

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

Жәкенқызы Айжан

Машина жасау өндірісінің роботтандырылған жүйесін құру (ыстық штамптау процестерінің мысалында)

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 –«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі

Ф.-М. ғыл. канд.,

қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров

«11» 05 2022 ж.

«Машина жасау өндірісінің роботтандырылған жүйесін құру (ыстық штамптау процестерінің мысалында) тақырыбына

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 —«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Орындаған:

Жакенқызы Айжан

Пікір беруші:

PhD докторы,

IT кафедрасының аға-оқытушысы

АЭжБ университеті

 Иманбекова Ұ.Н
« 11 » 05 2022ж

Ғылыми жетекші:

Техн. ғыл. докторы,

АжБ кафедрасының

қауымдастырылған профессоры

 Байбатшаев М.ІІ
« 11 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығы



ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі

физ-мат. ғыл. канд.,

қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров

«11» 05 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Жәкенқызы Айжан

Тақырыбы: «Машина жасау өндірісінің роботтандырылған жүйесін құру (ыстық штамптау процестерінің мысалында)»

Университет ректорының «24» 12 2021 жылғы ғылыми кеңесінің
№ «489-П/Ө» бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «12» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботты өндеудегі заманауи әдістерге шолу жасау.

2) Өндірісте ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботтың манипуляторының жетілдірілген траекторияны модельдеу арқылы траекторияны жақсарту идеясын талдау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Автоматты түрде басқару негізінде процесі арқылы автокөлік қанатын өндіру.

б) Роботты өндеудегі заманауи бағдарламалауға шолу жасау.

в) Роботтың манипуляторының цикл уақытына нақты әсерін тексеру

г) Динамикалық қозғалысты SIMULINK MATLAB программасымен модельденді.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылған негізгі әдебиеттер:

1 Абалкин Л. И., Камаев В. Д., Юревич Е. И. Автоматические манипуляторы (промышленные роботы) в народном хозяйстве: социально-экономические аспекты.

Дипломдық жұмысты дайындау

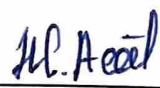
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын мәселелер тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Ыстық штамптау үшін жоғары өнімділікке қол жеткізу мақсатында өндірістік процесті роботтандыру жүйесіне кіріспе		30.02.2022	
Машина жасау өндірісін роботтандыру процестерін оңтайландыру әдістерін құру		30.03.2022	
Роботты басқару жүйесін оңтайландыру үшін matlab ортасында моделін құру		25.04.2022	

Аяқталған дипломдық жұмыстың және оларға қатысты диплом жұмысы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық бақылауының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Есептік бөлім	Байбатшаев М.Ш техн.ғыл.докторы, қауымдастырылған профессор	11.05.2022	
Нормалық бақылаушы	Н.С.Сарсенбаев техн.ғыл.канд., Ассистент-профессор	11.05.2022	

Ғылыми жетекшісі  Байбатшаев М.Ш

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Жакенқызы А.

Күні «24» 12 2021 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботты өңдеудегі заманауи әдістерге шолу жасайды. Роботты автоматты түрде оңтайландыру өлшемдеріне талдаулар жүргізілді.

Өндірісте ыстық штамптау процестеріне қолданылатын манипуляторды басқаратын пневматикалық-электрлік гибриді жетекке талдау жасау. Осы талдаулар негізінде жетек SIMULINK MATLAB программасымен модельденді.

АННОТАЦИЯ

В данной работе представлен обзор современных методов роботизированной обработки, используемых в процессах горячей штамповки. Проведен анализ критериев автоматической оптимизации робота.

Далее, анализируется пневмоэлектрический гибридный привод, управляемого манипулятором, используемого в процессах горячей штамповки на производстве. На основе этих анализов привод был смоделирован с помощью программы SIMULINK MATLAB.

ANNOTATION

This thesis provides an overview of modern methods of robotic processing used in hot stamping processes. The analysis of the criteria for automatic optimization of the robot is carried out.

Analysis of a pneumatic-electric hybrid drive controlled by a manipulator used in hot stamping processes in production. Based on these analyzes, the drive was simulated with the SIMULINK MATLAB program.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	9
1	МАШИНА ЖАСАУДАҒЫ ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ ЫСТЫҚ ШТАМПТАУ ПРОЦЕСІН РОБОТТАНДЫРУ	10
1.1	Ыстық штамптау үшін жоғары өнімділікке қол жеткізу мақсатында өндірістік процесті роботтандыру	10
1.2	Штамптау процесін роботтандыру немесе автоматтандыру	11
1.3	Ыстық штамптаудың болашағы мен маңыздылығы	12
1.4	Ыстық штамптау технологиялары саласындағы жаңа әзірлемелер және болашақ тенденциялар	13
1.5	Өндірістік робот манипуляторының динамикалық талдауы	19
1.6	Роботтың бастапқы жолын сенсормен анықтау	21
2	МАШИНА ЖАСАУ ӨНДІРІСІН РОБОТТАНДЫРУ ПРОЦЕСТЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ	22
2.1	Роботталған өңдеу кезінде траекторияны қалыптастыру	23
2.2	Роботты процестердегі қалыпын оңтайландыру критерийлері	24
2.3	Робот қозғалысын модельдеу және өнеркәсіптік қимылдарға сәйкестендіру	25
2.4	Қаттылық моделін тексеру	28
2.5	Роботпен ыстық штамптау үшін қаттылықты оңтайландыру	29
3	РОБОТТЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ- ЭЛЕКТРЛІК ГИБРИДТІ ЖЕТЕКТІ ТАЛДАУ	30
3.1	Пневматикалық-электрлік гибриді жетектің құрылымы	30
3.2	Роботтың пневматикалық-электрлік гибриді жетекті қолданғандағы конфигурациясы	31
3.3	Роботпен ыстық штамптау үшін оңтайландыру әдістері	32
3.4	Роботты басқаруда жолын анықтайтын датчик	35
4	РОБОТТЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ- ЭЛЕКТРЛІК ГИБРИДТІ ЖЕТЕКТІ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ MATLAB ОРТАСЫНДА МОДЕЛДЕУ	36
4.1	Ыстық штамптау роботының пневматикалық-электрлік гибриді жетектеріне талдау жасау	36
4.2	Пневматикалық жүйені математикалық модельдеу	37
4.3	Matlab simulink ортасында ыстық штамптау роботының пневматикалық-электрлік гибриді жетектің моделін құру	39
	ҚОРЫТЫНДЫ	41
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	42

КІРІСПЕ

Қазіргі кездегі **өзекті** мәселелердің бірі-машина жасау саласындағы өнім өндірушілер алдындағы басқарудың міндетінің даму мәселесінде, жаңа технологияларды әзірлеуді қажет етеді, сондықтан процесстерді оңтайландыру, бөлшектерды кесуды жақсарту, тиеуді және түсіруді мен үздік басқаруды жүзе асыру үшін 3D-лазерлік роботтарға деген қажеттілік жоғарлады[1].

Ыстық штамптау-бұл күш пен салмақты азайтудың оң әдісі. Дәстүрлі штамптау процесімен салыстырғанда, ыстық штамптау процесі температураның күрт өзгеруімен бірге жүреді және қыздыру кезінде көп қуат жұмсайды. Сынақ желісі дайындаманы жылытуға арналған қорапты пештер, штамптау және қатайтуға арналған 2000Кн [2-3] электр сервопрессінен, дайындаманы қыздыруға дейін және одан кейін тасымалдауға арналған біріктірілген роботтан тұрады. Сынақ желісіндегі бірлескен робот қатар пресс пен пештің жұмысын үйлестіреді. Қазіргі кезде қысымды және жылу беруді жақсырақ басқару үшін пештен пресске ауыстыру үшін икемді және жылдам автоматтандыру шешімдерінің инновациялық пресс технологияларын әзірлеуге бағытталған.

Бұл дипломдық **жұмыстың мақсаты**-өндірісте ыстық штамптауда қолданылатын роботтың манипуляторын және жетілдірілген траекторияларды модельдеу арқылы траекторияны жақсарту идеясын ұсыну мақсатында тапсырмалар орындалды.

Жоба тапсырмасы мен міндеті келесідей орындалған.Ыстық прессте қолданылатын роботты өңдеуге кіріспе және роботты өңдеудегі заманауи бағдарламалауға шолу жасалды.Алдыңғы бөлімде анықталған модельді қолдана отырып және робот манипуляторының қатандық моделіне негізделген робот позициясы оңтайландыру әдісін қарастыру. Осы талдауларды жүзеге асыру және оның роботтың қол қозғалысының цикл уақытына нақты әсерін тексеру үшін динамикалық қозғалысын тексеру және MATLAB программасымен модельдеуде бағдарламалық қосымшалары қолданылды.

МАШИНА ЖАСАУДАҒЫ ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ ЫСТЫҚ ШТАМПТАУ ПРОЦЕСІН РОБОТТАНДЫРУ

1.1 Ыстық штамптау үшін жоғары өнімділікке қол жеткізу мақсатында өндірістік процесті роботтандыру

Соңғы жылдары автомобильдер өндірісінде ыстық штамптау технологиясы жиі қолданылады. Көптеген автомобиль өндірушілері автомобиль корпусының конструкциялары үшін ультра жоғары болатты қолдануды жүзеге асырды, бұл авто көлік дененің салмағын және шығарындыларын азайту кезінде соққыға төзімділігін арттырды[2].

Ыстық штамптау технологиясын 1977 жылы швед компаниясы жасалынған автомобиль жасауда қолданған алғашқы автомобиль өндірушісі болды. Содан бері ыстық штамптау бөлшектерін шығару 2015 жылы шамамен 360 миллион бірлікке дейін өсті.

Ыстық штамптау Еуропада басталғанымен, ол барлық дерлік автомобиль нарықтарында, соның ішінде Қытай мен Кореяда үлкен дамуда қолданылады. Негізгі өндірушілері Gestamp, Benteler, Voestalpine және Magna сияқты 1-ші деңгейлі өсіп келе жатқан өндірушілер, нарық талаптарын қанағаттандыру үшін бүкіл әлем бойынша ыстық штамптау желілерінің санын көбейтуде.

Бұл технологияның болашағы жарқын болып көрінеді, кейбір сарапшылардың пікірінше, ыстық штампталған бөлшектер жаңа көліктердің көпшілігінде автомобильдің жалпы құрылымдық бөліктерінің 30% және 40% дейін көтерілуі мүмкін. Іс жүзінде Volvo XC90 40% және соңғы Honda Civic корпус құрылымының шамамен 59% жоғары берік болаттан жасалған [4].

Ыстық штамптау процесі. Ыстық штамптау процесі негізінен келесі кезендерден тұрады:

Үздіксіз пештерде дайындаманы аустенитациядан жоғары температураға дейін қыздыру (бормен легіріленген болат табактар үшін шамамен 950°C)

- пештен ыстық суға арналған пресске ауыстыру
- матрица ішіндегі пластикалық деформацияны сумен салқындату (немесе мартенситтік ауысу) арқылы сөндіру.

- бөлме температурасында пресстен шығару және ауада салқындату.

Ыстық штамптау-бұл температура мен уақытқа байланысты процесс. Әр кезең уақытша және температуралық айнымалылардың басқа жиынтығын дәл және қайталанатын түрде басқаруды талап етеді. Дайындама пеште процестің соңына дейін қызатындықтан, бөлік температурасы жоғалтады. Мақсат-температураның жоғалуын бақылау. Аустенделген дайындамалар қыздыру пешінен пресс ішіндегі матрицаға көшірілуі тиіс. Егер тасымалдау ашық ауада болса, температура жоғалуы дайындаманың қалыңдығына байланысты бірнеше ондаған °C-де бағалануы мүмкін. Мысалы, қалыңдығы 1,5 мм,

дайындамаларды салқындату жылдамдығы шамамен $20^{\circ}\text{C}/\text{C}$, ал қалыңдығы 2,5 мм - $12^{\circ}\text{C}/\text{c}$ [5].

