мүмкін. СББ маршрутизаторлары әдетте 3 және 5 осьті СББ форматтарында қол жетімді. Көптеген өндірушілер толық 5 осьті мүмкіндігі және айналмалы 4-ші ось үшін А және В осьтерін ұсынады. Жалпы өнеркәсіптік СББ фрезерлік станоктары 4' x 8' және 5' x 10' болып табылады.

Бүгінгі таңда көптеген СББ маршрутизаторлары экструдталған алюминийден жасалған, бұл үлкен икемділікке мүмкіндік береді, өйткені оларды кез келген жерден дерлік жинақталмаған жөнелтуге болады, сонымен қатар өлшем опцияларын қамтамасыз етеді. Қолданылатын кейбір танымал экструзиялар: MakerSlide, V-Slot Linear Rail және 8020 T-Slot Profile.

Фрезерлік станоктарды әртүрлі критерийлер бойынша жіктеуге болады. Шпиндельдің орналасуына байланысты:

- Вертикалды.

- Көлденең.

Тік машиналар ең әмбебап болып табылады және көп жағдайда қолданылады. Көлденең станоктарда негізінен үлкен өлшемді дене бөліктері өңделеді.

Басқарылатын осьтер саны бойынша (еркіндік дәрежесі):

- Бір координат.

- Екі координат.

-

Шпиндель осьі әрқашан Z осьі болып табылады және құралға бағытталған. X және Y осьтері кесте жазықтығында кескіш құралдың перпендикуляр қозғалысының бағыттары болып табылады. А, В, С осьтері - X, Y, Z осьтерінің айналасындағы айналу.

Кесте түрі:

- жылжымайтын үстелмен

- жылжымалы үстелімен

Ең кең таралғаны - станоктың орналасуы, мұнда Х және Y осьтері үстелді шпиндельге қатысты жылжыту арқылы жүзеге асырылады. Ірі габаритті бөлшектерді өңдеу және жұмыс аймағының көрінуін жақсарту үшін станоктар үстел қозғалмайтын жерде жасалады және оған қатысты барлық бас бағаналар қозғалады.

Көп осьті машиналар 4, 5 немесе одан да көп осьтерді орындау тәсілімен ерекшеленеді:

–Айналмалы(бұрылысты) үстелмен

–Айналмалы басшасы бар

03 осьті машинаны 4 немесе 5 оське айналдырудың ең оңай жолы - машинаның негізгі үстеліне қосымша айналмалы үстелді орнату. Бұл шешімнің негізгі кемшілігі - машинаның жұмыс аймағын азайту. Жалпы, айналмалы табақты басынан бастап салуға болады. Үлкенірек машиналар 1 немесе 2 еркіндік дәрежесі бар және индекстеуде де, үздіксіз басқаруда да жұмыс істей алатын айналмалы бастиегімен жабдықталған.

СББ фрезерлік станок келесі элементтерден тұрады:

1. Станина. 2 түрі бар - құйылған және дәнекерленген. Бірінші түрі үлкен қаттылық пен жақсы демпферлік қабілетіне байланысты артықшылықтарға ие. Сонымен қатар, күрделірек конфигурацияны дәнекерлеу арқылы алуға болады, бұл кейде қажет.

2. Бағыттарғыштар. Сызықтық бағыттағыштар мен сырғымалы бағыттағыштар бар. Екінші түрі әмбебап жабдықта барлық жерде қолданылады. Оның қаттылығы жоғары, бұл оларды өрескел өңдеуге арналған машиналарда қолдануға әкеледі. Дегенмен, бағыттағыштың бұл түрі сырғанау үйкелісіне ие, бұл машинаның жұмыс бөліктерінің қозғалыс жылдамдығының төмендігінің себебі (10м/мин дейін) және интерполяция дәлдігі төмен. Сызықтық бағыттағыштар домалау үйкелісімен жұмыс істейді. Олар жылжымалы бағыттағыштарға қарағанда жоғары жүру жылдамдығын (100 м/мин дейін) және жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Бұл түрдің кемшілігі - төменгі қаттылық. Дегенмен, орнатылған бағыттаушылардың санын көбейту арқылы оны теңестіруге болады.

3.Шпиндель. Машинаның маңызды бөліктерінің бірі. Негізгі кесу қозғалысын қамтамасыз етеді. Бірінші түрі - шпиндель жетектен бөлек орнатылады және айналу белдік жетегі арқылы немесе тікелей ілінісу арқылы беріледі. Шпиндельде домалау мойынтіректері де, аэродинамикалық немесе гидростатикалық мойынтіректері де болуы мүмкін. Екінші түрі - шпиндель электр қозғалтқышы, оның роторында құрал бекітілген. Бірінші сорт ең көп таралған, өйткені. өндіру әлдеқайда арзан. Оның негізгі кемшілігі - төмен жылдамдық (15 000 айн/мин дейін). Көптеген операциялар үшін бұл кемшілік маңызды емес, бірақ матрицалардың немесе қалыптардың күрделі беттерін өңдеу кезінде жоғары айналу жылдамдығы қажет. Екінші типтегі шпиндельдер 100 000 айн/мин астам жылдамдықпен дами алады.

4.Беріліс жетектері. Роторының айналмалы қозғалысы шарикті бұрандалардың (шарлы бұрандалардың) көмегімен станоктың жұмыс

тораптарының сызықтық қозғалыстарына айналатын жоғары айналу моменті электр қозғалтқыштары . Ағымдағы орын не жетектегі дөңгелек датчиктермен, не рельстердің бойында орналасқан сызықтық датчиктер (сызғыштар) арқылы анықталады. Сызықтық қозғалтқыштар - ротор мен статор бағыттауыштардың бойымен орналасқан, ал ток жағдайы тек сызғыштардың көмегімен анықталатын қозғалтқыштардың ерекше түрі. Соңғысының дәлдігі әлдеқайда жоғары, өйткені шарикті бұранда беріліс тізбегінен шығарылады - әсіресе қозғалыс бағытын өзгерту кезінде қатені енгізетін сілтеме. Дегенмен, сызықты қозғалтқыштар өте қымбат және өндіру қиын.

5.СББ жүйесі. Өздерінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар көптеген әртүрлі жүйелер бар. Әлемде ең көп тарағандары - Fanuc және Siemens.

6. Құралдар жиынтығы. «Қолшатыр» түрі – құралдар тігінен орналасады. Әрбір қалтаға қатаң түрде өз нөмірі беріледі. Қымбат емес, бірақ баяу (ауысым уақыты 8-15 с). «Қол» түрі – құралдар көлденең орналасқан. Манипулятор құралды ең жақын ұяшыққа орналастырады.