Сондықтан тасымалдау уақыты мүмкіндігінше қысқа болуы керек. Бастапқы жабдық өндірушісі пресс және қалыптар өндірушілері сияқты әртүрлі көздерге сәйкес мақсатты уақыт беру дайындаманың қалыңдығы мен қорытпасына байланысты 5-тен 7 секундқа дейін болуы керек. Қалыңдығы 1,5 мм дайындама үшін 140°C жоғалтуды білдіреді. Осының көмегімен дайындамалар пеште штамптау процесі басталған кезде дайындаманың температурасы 800°C төмен болмауын қамтамасыз ету үшін орташа тұру уақыты 5 минутпен шамамен 950°C температураға дейін қыздырылуы керек[3].

1.2 Штамптау процесін роботтандыру немесе автоматтандыру

Штамптау процесін роботтандыру ыстық штамптау процесінде басты рөл атқарады, ол пештен преске жылдам ауысуды қамтамасыз етеді, сонымен қатар өндірісті жылдам өзгерту әдістерін (матрицалар мен роботтарды кұрастыру) пайдалану арқылы жабдықтың жалпы тиімділігін жоғарылатуда. - желілік икемді шешімдер және желілік лазерлік кесуге дейін бөлшекті біріктіру және сапаны тексеру[2].

ABB компаниясы Ford, Great Wall, Renault, Hyundai, Gestamp, Benteler немесе Hwashin сияқты негізгі компаниялардың бастапқы жабдықтарын өндірушісі және бірінші деңгейлі компаниялармен ынтымақтастығы арқасында автоматтандыруда ұзақ тәжірибесі бар. Осы тәжірибе мен ынтымақтастықтың нәтижесінде ABB «Ыстық штамптау егізі» деп аталатын қос қолды концепцияның арқасында пештен баспаға тасымалдауда тамаша нәтижелерге қол жеткізді. 4 және 6 секунд арасындағы тасымалдау уақытына ABB қос қолды робот концепциясымен оңай қол жеткізуге болады. Жүйе арнайы автоматтандыру шешімдерінің жылдамдығын роботтарға тән икемділікпен біріктіреді. Екі қолына қарамастан, жүйе ABB RobotWare StampWare Twin пайдаланушы интерфейсі және бағдарламалау шебері арқасында бір робот ретінде бағдарламаланады және басқарылады. (ABB компаниясы-бұл өнімді және тұрақты өнеркәсіптің өзгеруін ынталандыратын жетекші жаһандық технологиялық компания. Бағдарламалық жасақтаманы электрлендіру, робототехника, Автоматтандыру және трафикті басқару саласындағы портфолиосына қосу арқылы ABB өнімділікті жаңа деңгейге көтеру үшін технология шекарасын итермелейді. ABB компаниясының тарихы 130 жылдан асады және 100-ден астам елдегі 105 000-ға жуық талантты қызметкерлер оның жетістіктеріне ықпал етеді[6].



1.1 Сурет-Ыстық штамптау процессін роботтандыру[7]

Алдыңғы қатар үшін АВВ суық штамптау желілерінде кеңінен қолданылатын қабаттан тазарту шешімдерін ұсынады. Робототехниканың икемділігінің арқасында әртүрлі бөлшектердің бірнеше бөліктерін бір өндіріс партиясында біріктіруге болады. Сонымен қатар, толық жүйе алюминийді жылы қалыптау сияқты жаңа материалдар мен процестер үшін дайындалған.

Біріктірілген желілік сөре және сапаны тексеру қазіргі кездегідей қолмен жұмыс істеуді қажет етпестен өндіріс ағынына үздіксіздік қосады. Қосымша лазерлік кесу процесі қажет болған жағдайда, роботты лазерлік кесу ұяшығын пресстен түсіргеннен кейін біріктіруге болады, бұл дайын бөлшектерді тікелей жөндеу цехына жіберуге мүмкіндік береді.

Қалыпты автоматты түрде ауыстыру және роботтың қол ұшын 8 минуттан аз уақыт ішінде жасау жалпы желі өнімділігіне үлкен әсер етуі мүмкін, дәйекті өндірістер арасындағы бос тұру уақытын қысқартады және жабдықты дайындау кезінде процеске қатысатын жұмыс күшін азайтады. өндіріс. Автоматты құрал тіректері мен арбалары бар айналмалы үстелдер өндірісті өзгерту уақытын күрт қысқартуы мүмкін[6].

1.3 Ыстық штамптаудың болашағы мен маңыздылығы

Автокөлік өнеркәсібінде жолаушылар қауіпсіздігі барған сайын маңызды бола бастағанда, сондықтан ыстық штамптау маңызды рөл атқарады. Магний немесе алюминий негізіндегі жаңа қорытпалар және штамптау уақытын қысқартатын жаңа штамптау процестері сияқты жаңа материалдар ыстық штампталған бөлшектерді пайдалануды одан да ұзартады.

Ыстық штампталған бөлшектердің пайызы көліктердің көпшілігінде құрылымдық дене бөліктерінің 30% немесе 40% жетуі мүмкін, бұл бүгінгі күні тек премиум автомобиль брендтеріне қатысты[8].

Өндіріс технологиялары тұрғысынан штамптау және сөндіру уақытын қысқартатын жаңа штамптау процестері және роботты автоматтандырудың жаңа шешімдері жалпы цикл уақытын күрт қысқартады, бұл өнімділік тұрғысынан ыстық штамптауды тиімдірек етеді.

1.4 Ыстық штамптау технологиялары саласындағы жаңа әзірлемелер және болашақ тенденциялар

Жаңартылмайтын энергия ресурстарының сарқылуына және қазбалы отынды жағудың қоршаған ортаға тигізетін әсеріне байланысты соңғы жылдары автомобильдердің отын тиімділігін арттыруға күш салынды. Ең мүмкін болатын тәсілдердің бірі - жеңіл салмақтау; салмақтың 10% - ға төмендеуі отын үнемділігінің 2,5% - ға артуына әкелуі мүмкін [5]. Осылайша, автомобиль өнеркәсібі қауіпсіздік пен соққыға төзімділікті арттыра отырып, көлік құралдарының салмағын азайту үшін жұмыс істейді. Бұған көбінесе алюминий қорытпалары сияқты жеңіл материалдарды пайдалану арқылы немесе қазіргі заманғы жоғары берікті болаттар сияқты көлік құралдарының ақ корпусында берік материалдарды пайдалану арқылы қол жеткізуге болады. Ыстық штамптау технологиясы жоғары берікті болаттардан жасалған бөлшектерді шығаруға арналған мамандандырылған өндіріс технологиясы. Бұл дәстүрлі суық штамптау технологияларында кездесетін кемшіліктерді жояды, мысалы, қалыптаудың нашарлығы, құралдың жоғары жүктемесі және қайта өңдеу үрдістің жоғарылауы қамтамасыз етеді [3].

Соңғы жылдары, дүниежүзі бойынша өнім өндіру саласында маңызды өзгерістер орын алуда. Солардың ішінде келесі үшеуі:

- 1 Жаһандық өнімдер мен олардың өндірісі үшін дүниежүзілік бәсекелестік;
- 2 Озық технологиялардың жоғары технологиялық өндірісі;
- 3 Өндіріс жүйелерінде, стратегия және басқаруда жаңа бәсекелестіктер орын алуда.

Дүниежүзілік (жаһандық) бәсекелестік өндірістік өмірдің бар екендігіне және де ол болашақта әрі қарай одан да күштірек дамитындығына дәлел болып табылады. Бүгінгі күні сіздің сатып алып отырған тауарлары әлемнің кез келген жерінде өндірілген. АҚШ компанияларына Қытайдың, Үндістан және Мексика тауарларын жеткізу кең таралған.

Екінші жағынан, озық өндіріс технологиялары сәйкесінше компьютерлер арқылы басқарылатын жаңа құрылғыларға немесе процестер қатарына жатқызылады. Сәйкес құрылғыларды өндіріп шығаратын компаниялар шағын болғанымен, зауыттың өнімділігіне үлкен әсерін тигізеді.

Жетілдірілген процестер компоненттердің сапасының жақсаруына және тауарлардың пайдалану ұзақтығын арттырады. Дегенмен де, жетілдірілген технологияларды жасап шығарған компаниялар жаңа технологияларды пайдаланады. Бұл әдіс өте маңызды болғанымен, егер сіздің бәсекелестеріңізде оларда капитал бар шартымен осындай технологияларды сатып алатын болса, бұл жағдай бірегей бәсекелестік артықшылықтарды қанағаттандыра алмайды. Кей компаниялар өздерінің жеке бірегей технологиялық процестерін жетілдіреді және соны барынша ұзағырақ сақтап қалуға тырысады[5].

Үшінші өзгеріс және өндірісте жетістікке жетудің шынайы кілтінің болуы мүмкін жағдай, ол өндірістік жүйенің оңтайландырылған жобалануын енгізу, яғни ол тұтынушыға жеткізу уақытын, төмен бағадағы сапасы өте жоғары өнімді алуды қамтамасыздандыра алады. Оңтайландырылған өндіріс арқылы қалдық көлемін қысқартуға және әдіснаманы біршама жақсартуға болады.

Негізгі өндірістік процестер

Бұл процестер өнім құндылығын жасайтын және оны арттыратын процестер. Өндіріс процестері:

- балқыту, құю және қалыптау;
- формалау немесе металл өңдеу;
- механикалық өңдеу (материалдарды жою) процестері;
- байланыстыру және құрылымдау;
- беткейлік өңдеу (әрлеу);
- жылдам прототиптеу;
- термиялық өңдеу және басқалары болып жіктеледі.

Бұл жіктелулер бірін-бірі жоққа шығармайды. Мысалы, әрлеу процестері аздаған металды жою процесінен немесе қысым арқылы металды өңдеу процесінен тұрады. Құрылымдау металдарды байланыстырудан өзге процестерден де құралады. Процесс түрлерінің категориясы әлі де жетілуден алшақ.

Балқыту және қалыптау процестері кезекті өңдеу процестерін талап ететін тетіктер өндірісінде кеңінен қолданылады. Балқыту процесінде қуыстарды толтыру үшін ерітілген металдар қолданылады. Металл қатырылғаннан соң металл қуыстардың пішіндерін сақтап қалады. Балқыту мен қалыптаудың басты артықшылығы-ол артық және қалдық материалдардың жеңіл қайта өңделе алауында.

Металл кесу, механикалық өңдеу немесе металды жою процесі қалаған пішінді немесе әрлеуді алу үшін бөлшектегі бірнеше таңдалған бөліктерді жоюдан тұрады. Чиптер кесуші құрал мен өңделетін материал арасындағы өзара әрекеттесу салдарынан жасап шығарылады. 1.2-суретте автокөлік қанатын жасаудағы деп кесіп өңдеу арқылы көрсетілген. Өндіріс инженері кесу жылдамдығы, беріс немесе кесу тереңдігі сияқты кесу өлшемдерін ұсынып отырады. Сонымен қатар, инженер жұмыс үшін қажетті кесу құралын таңдай алады.

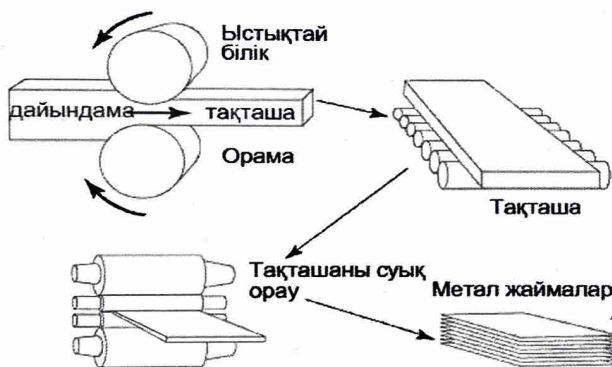
Кең ауқымды машина құралдарын өндіруде, әзірлеуде түрлі тәсілдер мен әдістемелер қолдану өте тиімді. Онда өнімдерінің дизайны уақытша стандартталған, дизайнды ешқандай өзгертулерге рұқсат берілмейді. Өнімдер бөлшектері жоғары дәрежелі стандартталған және көп мөлшерде өндіріледі. Машина өндіретін бөлшектерді, білікті жұмыс күшімен дамытуға болады. Кедір-бұдыр автоматты бұранда машинаның шағын бөлшектер үшін жақсы үлгі болып табылады. Көптеген зауыттар жұмыс цехымен желі ағындарымен бірлестірілген. Әдетте, өнімгедеген сұраныстың жоғарлығы, өндіріске тұтынудан түске қозғаушы күш болып табылады. Осы зауыттардың көптеп өндіруі, тұрақты сұраныстың болуынан. Бастапқы құрастыру желілерін, түпкілікті құрастыру желілерін және қосымша желілерді одан әрі кеңейту, әдетте түйткілді мәселе әлдеқайда қарқынды еңбектің болуы.

Жонғыш білдекте негізгі айналымды атқаруда қолданылатын кесу құралдары 1.3-суретте көрсетілген. Механикалық құрылғыларында қондырылған кесу құралдары қажетті процесті атқару үшін жұмысқа қатысты құралдарды алмастыруды қамтамасыз етеді (немесе керісінше).

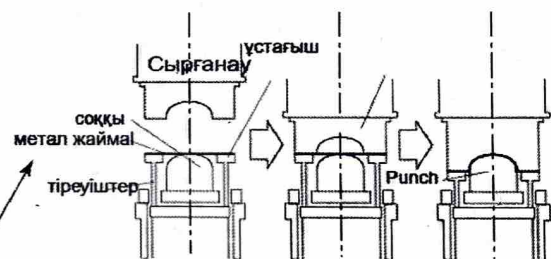
Металдарды қысу процесі арқылы автокөліктер қанатын жасау

Металл жаймаларын қалыптастыру немесе майыстыру

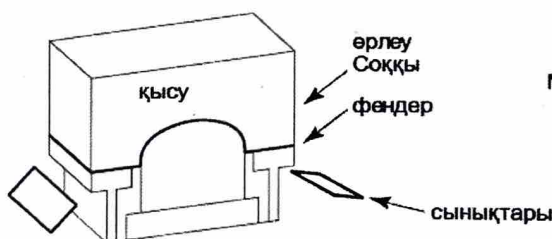
Соққы қысыммен табан мөрлерін жасау



(a) Металлдан жасалған дайындама құймасын жүйелі білікшелер арқылы темір прокатынан табақшалар өндіру үшін жіберіледі.



(b) Үлкен пресс стэндтерінде құрылған қалып жинақтарын қолдана отырып, жалпақ металл табақшасына айналады



(c) Соңғы кезеңде кесу процесі арқылы металл табақшасынан қанат кесіп алынады



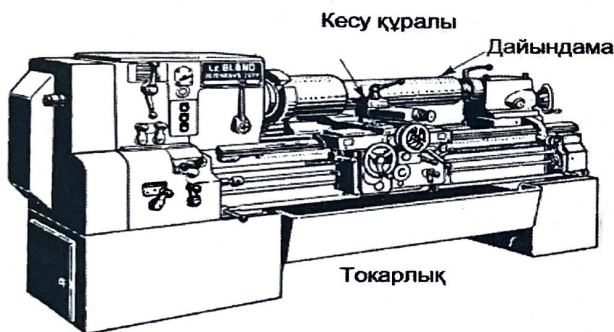
(d) Табақшаларды металл кесу процесімен кесу қағазды қайшымен қырку сияқты.

Одан кейін металл табақшасынан қалған бөліктерді автомобиль шанағына өрі қарай пайдаланады.

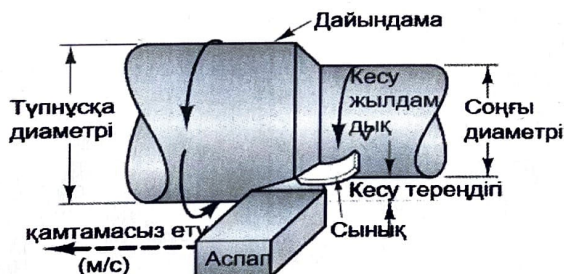
Температура жоғары және термоөндеу жүргізуге қажетті уақыт ұзақ болатындықтан тұтынылатын энергия мөлшері де жоғары болады. Дегенмен де егер жалпы бейнесін қарастыратын болсақ, термиялық өндеу іс жүзінде энергияны үнемдеу әдісі болып табылады. Жоғары сапалы, берік өнімдердің өндірісі бөлшектерді жиі аустырудың алдын алады. Материалдың беріктілігі мен қаттылығының жоғары болуы өнімнің өндірісінде қолданылатын материал мөлшерін азайтуға, сонымен бірге қосымша энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді [7].

Қосымша үнемдеу өндірістік операцияларды біріктіру есебінен де жүргізіледі. Мысалы, шыңдау және ыстық көлемдік штамптау қыздырудың, ауамен суытудың қарапайым тізбегін алмастыру үшін қолданылады. Операцияларды біріктіргенде температурасының өзгеруі жоғары болатын, температурасының өлшемділігі мен аустенитті түйірлердің өлшемдері үлкен аралықта өзгертін шарттарды ескеру керек. Егер бұл айырмашылықтар өте үлкен болса, онда қайтадан қыздыру үшін қосымша энергияны тұтыну толықтай ақталады.

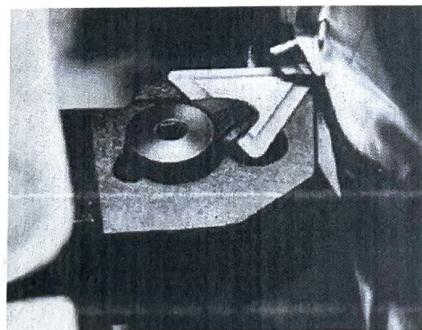
(Бұрап жонғыш) өндеу процесі



Механикалық өндеу процесі (жонғыш білдекте айналдыру). Қыспа құрылғысында дайындама қондырылып, кесу құралы көмегімен кесіледі.



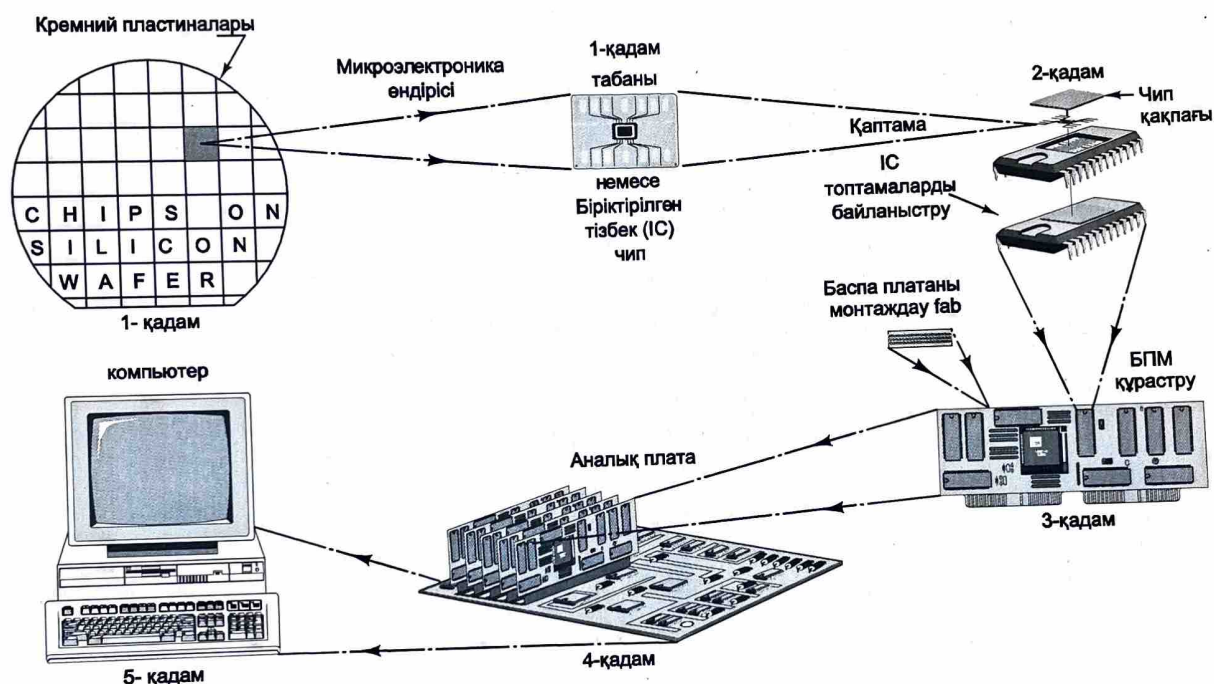
Құрылғы біршама жылдамдықты беру кезінде жылжиды, сол уақытта дайындама айналады. Қажетті кесу жылдамдығы V дайындама айналым санын анықтайды. Бұл процесс бұрма деп аталады.



Кесу процесінде кесу құралы чиптің қалыптасуы үшін дайындамамен әрекеттеседі. Осы жерде көрсетілген құрал индекстелетін чип салынатын балқытылатын құрылғы.

1.3 Сурет-Металл кесетін бірнүктелі (айналдыру) процесс арқылы өңделетін бөліктің жаңадан сыртын өндеу арқылы чип өндіру процесі (Courtesy J T. Black)[8]

Термиялық өңдеу өнеркәсіптің әрбір саласына әсер ететін Құрама Штаттардың бір жылдағы 15\$ – 20\$ млрд құрайтын өнеркәсібі болып табылады. Ол қаржы (арнайы жабдықтар) мен энергияны көп қолданатын өнеркәсіп. Қазіргі уақыттағы өнеркәсіптің мақсаты энергия тұтынуды қысқарту, өңдеу уақытын қысқарту, қоршаған ортаға бөлінетін қалдықтардың мөлшерін азайту, пештің жарамдылық мерзімін арттыру, қыздыру мен суыту барысында жылу тасымалын жақсарту, тозуды төмендету, Сонымен қатар, өндірістің барлық көлемінде материалдың құрылымы мен қасиеттерінің біртектілігін жақсарту болып табылады.



1.4 Сурет-Электрондық өнімдер жасалу жолдары механикалық өңдеудің жаңа процестерін жетілдіру

Механикалық өңдеудің жеті негізгі процестеріне қалыптау, бұрғылау, қайрау, фрезерлеу, арамен кесу, тартып өңдеу және ажарлап өңдеу процестері жатады. Осы процестердің әрқайсысы кеңінен талқыланған. Механикалық құрылғыны осы сегіз негізгі түрі негізгі процестерді атқару үшін жетілдірілген. Бұл білдектер қалыптағыштар (немесе жонғылар), бұрғылау білдегі, жонғыш білдек, кеулей жону білдегі, фрезерлеу білдегі, аралар, тартып өңдеу білдегі және ажарлау білдегі деп аталады. Осы білдектердің көпшілігі бірнеше негізгі механикалық өңдеу процестерін атқара алады. Жақын арада, сандық бағдарламалық басқару ойлап шығарылғаннан кейін, негізгі процестердің көпшілігін, сонымен қатар, дайындаманың бір қондырғысы бар нақты бір білдекте орындалатын процестерді біріктіре алатын өңдеу орталықтары жасап шығарылған [8].

Чип жасау процестерінен өзге, химиялық, электрлік жолмен, электрохимиялық және жылулық көздер арқылы металды жою процестері де бар. Жалпы айтқанда, дәстүрлі процестер өте қымбат немесе қатты металдарды ақырын өңдеу салдарынан ерекше қажет болған шақта дәстүрлі емес процестер дамыды. Лазерді қолданудың алғашқы жағдайлардың біріне жоғары сынамалы металдарды машина саңылауларында пайдалану. Лазерлер бүгінде реактивті қозғалтқыштар күрекше түрбиналарында шағын саңылауларды бұрғылау үшін пайдаланылады. Оның мүмкіншіліктері арқасында жоғары дәлдіктегі және мұқияттылықтағы компоненттер шығарылады, металды кесіп өңдеу, механикалық білдектерді пайдалану және т.б. зор қосымша қосу мүмкіндігі мойындалған[10].

Соңғы жылдары, жаңа процесс түрлері қатарына жылдам прототиптеу (пішіндеу) немесе жылдам дайындау немесе өндірістің еркін түрі деп аталатын процесс пайда болды. Бұл өндірістің қосымша түрі біріншілікті немесе прототипті, тікелей бағдарламалық қамдау арқылы автоматтандырылған компьютерлік жобалау жүйесі бар жылжымалы мамандандырылған жабдықтарды пайдалану көмегімен өндіреді. Прототиптер жарық сынамадан өтікізіліп, жобалау модификациясы жылдам жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл жабдықтардың алғашқы нұсқалары металл емес компоненттерді шығарған, бірақ қазіргі жабдықтар металл тетіктерді жасап шығара алады. Осыған қарама-қарсы түрде, механикалық өңдеу процестері компонентке құндылық енгізу мүмкіншілігі ретінде, яғни жоғары дәлдіктегі және мұқияттылықтағы компонент қондырып шығару қабілеттілігіне ие процестер ретінде танылады. Компанияларда пайда болғандай, сіз өзіңізді САПР сызбаңызды Интернет арқылы жібере аласыз және прототипі бірнеше уақытта жасалынып шығады.