3 DMG Mori Milltap 700

Milltap 700 - металды және басқа материалдарды өңдеуге арналған вертикальды фрезерлік станок. Оның қатты құрылымы мен жоғары дәлдіктегі шпиндельдері бар, бұл өңдеудің жоғары дәлдігі мен сапасын қамтамасыз етеді.

Станок СББ (компьютерлік сандық басқару) жүйесімен жабдықталған, ол операторға өңдеу процесін басқаруға және нақты уақытта параметрлерді реттеуге мүмкіндік береді. СББ жүйесі сонымен қатар жоғары өңдеу жылдамдығы мен осьтің жылдам қозғалысын қамтамасыз етеді, бұл қысқа уақыт ішінде көптеген бөлшектерді тиімді өңдеуге мүмкіндік береді.

Milltap 700 әртүрлі өңдеу операцияларын орындауға мүмкіндік береді, соның ішінде фрезерлеу, бұрғылау, бұрғылау, кесу және т.б. Бұл машинаны көп функциялы етеді және оны бөлшектер мен бұйымдардың кең спектрін өңдеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Машинаның қарапайым және интуитивті интерфейсі бар, ол операторларға машина жұмысын тез және оңай меңгеруге мүмкіндік береді. Осының арқасында Milltap 700 пайдалану тиімдірек және үнемді болады.

Milltap 700 сонымен қатар жоғары сапалы материалдар мен бөлшектерді пайдаланудың арқасында өте сенімді және берік. Бұл техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарын азайтады және машинаның ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз етеді.

Тұтастай алғанда, Milltap 700 - өнімділікті арттыратын, жұмыс сапасын жақсартатын және өндіріс шығындарын азайтатын қуатты және сенімді машина.

DMG Mori-өңдеу өнеркәсібіне арналған станоктар мен технологиялық шешімдердің жетекші әлемдік өндірушісі. Компания 2015 жылы екі танымал компанияны біріктіру арқылы құрылды: DMG (Deckel Maho Gildemeister) және Mori Seiki. 19 ғасырдан бастау алған бай тарихымен DMG Mori өзін жоғары сапалы машиналар мен инновациялық өндіріс шешімдерінің сенімді жеткізушісі ретінде көрсетті.

DMG Mori токарлық станоктарды, фрезерлік станоктарды, озық көп координатты станоктарды және біріктірілген автоматтандыру жүйелерін қамтитын өнімдердің кең ауқымын ұсынады. Бұл машиналар әртүрлі материалдарды өңдеу процесінде жоғары дәлдікті, тиімділікті және сенімділікті қамтамасыз етуге арналған. Компания сонымен қатар өз клиенттеріне толық қолдау циклін қамтамасыз ету үшін кеңес беру, оқыту және қызмет көрсету қызметтерін ұсынады.

DMG MORI 4.0 индустриясы үшін инновациялық шешімдерді ұсыну үшін жасанды интеллект, сандық деректерді өңдеу және интернет заттары (IoT) сияқты заманауи технологияларды белсенді түрде енгізуде. Компания өндірістің өнімділігі мен икемділігін арттыруға, тоқтап қалу уақытын қысқартуға және өз клиенттері үшін өндіріс процестерін оңтайландыруға тырысады.

3.1 DMG Mori Milltap 700 станогының жалпы сипаттамасы

Кесте 1-Станоктың жалпы сипаттамасы

Жұмыс аймағы	
«X» осьі бойынша макс.жүру жолы	700 мм
«Y» осьі бойынша макс.жүру жолы	420 мм
«Z» осьі бойынша макс.жүру жолы	380 мм
Кесте өлшемдері	
Үстелдің макс. жүк көтергіштігі	400 кг
Үстел ұзындығы	840 мм
Үстел ені	420 мм
Дайындама өлшемдері	
Макс. дайындаманың биіктігі	250 мм
Шпиндель	
Стандартты жылдамдық	10 000 айн/мин
Макс. жылдамдық (опция)	24 000 айн/мин
Қуат (ұзақтығы 100%)	6 кВт (АС)
Момент (ұзақтығы 100%)	41 Нм
Құралдар жиынтығы	
Сыйымдылығы (стандартты)	15
Макс. сыйымдылығы	25
Жылдам өту жолы	
Макс. X осьі	60 м/мин
Макс. Y осьі	60 м/мин
Макс. Z осьі	60 м/мин

Кесте 2-Беріліс жетегі

Жетектер	Өлшем бірлігі	Мәні
Оське арналған айнымалы ток сервоқозғалтқыштар		X,Y,Z
Беріліс жылдамдығы	Өлшем бірлігі	Мәні
X, Y, Z осьтері тегіс, бағдарламаланатын	м/мин	60 000 дейін
Жылдам өту жолы	Өлшем бірлігі	Мәні
X,Y,Z осьтері	м/мин	60
Орнату режимі (Жұмыс режимі 2)	Өлшем бірлігі	Мәні
X,Y,Z осьтері	мм/мин	20-2000

11 Кестенің жалғасы

A осі	1 мин	50
C осі	1 мин	100
Жылдамдық	Өлшем бірлігі	Мәні
X,Y,Z осьтері	м/с ²	10/10/16
A осі	м/с ²	1.1
C осі	м/с ²	30

Кесте 3-Орналастыру аймағының өлшемдері

Биіктігі	Өлшем бірлігі	Мәні
Машинаның макс. қақпақпен	мм	2500
Станок	мм	2300
Тасымалдау биіктігі мин.	мм	2300
Ені	Өлшем бірлігі	Мәні
Станок	мм	1650
Жұмыс аймағының есігі ашық	мм	1975
Ұзындығы	Өлшем бірлігі	Мәні
Станок	мм	2550
Станоктың үстіңгі бөлігі	Өлшем бірлігі	Мәні
Салқындату сұйықтығы резервуары бар станок	мм	5088 x 3200

Кесте 4-Жүру жолдары

Қозғалыс аймағы	Өлшем бірлігі	Мәні
X осі	мм	700
Y осі	мм	420
Z осі	мм	380
A осі	мм	+120/-100°
C осі	мм	N x 360°

3.2 Millitup 700 станогының мүмкіндіктері және ерекшеліктері

1. Жоғары өңдеу дәлдігі: Millitup 700 жоғары дәлдіктегі шпиндельдермен және жоғары өңдеу дәлдігі үшін дәлдіктегі сызықтық бағыттағыштармен

жабдықталған.