Әртүрлілігі мен саны жағынан процестердің ең көп жинағы байланыстыру процестері болып табылады, ол:

- 1 Механикалық бекітуден;
- 2 Төмен температуралы және жоғарғы температуралы дәнекерлеуден;
- 3 Балқытып біріктіруден (пісіру);
- 4 Қысымдаудан; сығу немесе қысу аспаптарынан;
- 5 Желімдеуден;
- 6 Құрастыру процестерінен тұрады.

Байланыстыру процестерінің көбісі зауыттың құрастыру цехында кездеседі. 1.4-суретте мысал келтірілген, яғни компьютердің жасалуында балқытып біріктіруден өзге барлық процестер жүйелілігі көрсетілген. Оң жақ жоғарғы бұрышында бірінші ретте микроэлектрлік жасау әдісі қатты денелердің электрсымдары және байланыстарымен бірге интегралды схемалары (ИС) берілген (қозғалмалы бөліктерінсіз), бір бөлігінде жартылай өткізгішті материалдар беріледі. Микросхемалар ауқымды пластиналар деп жартылай өткізгіш материалдардан жұқа, домалақ дискілер түрінде шығарылады. Жартылай өткізгішті пластиналар дайын болған кезде, аяқталған пластиналар микросхемаларға немесе чиптерге кесіледі. Келесі 2-деңгейде бұл чиптер жекелеп жалғағыштарымен бірге немесе қалыптар

түрінде желімделген қаптамаларға салынады. Қаптамалар өзге элементтерден сақтықты қамтамасыздандырады және қалып пен өзге құрылғы арасындағы байланыс басып шығарылған тақталар (БШТ) деп аталады. 3-кезеңде ИС өзге дискретті компоненттермен (резисторлармен, конденсаторлармен, т.б.) БШТ-балқытып жапсырылған, сонан кейін БШТ-да үлкен схемалар түрінде жинақталған. Бұны кейде электронды блок деп атайды. Бұл деңгейде электронды қаптамалар баспалық монтажды құрылымдар (БМК) деп аталады. Ары қарай, карталар сериясы БШТ-дың артқы панеліне құрастырылады, сонымен қатар, ол жүйелік тақта немесе қарапайым тақта ретінде белгілі. Қаптаудың бұл кезеңі тақтадағы карта қаптамасы түрінде көрсетіледі. Соңғы ретте, тақтадағы карта құрылымдары бекіткіш бөлшектер және қысу аппараттары көмегімен корпустарда орналастырылады және қуат көзі мен өзге электр құрылғылары арқылы коммерциялық соңғы өнімдер өндірісі үшін мүмкіншіліктерді пайдаланып, интегралдайды[8].

Әрлеу процесі процестердің тағы да бір түрі, ол тазалау үшін, механикалық өңдеуден қалып қалған қылауларды жою немесе дайындамада қорғаныш, немесе декоративті беттерді қамтамасыз ету процестерінен тұрады. Беткейлік өңдеулерге химиялық және механикалық өңдеулер, қылауларды жою, сырлау, жабындау, жылтырату, мырыштау немесе анодтау операциялары жатады.

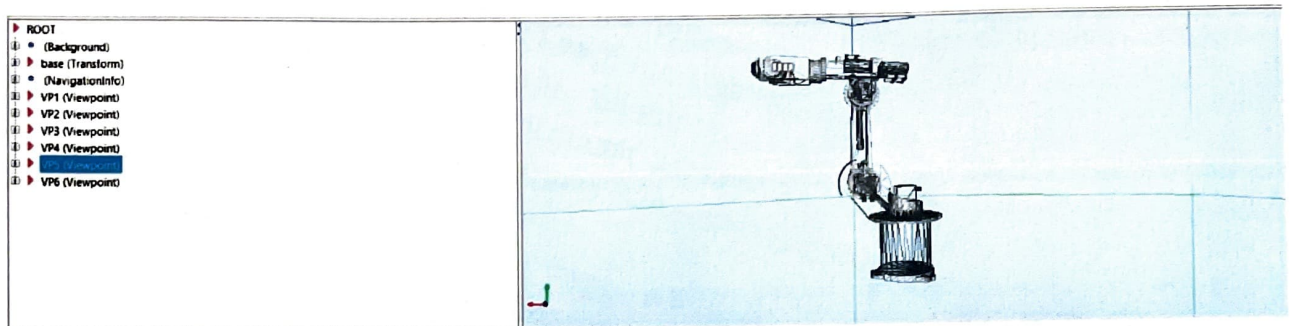
Жылулық өңдеу ол қандай да бір мақсатпен металдың металлургиялық механикалық қасиеттерін қыздыру немесе салқындату арқылы өзгерту болып табылады. Себебі, бұл қасиеттердің өзгеруі және оларды бақылау металдарды өңдеу барысында өте маңызды, термиялық өңдеу өндірістің ең маңызды процесі. Металдың әрбір түрі термиялық өңдеуде әртүрлі өзгереді. Сондықтан, жобалаушы қандай металл термиялық өңдеу арқылы өзгертіндігін біліп қоймай, сонымен қатар, өндіріс орнында орын алатын қандай да бір қыздыру немесе салқындату процесіне таңдалған металл қолайлы немесе қолайсыз әсер беретінін білуге міндетті[16].

1.5 Өндірістік робот манипуляторының динамикалық талдауы

Робот тұтқасын динамикалық талдау әр топса үшін инерция матрицасын есептеуді қажет етеді. Бұл есептеу SolidWorks бағдарламалық жасақтамасының көмегімен робот моделін салу және оның нақты геометриялық және жаппай өлшемдерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. SolidWorks роботтың барлық параметрлерін URDF (Unified Robot Description Format) файлына түрлендіру мүмкіндігін ұсынады; бұл файлды MATLAB бағдарламалық жасақтамасында модельдеу үшін Robotic Toolbox [23] көмегімен пайдалануға болады. 1.5-суретте SolidWorks ортасында RV-2aj arm CAD моделі және оның MATLAB бағдарламалық жасақтамасы үшін URDF файлын құру көрсетілген. URDF файлы робот манипуляторының динамикалық параметрлерін MATLAB ортасына импорттауға мүмкіндік

береді, онда біз роботтың манипуляторын визуализациялай аламыз және Robotic Toolbox көмегімен оның тура және кері кинематикасын есептей аламыз:

- RigidBodyTree(RBT), нысаны
- Баптау функциясы,
- Кері кинематикалық шешуші.

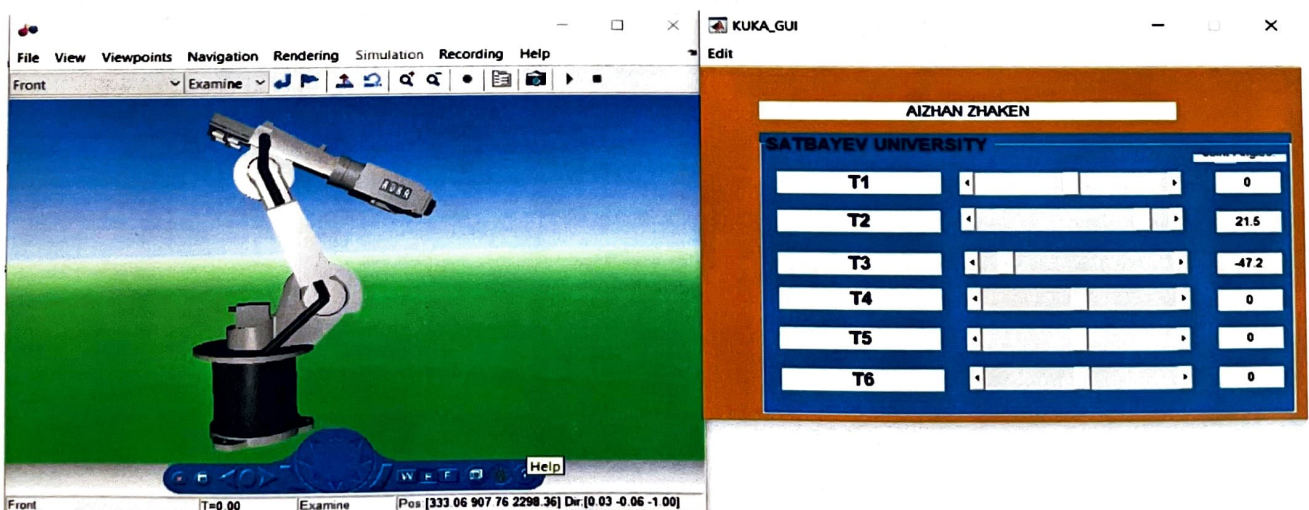


1.5 Сурет –MatLab GUIDE-тегі робот моделі жән робот манипуляторының CAD моделіне арналған URDF (Unified Robot Description Format) файлы

```

base (Transform)
  center (SFVec3f): 0 0 0
  rotation (SFRotation): 0 1 0 0.09246
  scale (SFVec3f): 1.0238 1.0238 1.0238
  scaleOrientation (SFRotation): 0 0 1 0
  translation (SFVec3f): -50.0469 0 18.8916
  bboxCenter (SFVec3f): 0 0 0
  bboxSize (SFVec3f): -1 -1 -1
  
```

1.6 Сурет-3D моделдің кеңістіктегі координата параметр мәндерін енгізу

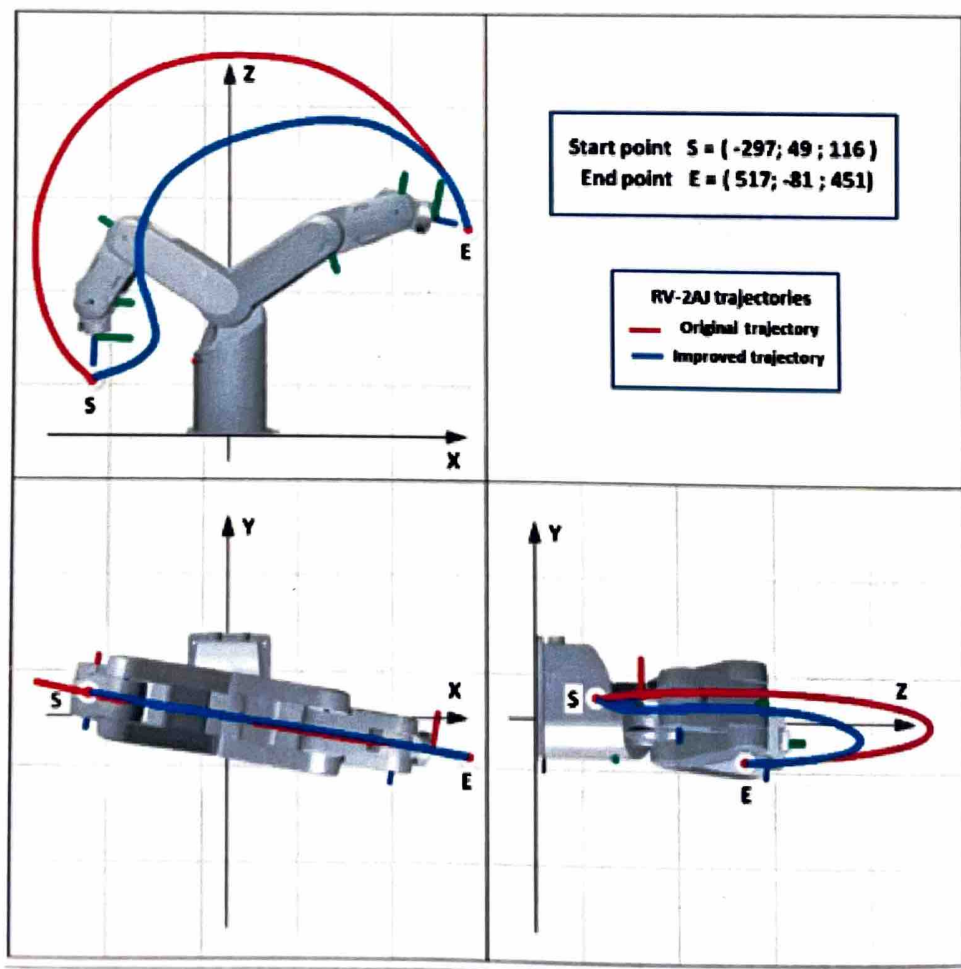


1.7 Сурет - Робот қолының MATLAB ортасында визуализациясы

1.7 – суретте манипулятор KUKA өндірістік роботы көрсетілген. Оның 3D моделі және оны басқару қарапайым қосымшасы көрсетілген. 3D робот моделін басқару әр бөлшегіне ПИД реттегіш және Slider Gain блогын қосу арқылы жүзеге асады. Slider Gain блогы модельдеу кезінде өзгертуге болатын скалярлық күшейтуді орындайды.

1.6 Роботтың бастапқы жолын сенсормен анықтау

1.7-суретте робот қолын басқарудың траекториясының үш бағыты көрсетілген. Нүктені анықтаудың ең кең тараған және ыңғайлы тәсілі – декарттық координат деп аталады, ол роботтың шығу тегіне байланысты X, Y, Z бағыттарының соңғы эффектордың мм-дегі орны болып табылады. Декарттық координаттар бойынша орналастыруды жүйеге координаттарды енгізу арқылы немесе роботты X, Y, Z бағытында қозғалатын ілгішті қолдану арқылы жүзеге асады. Адамның операторына қозғалыстарды жоғары, төмен, оңға, солға және т.б. көзге елестету әр буынды бір уақытта жылжытқаннан оңайырақ. Қажетті орынға жеткенде, робот бағдарламалық жасақтамасында белгілі бір жолмен анықталады.



1.7 Сурет - Робот қолын басқарудың траекториясының үш бағыты

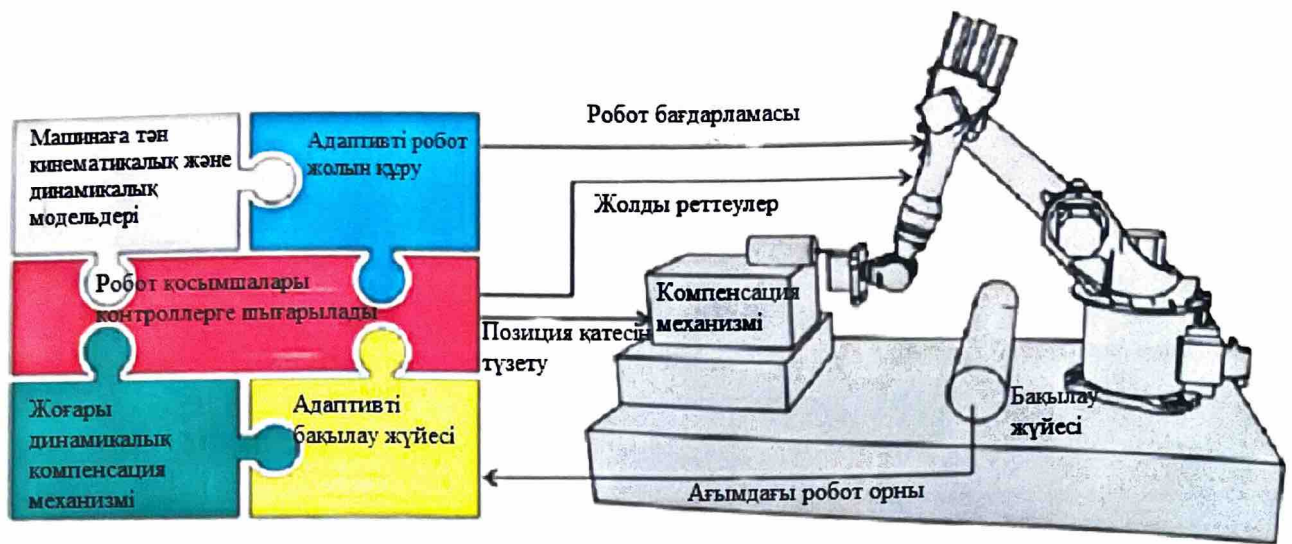
2 МАШИНА ЖАСАУ ӨНДІРІСІН РОБОТТАНДЫРУ ПРОЦЕСТЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Дәстүрлі түрде өнеркәсіптік роботтар(ӨР) тиеу-түсіру және дәнекерлеу сияқты қайталанатын тапсырмаларды орындау үшін қолданылады. Алайда, Халықаралық робототехника Федерациясы (ХРФ)анықтамасына сәйкес, 2012 жылы ӨР-нің 0,9% - ы механикалық өндеуге тартылды [17]. Бұл өндеу және дәнекерлеу үшін қолданылатын роботтардың үлесімен салыстырғанда өте аз. Роботтардың механикалық өндеу нарығын басып алмауының екі маңызды себебі бар.

Біріншіден, өндеу қосымшаларына арналған ӨР бағдарламалау таңдау мен орнату үшін жеке нүктелерді бағдарламалауға қарағанда әлдеқайда қиын, өйткені еркін пішін геометриясына сәйкес роботтың траекториясы қажет. компьютерлік сандық басқару (КСБ) әлемінен алынған бағдарламалық құралдар траекторияларды қолмен оқытудан аулақ болып, робототехникаға енгізілді [18]. Бүгінгі таңда бұл құралдар роботтың кинематикалық анализін қолдауға қабілетті және роботтың қозғалысына әсер ету үшін интерфейстерді ұсынады, бірақ олар роботты бағдарламалаудың барлық қажеттіліктерін толық қанағаттандырмайды.

Екіншіден, роботталған өндеу арқылы қол жеткізілетін сапа дәстүрлі КСБ машиналарын пайдалану кезінде қол жеткізілген сападан едәуір төмен [12]. Роботты өндеу кезіндегі қателіктердің көздерін үш санатқа бөлуге болады: 1) Қоршаған ортаға байланысты қателер, 2) роботқа байланысты қателер (геометриялық және геометриялық емес қателер). 3) процеске байланысты қателер [19]. Әдебиеттерде қателіктердің осы көздерін женудің әртүрлі тәсілдері ұсынылған. Аппараттық құралдарды жетілдіруден басқа, әдебиетте қосымша зондтау және іске қосу негізінде интернеттегі өтемақыға назар аударылады [20]. Интернеттегі өтемақыдан басқа, СОМЕТ жобасында модель туралы білімді офлайн бағдарламалау кезінде қалай қолдануға болатындығы туралы тәсілдер де бар [21] (2.1-суретті қараңыз). Бұл шешімдер өте тиімді және Роботты өндеу кезінде жоғары дәлдікті қамтамасыз ететіндігі көрсетілді. Алайда, бұл шешімдер әдетте өте қымбат, басқару қиын және көбінесе белгілі бір роботқа немесе робот түріне бейімделген. Қазіргі өндірісте шынымен қолдануға болатын шешім қарапайым, үнемді және роботтардың үлкен спектріне қолданылуы керек.

Осы дипломдық жұмыста қолданылатын әдіс қосымша жедел зондтауды немесе әрекет етуді қажет етпейді. Ол қолданыстағы бағдарламалау құралдарының тізбегіне біріктірілуі мүмкін және оны білікті емес қызметкерлер қолдана алады. Таңдалған өлшемдерге сәйкес роботтың позициясын автоматты түрде оңтайландыру сараптамалық білімді қажет етпестен роботты процесті тиімді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мүмкіндіктер мен іске асырудың мысалы төменде көрсетілген.



2.1 Сурет – Дәл штамптау қадамдарын жасайтын роботтың жұмыс жасау принципі: модельді сәйкестендіру, траекториянынан өздігінен өтеу, онлайн бақылау және сыртқы басқару.

2.1 Роботталған өңдеу кезінде траекторияны қалыптастыру

Механикалық өңдеуді қолдануға келетін болсақ, қолмен оқыту мүмкін емес, өйткені ол көп күш жұмсауды қажет етеді және траекторияның қажетті дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік бермейді, автоматтандырылған өндіріс құралдары (АӨҚ) деп аталатын автономды траекторияларды құру үшін әртүрлі бағдарламалық құралдар бар [22].

Әсіресе, ыстық кесу, престоу кезінде құралдар тізбегі толығымен автоматтандырылған, өйткені траекторияны мақсатты АӨҚ геометриясы негізінде толығымен жасауға болады. Бұл жолды тікелей КСБ машиналарына қолдануға болады. Алайда, ӨР траекторияны қолданған кезде қосымша дәрежені анықтау керек, өйткені құралдың осінің айналу бұрышы еркіндік дәрежелері болып табылады, құрал ұшының жағдайы геометриялық әсер етпейді. Бұл анықтау қадамы әлі де қолмен араласуды қажет етеді, өйткені АӨ құралдары еркіндік дәрежелері анықтау үшін автоматты функцияларды қамтамасыз етпейді. Құралдың осінің айналасындағы бұрышқа тікелей әсер етпеу үшін, камера құралдары роботтың позициясы өзгерту үшін қосымша құралдарды ұсынады. Әртүрлілік роботтың бір осін құлыптаудан бастап, фланецтегі векторларды анықтауға және осьтің қол жетімділігі, ерекшеліктері мен қозғалысы туралы қосымша ақпарат беретін талдау құралдарына дейін өзгереді [9]. Алайда, бұл құралдарды тек Робот мамандары қолдана алады, өйткені талдау құралдарын түсіну және ұсынылған басқару әдістерін қолдану кинематика мен геометрия туралы білімді қажет етеді. Бұл құралдарды КСБ мамандары жиі қолданады, олар дайындамаларда траекторияны қалыптастыруды жақсы біледі, бірақ роботтың кинематикасын нашар білуі мүмкін, таңдалған критерийлер тізіміне сәйкес қалған еркіндік дәрежелері

ажыратымдылығын ұсынатын автоматты әдістер робот емес сарапшыларға роботтың дұрыс қозғалысын анықтауға мүмкіндік береді[24].

2.2 Роботты процестердегі қалыпын оңтайландыру критерийлері

Автоматты ажыратымдылық қолмен араласудан аулақ болып қана қоймайды, сонымен қатар белгілі бір өлшемдерге сәйкес процесті оңтайландыруға мүмкіндік береді. Эвристика немесе оңтайландыру әдістерін қолдана отырып, қосылыстың барлық 6 бұрышын дұрыс анықтауға болады. Келесі тізім САМ пайдаланушылары таңдай алатын ықтимал критерийлерге шолу жасайды. Кейбір критерийлер қалған еркіндік дәрежесі бар барлық роботты процестерге қолданылмауы мүмкін. Роботты процестердегі оңтайландыру критерийлері:

- соңғы эффектордың қаттылығы: өнеркәсіптік манипуляторлардың соңғы эффектінің қаттылығы робот ілмектерінің жағдайына байланысты. Ашық еркіндік дәрежесінің түпкілікті эффектордың нәтижесінде пайда болатын қаттылық барынша көбейтіліп, роботтың дәлдігі жақсаратындай етіп шешуге болады.

- соңғы эффектордың жұмыс күші бағытында қаттылығы: егер тиімді жұмыс күшін модельдеу мүмкін болса, робот позициясы жұмыс күші бағытындағы қаттылық максималды болатындай етіп таңдауға болады.

- демпфирлеу: соңғы эффектордың қаттылық қасиеттеріне байланысты демпфирлеу роботтың конфигурациясына байланысты. Тиісті позаны таңдау демпфирлеуді барынша арттыруға және діріл амплитудасын азайтуға мүмкіндік береді.

- минималды бірлескен қозғалыстар: алдыңғы робот позициясына сүйене отырып, барлық алты буынның қозғалысын тиісті позаны таңдау арқылы азайтуға болады. Бұл оңтайландыру екі нүктенің арасында немесе бүкіл жол бойында жергілікті түрде жасалуы мүмкін.

- кері: бірлескен қозғалыс бағыты керісінше өзгерген кезде, кері кету қаупі бар. Роботтың позициясы осьтердің ең аз саны қозғалатындай және буындардың қозғалысы олардың бағытын өзгертпейтіндей етіп таңдауға болады.