2. Әмбебаптығы: Millitup 700 фрезерлеу, бұрғылау, кесу және резбалық өңдеу сияқты әртүрлі операцияларды орындай алады.
3. Бағдарламалаудың қарапайымдылығы: Millitup 700 құрылғысында құрылғыны орнату мен басқаруды жеңілдететін қарапайым бағдарламалау интерфейсі бар. 10,4 дюймдік экраны бар SIEMENS 840D Solutionline басқару жүйесінде Operate 4.5 көмегімен пайдаланушыға ыңғайлы DIN/ISO бағдарламалау. ShopMill және SINUMERIK MDynamics опциялары графикалық бағдарламалау мен 3D өңдеудің кең ауқымын ұсынады.
4. Жоғары өнімділік: Жоғары өңдеу жылдамдығы мен құралды жылдам өзгертудің арқасында Millitup 700 қысқа уақыт ішінде көптеген бөлшектерді өңдей алады. Құралды өзгерту уақыты 0,9 секунд, стружкадан стружкаға ауысу уақыты 1,5 секундтан аз, 15 (25 қосымша) құрал журналының орны, 2362,2 сурет/мин. барлық осьтерде жылдам жүріс және Z бойынша 59,1 фут/с² үдеу
5. Салқындату жүйесі: Құрылғы салқындату жүйесімен жабдықталған, ол тұрақты өңдеу температурасын сақтауға және құралдың тозуын азайтуға мүмкіндік береді.
6. Жоғары сенімділік: Millitup 700 жоғары сенімділік пен ұзақ қызмет ету мерзіміне арналған.
7. Құралды автоматты түрде өзгерту: Millitup 700 құралды автоматты түрде өзгерту мүмкіндігіне ие, бұл бөлшектерді машинаны тоқтатпай-ақ әртүрлі құралдармен өңдеуге мүмкіндік береді.
8. Қауіпсіздіктің жоғары дәрежесі: Millitup 700 әртүрлі қауіпсіздік жүйелерімен жабдықталған, мысалы, кедергілер немесе шамадан тыс жүктеме анықталған кезде автоматты тоқтату жүйесі, бұл оператор мен жабдықтың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.
9. Жоғарғы деңгейлі тазалық: Оңтайлы жоңқалар ағыны және жоңқаны оңай эвакуациялау; Орталықта орналасқан жоңқа табасы және ені 26,4 дюймдік чип конвейері; Оңтайлы жоңқа ағыны үшін бекітілген осьтің қорғанысы және шұңқыр төсеніші. MILLTAP-700 тың алынбалы жоңқа науасы өңдеу кезінде алына береді, осынымен ыңғайлы болып келеді.

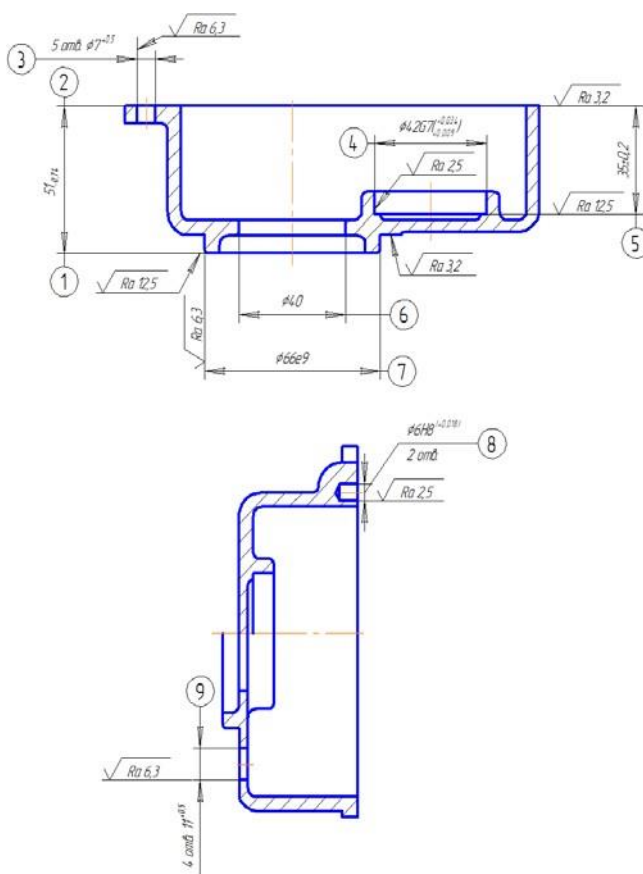
4 Бөлшек «Мотор корпусы»

«Мотор корпусы» бөлігі V14 сериялы гидравликалық ауыспалы жылдамдықты қозғалтқышта қолданылады. Бұл сериядағы қозғалтқыштар ашық және жабық тізбекті беріліс қорабында, ең алдымен жоғары қуатты машиналарда жұмыс істеуге арналған.

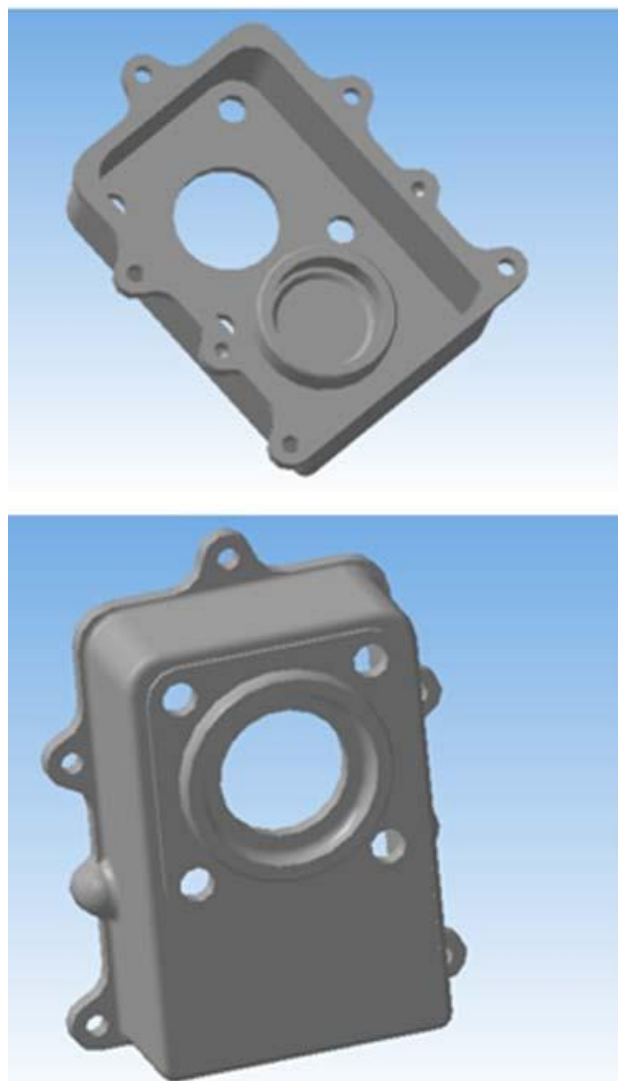
Төменгі жазықтықтағы бес Ø7 саңылау қозғалтқыш қақпағын бекітуге арналған. Екі Ø6Н8 саңылау корпусқа қатысты мотор қақпағын ортаға қоюға арналған.

Мойынтіректері бар беріліс қозғалтқыш корпусының ішіне Ø42G7 және Ø40 тесіктерінде орнатылады. Корпустың шетіндегі төрт Ø11 саңылау мойынтірек қақпағын бекітуге арналған. Мойынтірек қақпағы Ø66e9 бетіне негізделген (Сурет 5).

Бөлшектің габариттік өлшемдері 51x124x156 салмағы 0,45 кг. Жіңішке қабырғалы бөлік қарапайым профильге ие, саңылаулардың аз саны және саңылаулардың өзара орналасуына қойылатын талаптар жоғарылайды. Гидравликалық қозғалтқыштың жұмысы кезінде «Мотор корпусы» бөлігі айнымалы статикалық және динамикалық жүктемелерге ұшырайды. «Мотор корпусы» бөлігі ГОСТ 1583-89 бойынша АК12 маркалы құйылған алюминийден жасалған.



Сурет 5 - «Мотор корпусы» бөлігінің эскизі



Сурет 6 - «Мотор корпусы» бөлігінің 3D моделі

4.1 Дайындама

Силуминдерге жататын алюминий-кремний қорытпасы АК12 (ескі бренд - AL2) жақсы коррозияға төзімділікке ие, сонымен қатар құю деңгейі мен механикалық қасиеттері жоғарылайды. Осындай бірегей технологиялық параметрлерді ескере отырып, ол қара металдармен сәтті бәсекелеседі, олардың өнеркәсіптің дәстүрлі салаларын: автомобиль және тоқыма машина жасауды біртіндеп алмастырады.

Біз АК12 маркалы алюминий қорытпасының химиялық құрамы мен механикалық қасиеттерін 1 және 2 кестелерде келтіреміз.

Кесте 5 – АК12 қорытпасының химиялық құрамы %

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Mg
1,5 дейін	10-13	0,5 дейін	0,1 дейін	84,3-90	0,6 дейін	0,1 дейін

Кесте 6 – АК12 қорытпасының механикалық қасиеттері

σ_v , МПа	δ , %	НВ
160-170	5,0-6,0	55

АК12 қорытпасының құрамындағы кремнийдің мұндай жоғары пайызы - 10 ... 13% оның тамаша өтімділігі мен құю қасиеттерін қамтамасыз етеді, құю температурасын төмендетуге және құйманың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, марганец жылу беріктігін арттырып қана қоймайды, сонымен қатар құйылған бөлшектердің қалыптардың қабырғаларына жабысып қалуын болдырмайды, сонымен қатар темір қоспаларын байланыстырады және оның материал сапасына зиянды әсерін азайтады. Дәнді тазартуға әкелетін титан қоспалары да қорытпаның құйма қасиеттері мен өңдеуге қабілеттілігіне оң әсер етеді.

Дайындаманы алу әдісі – қалыпқа(кокиль) құю.

Кокиль - бұл гравитациялық күштердің әсерінен балқымамен толтырылған металл қалып. Бір рет қолданылатын құмды қалыптарға қарағанда, салқындату қалыптарын бірнеше рет қолдануға болады. Осылайша, қалыппен құюдың мәні дәл осы құйманың конфигурациясын құрайтын металл бөліктері құйма қалыптарын қайталап қолдануда жатыр.

Кокиль қалыптары екі жартылай қалып пен кірістіргіштерден тұрады. Жартылай қалыптарды түйреуіштермен өзара ортаға салып, құю алдында құлыптармен біріктіреді. Қалыптың жұмыс қуысының өлшемдері құйма өлшемдерінен қорытпаның шөгу мөлшері бойынша үлкенірек. Құймадағы қуыстар мен саңылауларды металл немесе құм шыбықтармен жасауға болады, олар құйма қатайғаннан және алдын ала белгіленген температураға дейін салқындағаннан кейін алынады. Балқыма ысырма жүйесі арқылы қалыпқа құйылады, оның қабырғаларында жасалады, ал массивті құю қондырғылары көтергіштерден (қоректену саңылауларынан) беріледі.

Қалыпты балқымамен толтырған кезде оның жұмысынан ауа және басқа газдар жойылады қуыстар арқылы желдету экссудаттар.

4.2 Негізгі технологиялық операциялар

Өңдеу жолын зерттеу кезінде технологиялық негіздерді өңдеу орындаушы беттерді өңдеумен қатар жүргізілетіні, өңдеу маршруты оңтайлы жобаланған және барлық ESKD стандарттарына сәйкес жобаланғаны анықталды.

Талдап көрейік ашурация 010 тік фрезерлеу және 015 Радиалды бұрғылау және нәтижелер 8-кестеге енгізіледі.

005 операциясы СББ жинағымен біріктірілген Установ А

Технологиялық карталар бойынша станоктық операцияларда технологиялық қаралай өңдеу және өңдеу негіздерін анықтап, нәтижелерін 7-

кестеге енгіземіз .

Кесте 7-Негізгі технологиялық операциялар

Операциялар №	Операциялар аты және мазмұны	Технологиялық негіздер	
		Қаралай	Тазалай
005	Көлденең бұрғылау Фрезерлеу (Бет 1). Қайрау (Бет 7). Бұрғылау (тесік 4және 9). Жону (тесік 4).	Жазықтық(2) және бүйір беттері.	-
010	Тік фрезерлеу Фрезерлеу (жазықтық 2)	-	Тесік(6), тесік (9) және Жазықтық (1).
015	Радиалды бұрғылау Бұрғылау(5 тесік. 3), бұрғылау, үңгілеу (Тесік 2 және 8)	-	тесік (6), тесік (9) және Жазықтық (1).
020	Координатты жону Жону (тесік 4) ұшын кесу арқылы 5	-	тесік 6, тесік 9 және Жазықтық (1).

Өңдеу жолын зерттеу кезінде технологиялық негіздерді өңдеу орындаушы беттерді өңдеумен қатар жүргізілетіні, өңдеу маршруты оңтайлы жобаланған және барлық ESKD стандарттарына сәйкес жобаланғаны анықталды.

Талдап көрейік ашурация 010 тік фрезерлеу және 015 Радиалды бұрғылау және нәтижелер 8-кестеге енгізіледі.