- дайындаманың соқтығысуы: күрделі геометрияның бөліктерін өңдеу кезінде роботтың қоршаған ортамен соқтығысу қаупі әрқашан болады. Сонымен қатар, робот процесі көбінесе өңделетін бөлшекпен байланысуды қажет ететіндіктен, робот пен жұмыс бөлігінің соқтығысу қаупі бар. Фланец әдетте жұмыс бөлігіне ең жақын нүкте болғандықтан, робот позициясы фланец пен жұмыс бөлігінің арасындағы қашықтық максималды болатындай етіп таңдауға болады.

- қоршаған ортамен соқтығысу: дайындамадан басқа, роботтың әрекет ету аймағында әдетте басқа да объектілер болады. Бүкіл роботтың қоршаған ортамен соқтығысуын болдырмау үшін роботтың позаларын роботтың бүкіл

геометриясы, оның ішінде тұтқалар мен сілтемелер қоршаған ортамен соқтығысу мүмкін болмайтын белгілі бір аймақта болатындай етіп таңдауға болады.

- қолжетімділік: робот пен тапсырманың геометриялық өлшемдеріне байланысты робот өзінің жұмыс кеңістігінің шекараларына жақындауы керек. Робот позаларын нүктелердің максималды санына жетуге болатындай етіп таңдауға болады.

Жалғыз критерийлерді оңтайландырудан басқа, бірнеше критерийлер жиынтығын да жақсартуға болады. Сонымен қатар, өлшемдерді өлшеу және оңтайландыруды теңестіру әдісін көрсету қажет. Робот жолдарындағы жалғыз нүктелер үшін бірнеше критерий қолданылады. Осы нүктелерді жолға дәйекті түрде біріктірген кезде, екі нүкте арасындағы ауысулар соңғы қадамда тегістеуді қажет ететін кенеттен қозғалыстарды көрсетуі мүмкін. Мысал ретінде бірінші критерийді оңтайландыру егжей-тегжейлі түсіндіріледі. Осылайша, роботтың позициясындағы соңғы эффектордағы қаттылық максималды болатындай етіп таңдалады, сондықтан процесс күштерінен роботтың ауытқулары азайтылады.

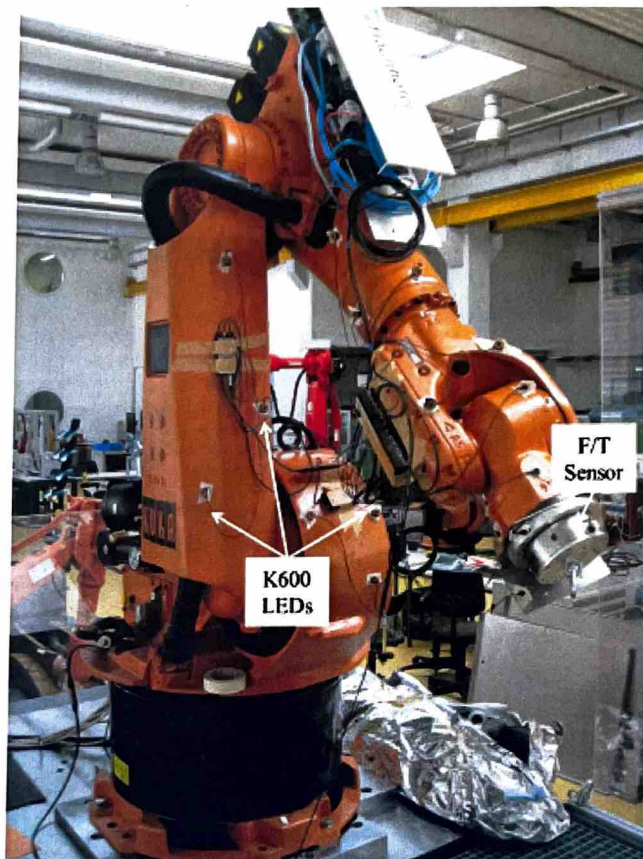
2.3 Робот қозғалысын модельдеу және өнеркәсіптік қимылдарға сәйкестендіру

Роботтың ең қатаң конфигурациясын табу үшін $C(q)$ қатаңдылығының сипаттамасы қажет, ол Q түйіспесінің бұрыштарына байланысты. Әдетте роботтың қаттылығы z буындарының осьтерінің айналасында алты айналмалы қаттылық дәрежесімен модельденеді[23].

Жеткілікті сәйкестендіру деректерінің болмауына байланысты қосылыстың немесе икемділіктің (кері қаттылықтың) сызықтық сипаттамасы қолданылады. Абеле мен Климчук виртуалды буындарды ұсынады, онда олар буынға екі еркіндік дәрежесін қосады, бұл буынды үш айналмалы иілуге әкеледі [24].

Әдебиеттерде берілгендей, робот қолдарының сәйкесті салмағы 100 кг-нан асатын жүктері бар роботтар үшін талдау жасалынады, робот буындарында мына әдебиеттерде көрсетілген[25]. Буынның қатаңдығын егжей-тегжейлі сипаттау үшін келесі модель енгізілген: алты еркіндік дәрежесі бар қатаң буындар, үш ілгерілемелі және үш айналу қаттылығы модельденеді. Кері қаттылықтың сызықтық сипаттамалары тісті деформацияның сызықтық емес сипатын сипаттай алмайды, сондықтан жалғыз қаттылықты модельдеу үшін сызықтық емес функциялар қолданылады. Бұл модельге мойынтіректердің кері соққысы және ойнауы сияқты әсерлерді біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл ұсынылған модельдің күрделілігі еркіндік дәрежесін анықтауда емес, модель параметрлерін анықтауда.

эффектордағы ауытқуларды тіркейді және ең кіші квадраттардың қателіктерін азайту арқылы бірлескен эффекттерге ауытқуды көрсетеді. Алайда, 36 сызықты емес функцияның сипаттамаларын параметрлердің тәуелділігіне байланысты осы әдіспен анықтау мүмкін емес. Сондықтан қаттылықты тікелей қосылыста тиімді жерде өлшеу керек.



2.2 Сурет - Еркіндік дәрежесі бойынша күш/момент сенсоры және сыртқы оптикалық бақылау жүйесі арқылы роботтың қаттылығын анықтауға арналған қондырғы(сыртқы фотосурет)

Роботтың әр түрлі бағыттың соңғы эффектке жүктеген кездегі датчиктік бақылауға қосылған көрінісі. ATI Theta 2500/400 күш/момент сенсоры қозғалыс еркіндігінің алтыбұрышты кілтін соңғы эффектке түсіру үшін қолданылады. Әрбір қосылыстың кілті (а жақтауы) келесі қосылыстан (В жақтауы) түрлендіруді қолдана отырып есептелуі мүмкін.

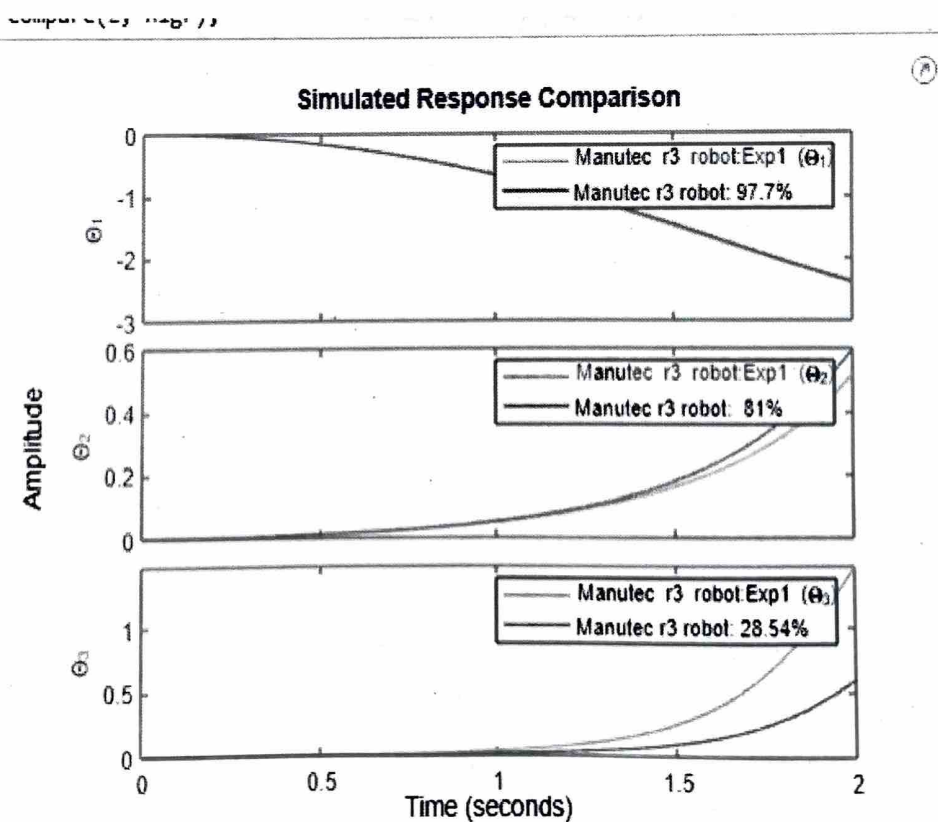
$$\begin{bmatrix} F_A^A \\ \tau_A^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_B^A & 0 \\ P_{BorG}^A \times R_B^A & R_B^A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_A^A \\ \tau_A^A \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

F күші, τ момент, R айналу матрицасы және A кадрындағы P_{BorG}^A жақтауының басталуы арасындағы Вектор.Барлық алты буынның ауытқулары Nikon K600 оптикалық бақылау жүйесімен жазылады [18]. Кем дегенде үш жарық диоды әр Байланыс арнасына қосылып, үш камерамен бақыланады. Әр

жарықдиодты өлшеу 3D ақпаратын шығаратындықтан, үш немесе одан да көп жарықдиодты әр қосылымда толық 6D кадрға біріктіруге болады. Кілттің нөлдік жақтауын жазғаннан кейін, кілттен туындаған әр қосылыстың ауытқуы әр кілт үшін 6D түрінде есептелуі мүмкін.

2.3-сурет жазылған деректердің 4 қосылымы мысалында көрсетеді. Әр түрлі түстер сәйкестендіру үшін таңдалған роботтың әртүрлі позаларын көрсетеді. Күтілгендей, кері әсер z осінің айналасында байқалады, бұл топсаның жұмыс істейтін осі. Осыған байланысты қаттылық модельдеріндегі нөлге жақын көлбеу (dt/dq) немесе сәйкестік модельдеріндегі шексіз көлбеу (dq/dt) белгілі бір өлшеу диапазоны үшін қабылданады. Басқа екі осьтің айналасында айтарлықтай қаттылық бар, бұл айқын тенденцияны көрсетеді.

```
z = merge(iddata(y1, u1, 0.02), iddata(y2, u2, 0.02));
z.Name = 'Manutec r3 robot';
z.InputName = nlgr.InputName;
z.InputUnit = nlgr.InputUnit;
z.OutputName = nlgr.OutputName;
z.OutputUnit = nlgr.OutputUnit;
z.Tstart = 0;
z.TimeUnit = 's';[12]
```



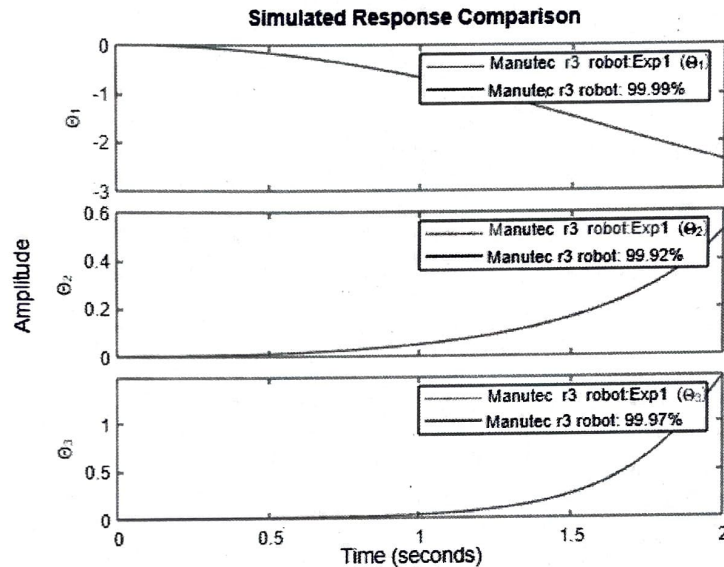
2.3 Сурет - 4 еркіндік дәрежесінің 6 буынының деформациясы (айналу және орын ауыстыру)

```

fork = 1:size(nlgr, 'Npo')-1 % Fix all parameters of the first 9
parameter objects.
nlgr.Parameters(k).Fixed = true;
end
nlgr.Parameters(end).Fixed(:, 1) = true; % Fix the moment of inertia
parameters for arm 2.
opt = nlgreyestOptions('SearchMethod', 'lm', 'Display', 'on');
nlgr = nlgreyest(z, nlgr, opt);[12]

```

```
compare(z, nlgr);
```



2.4 Сурет - Кері соққының әсерін көрсеткен қаттылық және оның барлық 6 буынның z осі айналасындағы сызықты емес сипаттамасы

2.4 Қаттылық моделін тексеру

x және y осьтерінің айналасындағы айналмалы қаттылықты сызықтық функциялар арқылы өте жақсы сипаттауға болады, ал z осінің айналасындағы қаттылық үш бөлікке бөлінеді. Қаттылықтың сыртқы бөліктерін сызықтық тенденциялар жақындатуы мүмкін, ал артқы жағын үшінші ретті полином сипаттайды, бұл оның шекараларында сызықтық трендтің жылдамдығына әкеледі. Деректер жиынтығының регрессиясы тандалған анықтамаға байланысты әртүрлі функцияларға әкелетінін атап өткен жөн. Орнату сәйкестікке (кілтпен ауыстыру) немесе қаттылыққа (кілтпен ауыстыру) орындалуы мүмкін. Екі деректер жиынтығы үшін икемділік пен қаттылықтың регрессиялары алдын-ала талданды; қаттылықты талдау үшін өлшенген деректер мен бағдарламаланған алгоритмдер үшін ақылға қонымды мәндер алынғандығы атап өтілді; сондықтан модельдеу және сәйкестендіру қаттылықты талдау (dt/dq) негізінде жасалады. Әдетте ешқандай ақылға қонымды аудармалы қаттылықты анықтау мүмкін емес, өйткені түсірілген

коннымды аудармалы қаттылықты анықтау мүмкін емес, өйткені түсірілген деректер өлшеу шуының шегінде өзгереді. Трендтерді сызықтық функцияларды сәйкестендіру арқылы анықтауға болады, бірақ айырмашылық үлкен. Атап айтқанда, теріс тенденциялар физикалық негізсіз сызықтық регрессияның нәтижесі болуы мүмкін. Алайда, буындардағы аудармалы ығысулар болса, онда оларды ± 30 мкм-ден аспайды деп қорытынды жасауға болады. Ақыр соңында, ӨР үшін алынған модель алты буындағы айналмалы қаттылықпен шектеледі, өйткені аударма қаттылығы нақты ақпарат бермейді, сондықтан оларды елемейді.

2.3-суреттегі іске қосылатын осьтер айналасындағы барлық айналу қаттылығын бейнелейді. Сызықты емес таңба мен кері соққы барлық алты буын үшін оңай анықталуы мүмкін. 2.4-суретке ұқсас, әртүрлі түстер роботтың әртүрлі позаларын көрсетеді. Мысалы, 4-буын үшін робот позалары арасындағы шамалы айырмашылықтарды анықтауға болады. Мұны модельді анықтауда теңестіруші серіппеге байланысты ауырлық әсерлері мен күшті ескермеумен түсіндіруге болады. Топсаның әртүрлі бұрыштары үшін 2 масса мен ауырлық күші, сондай-ақ тепе-теңдік серіппесі 2 топсаның әртүрлі бұрылыстарын тудырады, бұл жазылған деректердің өзгеруіне әкеледі. Момен пен массадан туындаған бастапқы кілтті анықтауға болатынына қарамастан, роботтың бастапқы ауытқуларын өлшеу мүмкін емес, сондықтан нақты нөлдік кілт үшін позицияны анықтау мүмкін емес. Алайда, қарастырылған роботтың барлық позалары мақсатты қосымшалар аймағында орналасқандықтан, ауырлық күші мен серіппенің әсерін жеке сәйкестендіруді елемеуге болады, өйткені ақпарат жазылған мәліметтерге енгізілген.

Соңғы қосылыс ең икемді қосылыс болып көрінсе де, қай қосылыстың ең үлкен ауытқуын анықтау мүмкін емес, өйткені ω_q қосылымындағы кілт (ω_{ee} терминалды эффектiсi бар кілттің әрекеті нәтижесінде) және $\delta x(q)$ терминалды эффектіндегі иілу (Q) қосылыстың деформациясы нәтижесінде δq) Q қосылысының бұрыштарына байланысты.

Түйіндеме ретінде роботтың қаттылық қасиеттерін анықтау үшін келесі қадамдар жасалады:

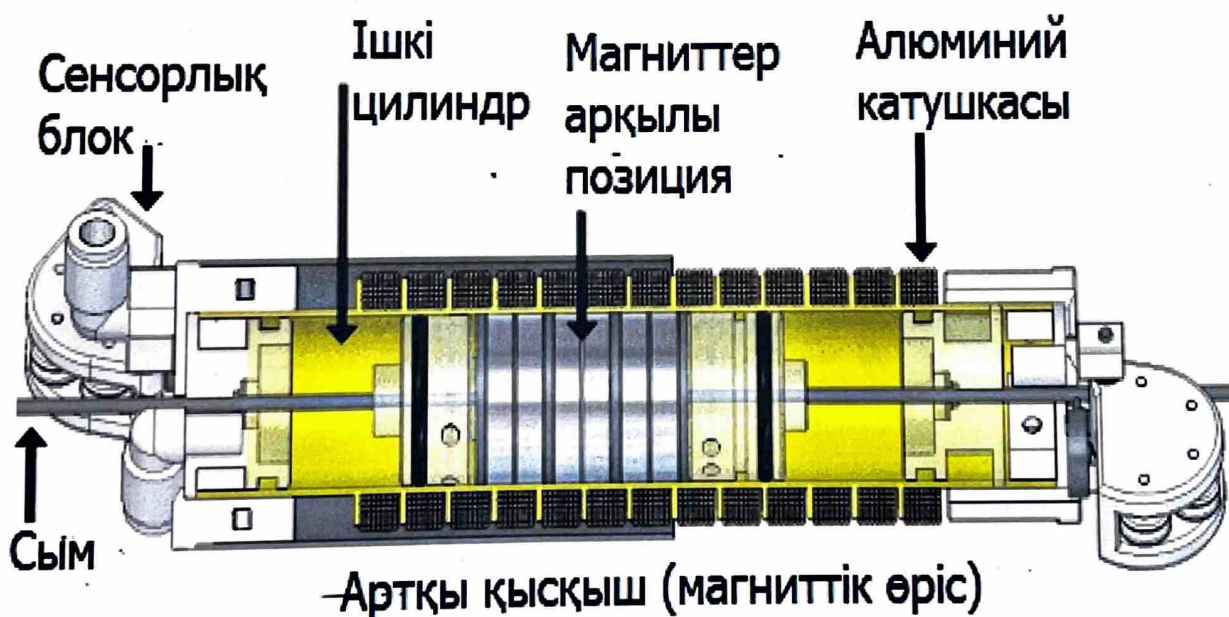
- орналастыру орнын есептеу үшін эталон ретінде бекіткіш кілтін нөлдік кадрларын пайдалану (өлшеу реттілігін бастапқы өлшеу);
- соңғы эффектордағы индукциялық бекіткіш кілті;
- ω_q соңғы эффекторындағы $6D$ бекіткіш кілтін өлшеу және әрбір түйіспе ω_q үшін есептеу;
- әрбір соңғы эффектор кілті үшін әрбір буынның $6D$ жақтауын өлшеу;
- әрбір буын үшін орын ауыстыруды есептеу;
- 6×6 диаграммадағы түсірілген деректерді біріктіру;
- модельделген еркіндік дәрежесі сызықтық емес сипаттамаларын шығару.

1-қадам әрбір өлшеу реті үшін бастапқыда бір рет орындалса, 2-5 қадамдар әрбір соңғы эффектор кілті үшін қайталанады. 6-7 қадамдар деректерді қорытынды бағалау болып табылады.

3 РОБОТТЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРЛІК ГИБРИДТІ ЖЕТЕКТІ ТАЛДАУ

3.1 Пневматикалық-электрлік гибриді жетектің құрылымы

Жұмыста қарастырып отырған пневмоэлектрлік гибриді жетек 2-бөлімде қарастырған робот тұжырымдамасына сәйкес келеді. Жетек салмағы аз, жоғары жылдамдықты дамытуға қабілетті және бірнеше еркіндік диапазонының ұлғаюына кедергі келтірмеу үшін керек. Көптеген қарапайым пневмоэлектрлік гибриді жетек жүйелерінде қозғалтқыштар бөлек орнатылады. Алайда, кейбір компоненттер, мысалы, қуатты беру үшін қажет, жетектің массасы мен көлемін арттырады. Алайда, гибриді жүйелер бар, олар үшін пневматикалық және электр жетегінің бөліктері құрылымдық түрде біріктірілген. Мүмкін болатын интеграцияның арқасында жетек жеңіл және ықшам болады және біздің робот тұжырымдамамызға сәйкес келеді. Біз магниттерді поршеньге орнатуды ұйғардық, ал катушкалар цилиндрге қарапайым ауа цилиндріне оралған, бұл біріктірілген пневмоэлектрлік гибриді сызықты жетек ұсынылды [14]. Сонымен қатар, біз роботқа қажетті жетектерге бірқатар функцияларды қостық. Жетек механизмі суретте көрсетілгендей.



3.1 Сурет - Пневмоэлектрлік гибриді жетек және оның механизмі

Штанганың орнына, біз жетек үшін қуат беру ретінде сымды қолдандық. Ауа цилиндрінің штангасы үлкен массаға ие және қозғалған кезде созылады және жиырылады. Бұл гуманоид робот сияқты бірнеше еркіндік дәрежесі бар конфигурациялау кезінде кедергі болады деген аландаушылықтың алдын алады. Сымды датчикті пайдалану өте жеңіл және ықшам конфигурация

жасайды. Сондай-ақ өзекшенің орнына кабельді пайдаланатын коммерциялық пневматикалық ауа цилиндрі бар.

Сонымен қатар, электр жетекке арналған магниттер үлкен масса қосады. Дегенмен, магниттер саны азайса, шығыс күші пропорционалды түрде азаяды. Күшті арттыру үшін қолданылатын токтың ұлғаюы да жылудың жоғарылауына себеп болды. Сондықтан жылуды жою үшін қарсы шаралар қабылданды. Алдымен температура сенсоры сонымен қатар, орамның айналасында ауа ағынының өту. Нәтижесінде, сенсор бақылайтын температураға байланысты, сығылған ауа пневматикалық жетектен кейін шығарылған ауа сияқты белсенді түрде ағып кетуі мүмкін. Содан кейін ауаны салқындатуға болады.

Ферромагнетизмі бар темірден жасалған артқы қысқыш (SS400 сериясы) катушканың айналасына бекітілді. Бұл ауаны салқындату үшін ағынның өтуін ғана емес, сонымен қатар магнит ағынының контурын қалыптастыру арқылы шығыс қуатын арттырады. Сонымен қатар, артқы қысқыш сенсорларға әсер етуді төмендететін магниттік өріс ретінде де әрекет етеді.