005 операциясы СББ жинағымен біріктірілген Установ А

Переход 1. Фрезерлеу жазықтық 1 (Сурет 5).

Түтік жонғыш R220.53-0080-09-5C

көрсетілген жерде: R - оң бағытта айналу, 220 - опракаға бекіту, 53 - кескіш жүйесі, 0080 - кескіш диаметрі (80 мм), 09 - пластина өлшемі, 5 - тістердің тиімді саны, C – клинді пластиналарды бекіту

Кескіш өлшемдері: Dc=80mm, Dc2=90mm, D5m=62mm l1=50mm, ar=4,5mm

Пластина SEEX 09T3AFN-E04 H15

көрсетілген жерде: S - пластина пішіні (шаршы), E - артқы бұрыш (20° тең), E - төзімділік класы, X - SMP түрі, 09 - номиналды ұзындық

кесу жиегі (9,52 мм), T3 - қалыңдығы (3,97 мм), AF - 45° фаскамен Пластина, N - кесу бағыты (бейтарап), E04 - ішкі белгілеу (өңдеу шарттары қарапайым), H15 - Пластина материалы (қатты тозу- төзімді алюминий өңдеу дәрежесі, қапталмаған сорт) Ұсынылатын кесу режимдері : арmax=2,5мм,

$f=0,10\text{мм/тіс}$, $V_c=910\text{м/мин}$.

Кесте 8-Станок операцияларына анализ

Операция №	Операцияның атауы және мазмұны	Құрылым операциялар			технологикалық негізі	Орнату және бекіту әдісі	Пайдаланудың құрылыс схемасы
		Қондырғылар саны	Жазықтықтар саны	Жүрістер саны			
010	Тігінен фрезерлеу жазықтық 2.	1	2	2	6-тесік, тесік 9 және тегіс жазықтық 1	Арнайы құрал	Бір орынды, Бір құралды өңдеу
015	Радиалды бұрғылау бұрғылау (тесік 5 және 3) Үңгілеу (тесік 2 және 80)	1	4	8	6-тесік, тесік 9 және тегіс шатыр 1	Дирижер	Бір орынды, Бір құралды өңдеу

005 операциясы СББ жинағымен біріктірілген Установ А

Переход 1. Фрезерлеу жазықтық 1 (Сурет 5).

Түтік жонғыш R220.53-0080-09-5C

көрсетілген жерде: R - оң бағытта айналу, 220 - опракаға бекіту, 53 - кескіш жүйесі, 0080 - кескіш диаметрі (80 мм), 09 - пластина өлшемі, 5 - тістердің тиімді саны, C – клинді пластиналарды бекіту

Кескіш өлшемдері: $D_c=80\text{мм}$, $D_{c2}=90\text{мм}$, $D_{5m}=62\text{мм}$ $l_1=50\text{мм}$, $a_r=4,5\text{мм}$

Пластина SEEX 09T3AFN-E04 H15

көрсетілген жерде: S - пластина пішіні (шаршы), E - артқы бұрыш (20° тең), E - төзімділік класы, X - SMP түрі, 09 - номиналды ұзындық

кесу жиегі (9,52 мм), T3 - қалыңдығы (3,97 мм), AF - 45° фаскамен Пластина, N - кесу бағыты (бейтарап), E04 - ішкі белгілеу (өңдеу шарттары қарапайым), H15 - Пластина материалы (қатты тозу- төзімді алюминий өңдеу дәрежесі, қапталмаған сорт) Ұсынылатын кесу режимдері : $a_{рmax}=2,5\text{мм}$, $f=0,10\text{мм/тіс}$, $V_c=910\text{м/мин}$.

Переход 2. Фрезерлеу жазықтық 7 (Сурет 5).

JS554 кескіш түрін таңдаңыз - N2 топтағы материалдарды өңдеу үшін әмбебап кескіш

Соңында JS554250R310Z4.0-SIRON-A кескішті таңдаймыз, мұнда JS - өнім желісі (JABRO SOLID), 554 - геометрия, 250 -кескіш диаметрі (25мм), R310 – ұшы пішіні, Z4 – тістер саны,.0 – хвостовик түрі, SIRON-A - жабын түрі JS554 кескіш көрсетілген.

Кескіш өлшемдері: $D_c=25\text{мм}$, $d_{\text{мм}}=25\text{мм}$. $l_2=125\text{мм}$, $a_r=52\text{мм}$

Ұсынылатын кесу шарттары: $f=0,11\text{ мм/тіс}$, $V_c=470\text{м/мин}$

Переход 3. Тесік 6 (Сурет 5).

Бас А750 30

Мұнда көрсетілген: А - бұрғылау басы, 750 - өрескел бұрғылау, 30 - шанақтың өлшемі

Бас өлшемдері: диапазон $C=\varnothing 39\dots 51\text{мм}$, $A=24\text{мм}$, $D=35\text{мм}$, $L=69\text{мм}$

А750 30CC09 кірістіргіш ұстағыш

Мұнда көрсетілген: А - бұрғылау басы, 750 - өрескел бұрғылау, 30 - шанақтың өлшемі

Бас өлшемдері: диапазон $C=\varnothing 39\dots 51\text{мм}$, $A=24\text{мм}$, $D=35\text{мм}$, $L=69\text{мм}$

Салғыш ұстағыш А750 30CC09 90

мұндағы А750 30 - бұрғылау басының түрі, CC - Пластина орнының түрі, 09 - кірістірілген орынның өлшемі, 90 - жетекші бұрыш

Ұстағыш өлшемдері: $b=35\text{мм}$, $l_1=41\text{мм}$

CCGT 09T308F-AL KX нөмірі

Ұсынылатын кесу шарттары: $a_{\text{ртах}}=4\text{мм}$, $V_c=450\text{м/мин}$, $f=0,20\text{мм/айн}$

Переход 4. Бұрғылау (тесік 4 және 9)(Сурет 5).

Бұрғы SD203-11.0-33-12R1

мұндағы SD203 – бұрғы түрі, 11,0 – бұрғы диаметрі (11,0 мм), 33 – бұрғылау тереңдігі (33 мм), 12 – иінді диаметрі, R – оң жақ айналу, 1 – иін түрі (цилиндрлік)

Бұрғы өлшемдері: $D_c=11\text{мм}$, $d_{\text{мм}}=12\text{мм}$, $l_4=33\text{мм}$, $l_2=102\text{мм}$, $l_c=45\text{мм}$

Каталог бойынша ұсынылатын кесу шарттары: $f=0,30\text{ мм/айн}$, $V_c=225\text{ м/мин}$.

Установ Б

Переход 1. Фрезерлеу (жазықтық 2) (Сурет 5).

Жонғыш R220.53-8160-09-10C. SEEX тақтасы 09T3AFN-E04 H15.

Таңдаулы режимдері кесу режимдері: $a_{\text{ртах}}=2,5\text{мм}$, $f=0,10\text{мм/тіс}$, $V_c=910\text{м/мин}$.

Переход 2. Бұрғылау (тесік 5 және 3)(Сурет 5).

Бұрғылау SD203-7.0-25-8R1 .

Каталогқа сәйкес ұсынылатын кесу шарттары: $f=0,21\text{ мм/айн}$,

$V_c=225\text{ м/мин}$.

Переход 3. ҚайрауТесік 4 (Сурет 5).

Саңылауларды бұрғылау екі кезеңде орындалады: 1-ші кезең $\varnothing 41,5$ өлшемге, екінші кезең $\varnothing 42$ өлшемге дейін.

Бірінші кезең.

Бас А750 30

Пластина ұстағышы А750 30CC09 90 . CCGT 09T308F-AL KX тақтасы.

Ұсынылатын кесу шарттары: $a_{\text{ртах}}=4\text{мм}$, $V_c=450\text{м/мин}$, $f=0,20\text{мм/айн}$.

Екінші кезең.

Бас А780 30 Пластина ұстағышы А725 30СС06 02 Пластина ССГТ 060204F-AL КХ

Таңдаулы режимдері кесу қосулы екінші кезең:артах=2,5мм, Vc=300м/мин, f=0,15мм/айн

Переход 4. Екі тесікті 8 ретімен бұрғылаңыз (Сурет 5).

Бұрғылау SD203-5,8-21-6R1 Каталогқа сәйкес ұсынылатын кесу шарттары: f=0,18 мм/айн, Vc=225 м/мин.

Переход 5. Екі тесікті 8 ретімен кеңейтіңіз (Сурет 5).

Ремер NF06-6H8-EB45-RX2000

мұндағы NF06 – оймақ түрі, 6H8 – тесік диаметрі және төзімділік, EB45 – бағыттаушы геометрия, RX2000 – сорт (барлық материалдарға жарамды жоғары өнімділікпен қапталған сорт).

Оқиғыш өлшемдері: Dc=6мм, дмм=6мм, l2=80мм, l3C=60мм, Z=4

Таңдаулы кесу режимдері : артах=0,1...0,2мм, f=0,20 мм/айн, Vc=80 м/мин.

Операциялар үшін кесу режимінің элементтері компанияның каталогына сәйкес анықталады

«SECO», ал нәтижелер 9 кестеге енгізіледі.

Кесте 9 – Кесу режимінің элементтері

Операцияның атауы, ауысу, позиция	t, мм	Сонымен, мм/айн	Sm, мм/мин	n, айн/мин	V, м/мин
005 операциясы А СББ жинағымен біріктірілген					
Переход 1					
Переход 2	2.5	0,50	1812	3623	910
Переход 3	8.0	0,44	2634	5987	470
Переход 4	2.5	0,20	717	3583	450
	5.5	0,30	1954	6514	225
В жиынтығы					
Переход 1					
Переход 2	2.5	1.0	1811	1811	910
Переход 3	3.5	0,21	1433	6824	150
Переход 4	1,75	0,20	691	3453	450
Переход 5	3.40	0,18	988	5491	100
	0,10	0,20	849	4246	80

4.3 Техникалық уақыт нормаларын есептеу

005 операциясы А НС СББ жиынтығында біріктірілген

Переход 1. Фрезерлеу жазықтық 1.

Өңделген бетінің ұзындығы: $l_o = 66\text{мм}$. Енгізу және асып кету мөлшері
 $l_{вр} + l_{пер} = 120\text{ мм}$.
 Өту саны $i = 1$.

$$t=186/1812=0,10\text{ мин} \quad (1)$$

Переход 2. Фрезерлеу жазықтық 7.

$l_o = 220\text{мм}$, $l_{вр} + l_{пер} = 80\text{мм}$, $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 220 + 80 = 300\text{мм}$.

Число проходов равно $i = 1$.

$$t_{O2}=300/2634=0.12\text{мин} \quad (2)$$

Переход 3. Кеңейту Тесік 6.

$l_o = 5\text{мм}$, $l_{вр} + l_{пер} = 45\text{мм}$, $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 6 + 45 = 51\text{мм}$

Өту саны $i = 1$.

$$t=51/717=0,07\text{мин} \quad (3)$$

Переход 4. Бұрғылаңыз Тесік 4 және 9

$l_o = 3\text{ мм}$, $l_{вр} + l_{пер} = 28\text{ мм}$, $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 6 + 45 = 31\text{ мм}$.

Өту саны $i = 4$.

$$t=(31*4)/1954=0,06\text{мин} \quad (4)$$

А блогындағы жалпы негізгі уақыт:

$$t_{O.A} = 0,10 + 0,12 + 0,07 + 0,06 = 0,35\text{ мин} \quad (5)$$

В жиынтығы

Переход 1 Фрезерлеу жазықтық 2.

Өңделген бетінің ұзындығы: $l_o = 156\text{мм}$. Енгізу және асып кету мөлшері

$$l_{вр} + l_{пер} = 180\text{мм}. \quad (6)$$

Содан кейін: $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 156 + 180 = 336\text{ мм}$.

Өту саны $i = 1$.

$$t=336/1811=0,19\text{мин} \quad (7)$$

Переход 2. Бес тесікті (3) бұрғылау.

$l_o = 6\text{ мм}$ $l_{вр} + l_{пер} = 25\text{мм}$, $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 6 + 25 = 31\text{мм}$.

Өту саны $i = 5$.

$$t=(31*5)/1433=0.11\text{мин} \quad (8)$$

Переход 3. Қайрау тесік (4).

$l_o = 8\text{мм}$, $l_{вр} + l_{пер} = 63\text{мм}$, $l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 8 + 63 = 71\text{мм}$.

Өту саны $i = 1$.

$$t=(71*71)/(691+341)=0,31\text{мин} \quad (9)$$

Переход 4. Екі тесікті (8).бұрғылаңыз

$l_o = 7\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 22\text{мм}, l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 7 + 22 = 29 \text{ мм}.$
 Өту саны $i = 2$.

$$T = (29 \cdot 2) / 988 = 0,06 \text{ мин} \quad (10)$$

Переход 5. Екі тесікті (8) кеңейтіңіз.

$l_o = 7\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 22\text{мм}, l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 7 + 22 = 29 \text{ мм}.$
 Өту саны $i = 2$.

$$t = (29 \cdot 2) / 947 = 0,07 \text{ мин} \quad (11)$$

В параметріндегі жалпы негізгі уақыт:

$$t_{oo} = 0,19 + 0,11 + 0,31 + 0,06 + 0,07 = 0,74 \text{ мин}$$

Операция үшін машинаның жалпы уақыты:

$$t_o = 0,35 + 0,74 = 1,09$$

Көмекші уақыт элементтерін анықтайық:

$$t_{\text{ус}} = 5,26 \text{ мин. } m_{\text{бума}} = 12,35 \text{ мин. } m_{\text{изм}} = 13,52 \text{ мин.}$$

$$t_N = 5,26 + 12,35 + 13,52 = 31,13 \text{ мин.}$$

Жұмыс уақыты:

$$t_{OP} = t_o + t_N = 1,09 + 31,13 = 32,22 \text{ мин} \quad (12)$$

Техникалық қызмет көрсету уақыты:

$$t = (8 \cdot 3,22) / 100 = 2,58 \text{ мин} \quad (13)$$

Ұйымдастырушылық қызмет көрсету уақыты:

$$t^{org} = (8 \cdot 32,22) / 100 = 2,58 \text{ мин} \quad (14)$$

Демалыс уақыты:

$$t = (2,5 \cdot 32,22) / 100 = 0,81 \text{ мин} \quad (15)$$

Бөлшек уақыты:

$$T_{DK} = 32,22 + 1,93 + 2,58 + 0,81 = 37,5 \text{ мин} \quad (16)$$

Дайындық және жабылу уақыты $T_{PZ} = 34 \text{ мин}$

Содан кейін:

$$T = (35 + 37,54) / 43 = 38,4 \text{ мин} \quad (17)$$

Уақыт нормаларының есебін 10-кестеде қорытындылаймыз.

Кесте 10 – Уақыт нормалары, мин.

Операцияның атауы, ауысу, позиция	m_o	m_B	$m_{\text{анау}}$	m_{org}	$m_{\text{т.б}}$	$T_{\text{ДК}}$	$T_{\text{ДК-ТО}}$
005 операциясы А СББ жинағымен біріктірілген		31.13	1.93	2.58	0,81	37,54	38.4
Переход 1	0,10						
Переход 2	0,12						
Переход 3	0,07						
Переход 4	0,06						
В жиынтығы							
Переход 1	0,19						
Переход 2	0,11						
Переход 3	0,31						
Переход 4	0,06						
Переход 5	0,07						

4.4 Бөлшекті өндеудің технологиялық операциясын басқару бағдарламасын құру

«Мотор корпусы» бөлігін өндеудің жобаланған технологиялық процесі DMG Mori Milltap 700 үлгісіндегі СББ өндеу орталығын пайдалануды қамтиды. Бұл станок СББ жүйесімен жабдықталған «SIEMENS 840D Solution» желісі.

СББ жүйелері «SIEMENS 840D Solution» желісі СББ машиналарының кең ауқымы үшін қол жетімді. Бұл СББ жүйелерінде шағын шеберханалардан ірі аэроғарыш өнеркәсібіне дейінгі қолданбаларға арналған кең ауқымды опциялар бар.

Бұл СББ жүйесі қарапайым, пайдаланушыға ыңғайлы операцияға ие, ол сізге жеткілікті жылдам бағдарламалар жасауға мүмкіндік береді және келесі мүмкіндіктерге ие:

- Бағдарламалау мүмкін тікелей қосулы СББ немесе қосулысыртқы медиа (CAD/CAM);
- фрезерлік циклдар: дөңгелек қалталар, төртбұрышты қалталар, қисық қалталар, жалпақ фрезерлеу;
- бұрғылау циклдері: қарапайым бұрғылау, уақыт бойынша бұрғылау, терең ұңғымаларды бұрғылау, бұрғылау;
- бұрғылау,сызбалары:шұңқырларқатарлары,ойықтаршеңбер/сегмент, бостесіктіорналастырутөртбұрыш/параллелограмм.

Дипломдық жобада біз 005 операциясы үшін «СББ бар ОС бойынша кешен» А параметрін басқару бағдарламасын әзірлейміз. Операция төрт ауысудан

тұрады:

Переход 1. Фрезерлеу жазықтық (1).

Переход 2. Фрезерлеу жазықтық (7).

Переход 3. Кеңейту (Тесік 6).

Переход 4. (Бұрғылау тесік 4 және 9).

Бақылау бағдарламасын жасау үшін мыналар қажет:

- құралды таңдау;
- кесу режимдерін таңдау;
- құралдың траекториясын жобалау;
- тірек нүктелерінің координаталарын анықтау.

А параметрінің 005 жұмысын басқару бағдарламасы 15 кестеде берілген.

Кесте 11 - 005 операциясын басқару бағдарламасы (А жинағы)

Ақпаратты кодтау, кадр мазмұны	UE жақтауының мазмұны
1	2
Переход 1. Фрезерлеу жазықтық (1)	
T1 D1 M6	Кескіш таңдау 1, құралды өзгерту
G96 S910 Lims=1000 M3	Тұрақты кесу жылдамдығы, шпиндельдің айналуы белгіленген жылдамдықпен сағат тілімен
G90 G54 G17	Абсолютті өлшемдер, нөлдік ығысу, таңдау жұмыс жазықтығы ХУ
G0 X84 Y0 Z53.5	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 X-84 F0,5 M8	Берілген координаттарға жылжу, қосу кесу жемі, салқындатқыш қосулы
M9 M5	Салқындату сұйықтығы өшірулі, айн/мин өшірулі
G0 X550 Y390 Z480	Қауіпсіз құралды ауыстыру нүктесіне барыңыз жылдам жеткізу бойынша
Переход 2. Фрезерлеу жазықтық (7).	
T2 D1 M6	Кескіш таңдау 2, құралды өзгерту
G96 S470 Lims=600 M3	Тұрақты кесу жылдамдығы, шпиндельдің айналуы белгіленген жылдамдықпен сағат тілімен
G90 G54 G17	Абсолютті өлшемдер, нөлдік ығысу, таңдау жұмыс жазықтығы ХУ
G0 X33 Y0 Z55	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 Z47 F0,44 M8	Берілген координаттарға жылжу, қосу кесу жемі, салқындатқыш қосулы
G3 X33 Z47 MD=33	33 қозғалыс радиусы бар дөңгелек интерполяция сағат тіліне қарсы
G0 Z55	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
M9 M5	Салқындату сұйықтығы өшірулі, айн/мин өшірулі
G0 X550 Y390 Z480	Жылдам өту кезінде қауіпсіз құралды ауыстыру нүктесіне көшу

Переход 3. Тесік 6.	
1	2
T3 D1 M6	Бұрғылау басын таңдау 3, құралды ауыстыру
G96 S450 Лимс=500 M3	Тұрақты кесу жылдамдығы, шпиндельдің айналуы көрсетілген жылдамдықпен сағат тілімен
G90 G54 G17	Абсолютті өлшемдер, нөлдік ығысу, таңдау жұмыс жазықтығы XY
G0 X0 Y0 Z56	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 Z39 F0,20 M8	Берілген координаттарға жылжу, қосу кесу жемі, салқындатқыш қосулы
G0 Z56	Жылдам өту кезінде көрсетілген координаттарға жылжу
M9 M5	Салқындату сұйықтығы өшірулі, айн/мин өшірулі
G0 X550 Y390 Z480	Жылдам өту кезінде қауіпсіз құралды ауыстыру нүктесіне көшу
Переход 4. 4 саңылау 9 бұрғылаңыз.	
T4 D1 M6	Бұрғы таңдау 4, құралды өзгерту
G96 S225 Лимс=300 M3	Тұрақты кесу жылдамдығы, шпиндельдің айналуы көрсетілген жылдамдықпен сағат тілімен
G90 G54 G17	Абсолютті өлшемдер, нөлдік ығысу, таңдау жұмыс жазықтығы XY
G0 X29.88 Y-29.88 Z50	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 Z38 F0,30 M8	Кесу беруді қосу, көрсетілгенге көшу координаттар, салқындатқышты қосу
G0Z50	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
X-29.88	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 Z38 F0,30	Кесу беруді қосу, көрсетілгенге көшу координаттар
G0Z50	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
Y29.88	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
G1 Z38 F0,30	Кесу беруді қосу, көрсетілгенге көшу координаттар
1	2
G0Z50	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
X29.88	Жылдам өту кезінде көрсетілген координаттарға жылжу

G1 Z38 F0,30	Берілген координаттарға жылжу, қосу жұмыс жемі
G0Z50	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
M9 M5	Салқындату сұйықтығын өшіру, айн/мин ажырату
G0 X550 Y390 Z480	Берілген координаталар бойынша үдетілген қозғалыс беру
M30	Бағдарламаның Соңы

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысты орындау барысында СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктеріне зерттеулер жүргізілді. Мұндай машиналарды пайдалану ерекшеліктері, сондай-ақ олардың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.

Сонымен қатар нақты DMG MORI Milltap 700 станогына зерттеу жүргізілді. Станоктың негізгі техникалық сипаттамалары, оның құрылымдық ерекшеліктері және бөлшектерді өңдеу мүмкіндіктері зерттелді.

Фрезерлеу, бұрғылау, жону және резбалық өңдеу т.б. сияқты осы машинада орындалуы мүмкін әртүрлі технологиялық операциялар қарастырылды. сонымен қатар CNC машинасының бағдарламалау ерекшеліктері және арнайы бағдарламалық модульдерді пайдалану мүмкіндіктері зерттелді.

Зерттеу нәтижесінде DMG Mori milltap 700 машинасының жоғары технологиялық мүмкіндіктері бар және оны әртүрлі технологиялық операциялардың кең ауқымын орындау үшін пайдалануға болатындығы анықталды. Бұл бөлшектерді жоғары дәлдікпен және қайталанумен өңдеуге мүмкіндік береді, бұл оны бөлшектердің шағын және орта партияларын өндіруге өте ыңғайлы етеді.

Осылайша, CNC станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін зерттеу қазіргі заманғы технологиялық индустрияны дамытудың өзекті және маңызды бағыты болып табылады. DMG MORI milltap 700 станогының зерттеу нәтижелерін берілген станокта бөлшектерді өңдеу процесін оңтайландыру үшін, сондай-ақ металл өңдеу саласында жаңа технологиялық шешімдерді әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, біз СББ станоктары әртүрлі бөлшектерді өндірудің тиімді құралы болып табылады деп қорытынды жасауға болады. Олар жұмыстың жылдамдығы мен дәлдігін арттыра отырып, өндірістік процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Дегенмен, СББ станоктарының технологиялық мүмкіндіктерін толық пайдалану үшін жабдықты бағдарламалау және баптау саласында кәсіби дағдылар мен білім қажет. Орнату және бағдарламалаудағы қателіктер өнім сапасының төмендеуіне және жабдықтың бұзылуына әкелуі мүмкін. Осылайша, СББ станоктары қысқа мерзімде жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін өндірістегі перспективалы бағыт болып табылады. Дегенмен, максималды тиімділік үшін тиісті білім мен дағдыларға ие болу, сондай-ақ жабдықты мұқият конфигурациялау және бағдарламалау қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ловыгин А.А. и Теверовский Л.В. ;Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система.Москва,2012г.
- 2 Кряжев Е.;Фрезерная обработка на станках с ЧПУ с системой ЧПУ FANUC;учебное пособие,версия 0,1;2005г.
- 3 Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.;Методика программирования станков с ЧПУ на наиболее полном полигоне вспомогательных G-функций.;2017г.
- 4 Кошкин В.Л. Аппаратные системы числового программного управления;2013г.
- 5 Чуваков А.Б. (2011) Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ. Производственное оборудование и основы программирования операций
- 6 Гимадеев М.Р. (2015) Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ на платформе Heidenhain
- 7 Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік: Машина жасау/ Жалпы редакциясын басқарған п.ғ.д., профессор А.Қ.Құсайнов. – Алматы: Республикалық мемлекеттік «Рауан» баспасы, 2000. – 288 б
- 8 В.М. Шеменков, М. А. Белая, А. Л. Шеменкова. Режущий инструмент. Инструментальные системы. Металлорежущий инструмент, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2015г
- 9 Гусев С. Ю., Пестунов А. В., Филиппов А. И. и др. ЧПУ: учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
- 10 Короткий А., Петров И.Н. Программирование станков с ЧПУ: учебное пособие. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015.
- 11 Иванов А.И., Крючков В.В., Степанов С.А. и др. Числовое программное управление обработкой на станках с ЧПУ: учебное пособие. - М.: КноРус, 2013.
- 12 Карлова И.М., Невеселова О.А. Системы ЧПУ и их программирование: учебник для вузов. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014.
- 13 Кудряшов А.Ф., Фомичев А.С., Шафранов А.В. и др. Проектирование станков с ЧПУ: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2013.
- 14 Ковалев В.А., Галкин В.М., Зуев В.В. и др. Технологическое программирование обработки на станках с ЧПУ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
- 15 Фреймут Б. А., Воронов А. И., Коробков А. В. и др. ЧПУ в машиностроении. - СПб.: Лань, 2013.