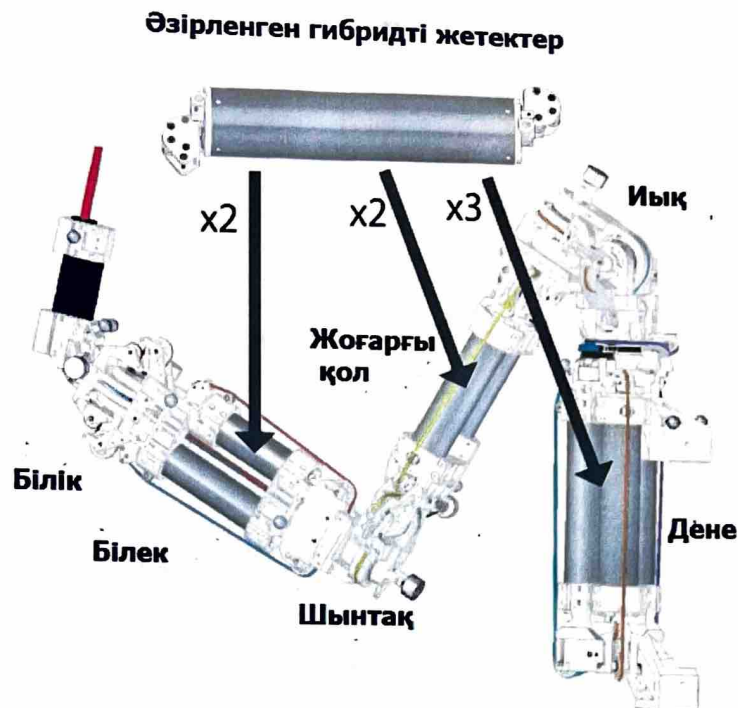
Сонымен қатар, мысалы, күшті басқаруды және үлгіні анықтауды жоғары дәлдікпен басқаруды қамтамасыз ету үшін ықшам кернеу сенсоры блогы енгізілген. Ол сондай-ақ кергіш әсер ететін сымның керілуін реттеуге көмектеседі.

3.2 Роботтың пневматикалық-электрлік гибриді жетекті қолданғандағы конфигурациясы

Әрі қарай, біз дамыған гибриді жетектерді пайдалана отырып ыстық штамптау робот конфигурациясын ұсынамын. Роботтың композициялары өте күрделі және оларды тамаша оңтайландыру өте қиын. Дегенмен, I бөлімде айтылғандай роботының сыртқы түрі мен шеберлігін жаңғырту адам құрылымын жаңғыртудан маңыздырақ. Сондықтан дизайнды және басқаруды жеңілдету үшін сериялық-байланыс әдісі қолданылды.

Робот кездескен әрекеттерді орындау үшін қолдың қаттылығы жоғары болуы керек, бірақ салмақ басты мәселе болып табылады. Сондықтан, жетек біздің бұрын жасалған пневматикалық роботтағыдай құрылымға енгізілген[11]. Күрделі жазықтық еркіндігі және кең қозғалыс диапазоны бар буындарды жасауға болады.

Біздің ұсынылған робот жазықтықта алты еркіндік дәрежесіне тең: үш жазықтықтағы иық үшін, екеуі шынтақ үшін және екеуі білек үшін. Білекке арналған жетектер білекке, шынтаққа арналғаны - жоғарғы қолға, ал иыққа арналғаны - денеге орнатылады (3.2-сурет).



3.2 Сурет - Таңдалған гибриді жетекті қолдана отырып ұсынылған роботтың конфигурациясы

3.3 Роботпен ыстық штамптау үшін оңтайландыру әдістері

Алдыңғы бөлімде сипатталған қаттылықты модельдеу және қаттылықты анықтау негізінде роботтың барлық позициялары үшін соңғы эффе́ктордың деформациялық әрекетін сипаттауға болады. Роботтың ең қатал позициясы табу үшін құралдың осьтерінің айналу жылдамдығы 1° қадаммен таңдалады. 7-суреттегі штамптау құралға арналған дискреттеу, әр 45° тек үш позицияға арналған. Сызықтық қаттылық модельдері үшін декарттық және бірлескен кеңістік арасындағы қаттылық қасиеттерін түрлендірудің жабық шешімдері бар [20]. Алайда, сызықтық емес сипаттамалар үшін жабық шешімдер күрделі болып табылады. Қарапайым процедура 2.2-тендеуді қолдана отырып кеңістікке айналдыруға болатын бекітілген ұшты кілттің болуын көрсетеді. Әрбір қосылыстың ығысуын δq модельдік функциясын қолдана отырып сәйкесінше f_{comple} есептеуге болады.

$$\delta q = f_{compl}(\omega_q) \quad (3.1)$$

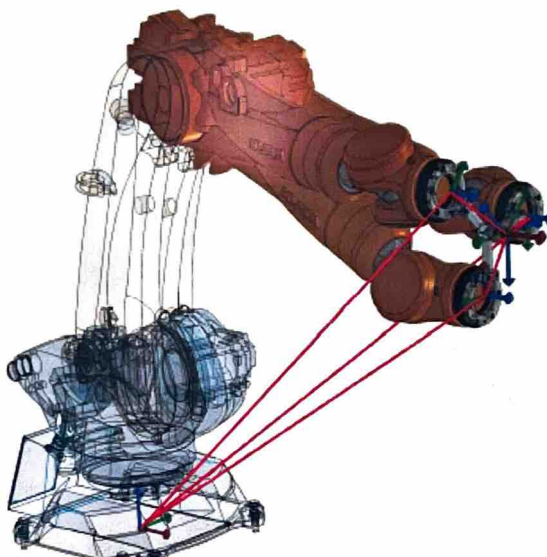
Кері қаттылық функциясы $F11$ арқылы есептеледі

$$f_{comp} = (f_{\text{қаттылық}})^{-1} \quad (3.2)$$

$F(q + \delta q)$ түзу кинематикасы үш өлшемді ескереді, барлық буындардың деформациясы және соңғы эффектордан алынған орнын есептейді.

$$\delta x = F(q + \delta q) - F(q) \quad (3.3)$$

Деформацияның соңғы эффекторға δx әсерін тудырады, ол бекітілген кіріс кілтін ескере отырып, осы конфигурациядағы роботтың жүйелік қаттылығының өлшемі болып табылады.



3.3 Сурет - Штамптау/фрезер құралы бар Quantec KR270 Ultra робот өстің үш түрлі позицияда айналатын айналмалы еркіндік дәрежесі

3.3-суретте берілген технологиялық күш үшін құрал бағытындағы ауытқуларды есептеу көрсетілген. Құралдың айналуы 1 градус қадаммен таңдалады. Деформациялық сипаттау үшін 7 дәрежелі көпмүшелік қолданылады. Модельдік функцияның минимумын ең қатаң конфигурацияны модельдік функцияны шығару арқылы табуға болады. Роботтың траекториясындағы әр нүкте үшін оңтайландырудың осы қадамын жасай отырып ОР қаттылығын барынша артады және технологиялық күштерден туындаған ауытқуды азайтуға болады.

Нақты қолдануға сәйкес δx мәнін түсіндіру керек. Ықтимал қосымшаларға қатысты келесі түсіндірулер ұсынылады:

Бұрғылау кезінде рбот буыны: тек x және y бағыттағы ілгерілемелі ауытқулар мен x және y айналасындағы айналу ауытқулары қарастырылады, өйткені z өсіндегі немесе z бойындағы кез келген ауытқулар болмайды, себеі z құрал осінің бағыты болғандықтан, ол тесіктің сапасына әсер етпейді.

Бөртпелерді алып тастау: кеңестіктер айналасында айналдыру жұмыс бөлігінің сапасына әсер етпейді, сондықтан оңтайландыру кезінде ескерілмейді. Z осі бойымен айналмалы ауытқу соңғы фрезерлеу кезінде

жалғыз маңызды сипаттама болып табылады, ал радиалды фрезерлеу кезінде x және y ескеру қажет. Барлық үш трансляциялық осьтер біріктірілген және радиалды фрезерлеу кезінде оңтайландырылуы керек екені анық.

Фрезерлеу: кәдімгі фрезерлеу процестерінде жұмыс бөлігінің түпкілікті сапасы үшін барлық еркіндік дәрежелері өте маңызды. Барлық үш осьтің аудармалы ауытқулары жұмыс бөлігінің геометриясын өзгертеді, ал айналуудан ауытқулар беттің сапасына айтарлықтай әсер етеді (егер шар тәрізді құрал қолданылмаса).

Көптеген процестерде бірнеше өлшемдерді ескеретін және роботтың позаларын саналы түрде таңдауға мүмкіндік беретін аралас шара қажет. Бұл шара, прогрессивті және айналмалы ауытқулардың салыстырмалы масштабталуын ескеруі керек. Байланыс ұшымен тікелей жүрмейтін процестерде ұшы мен байланыс нүктесі арасындағы тұтқаны аудармалы және айналмалы ауытқуларды өлшеу үшін қолдануға болады. Бұрғылау, кесу және тегістеу үшін, $Z_{\text{қалыңдық}}$ дайындаманың қалыңдығы $S_{\text{кесу}}^*$, бұрғылау және $S_{\text{бұрғылау}}^*$ кесу үшін пайдаланылуы мүмкін.

$$S_{\text{бұрғылау}}^* = Z_{\text{қалыңдық}} \quad (3.4)$$

$$S_{\text{кесу}}^* = \frac{Z_{\text{қалыңдық}}}{2} \quad (3.5)$$

$$M = \left[S^* \sin(\delta q) \right] \quad (3.6)$$

Роботтың тиісті позициясын анықтау үшін M өлшемімен берілген. $S_{\text{кесу}}^* = \frac{Z_{\text{қалыңдық}}}{2}$ таңдау кезінде ұшы дайындаманың ортасында болады деп болжанады. $S_{\text{бұрғылау}}^* = Z_{\text{қалыңдық}}$ үшін максималды айналу әсері бар ұштың позициясы құрал төменгі бөлікте дайындамадан кететін кезде ескеріледі. Егер айналу кезіндегі ауытқулар тек беткі әсерге байланысты ескерілсе, масштабтау белгілі бір процестің сапасына қойылатын талаптарға сәйкес жеке анықталуы керек.

Бұл нақты жағдайда қаттылықты оңтайландыру белгілі бір робот үшін алынған тәжірибелік мәліметтерге негізделген. Алайда, бұл тәсілді кем дегенде өндірістік роботтар сериялары үшін жалпылауға болады, өйткені роботтың ілмектері арасындағы қаттылық тұрақты болып саналады. Сондықтан, анықталмаған 125 кг жүктеме роботын, мысалы, 210 кг жүктеме роботын қарастырған кезде, кішігірім роботтың мәліметтерін қолдана отырып, роботтың позициясын оңтайландыруда абсолютті қаттылықтың қасиеттері әр түрлі болуы мүмкін болса да, роботтың ең қатал позициясына әкеледі. Қаттылық моделіне негізделген қаттылық пен деформациялық сипаттаманы есептеу роботтарды модельдеу құралдарында және өнеркәсіптік контроллерлерде жүзеге асырылды. Екі жағдайда да оны есептеу үшін қажетті

өндеу уақыты оны өнеркәсіптік мақсаттарда қолдану үшін қанағаттанарлық болып табылады.

3.4 Роботты басқаруда жолын анықтайтын датчик жұмысы

Қозғалысын датчикпен қадағалау жаңадан жасалған арнайы әдіске негізделген. Жетілдірілген жол робот тұтқасының қозғалыс циклінің уақытын S бастапқы нүктесінен Е соңғы нүктесіне дейін бақылауға бағытталған, бұл әдіс тұтқаның буындарын жабу және ашу кезінде қолданылатын моменттерді анықтайтын датчик қозғалыс принципіне негізделген.

«Тұтқасы» бар желінің жоғарыдан төмен қозғалып, содан кейін тоқтау үшін күш бергенде, бұл кинетикалық энергияны тудырады. Бұл энергия массасы (m) азайып, жылдамдық (v) арта түсетін $p=m \times v$ есебінен моменттің жілінің ұшына беріледі.



3.4 Сурет - Желілік сенсордың негізгі элементтері

Мұның нәтижесі - желі кейбір бөлігі дыбыс жылдамдығынан жылдамырақ қозғалғанда пайда болатын жарықшақтан туындаған дыбыстық бум. Желі қозғалысы үш түрді қамтуы мүмкін: жарты толқын, толық толқын және цикл. 3.4-суретте желінің сегменттері бойынша импульстің берілу бағытын көрсетеді және диаграммалар жылдамдықтың, массаның, кинетикалық энергияның және моменттің уақытқа байланысты өзгеруін сипаттайды. Ішкі фигуралар келесі функцияларды көрсетеді:

- жылдамдық диаграммасы желінің соғу циклі кезінде ұштық жылдамдығының өзгеруін көрсетеді.

- массалық диаграммада желінің ұзындығы бойымен толқын импульсі өткен сайын желідегі соғу кезінде ең үлкен кинетикалық энергияға ие желі бөлігі массасының өзгеруін көрсетеді.

- кинетикалық энергия диаграммасы желіні жылжытатын және қозғалыс энергиясын өз қолымен желіге беретін желіні пайдаланушысының жұмысына сәйкес келеді.

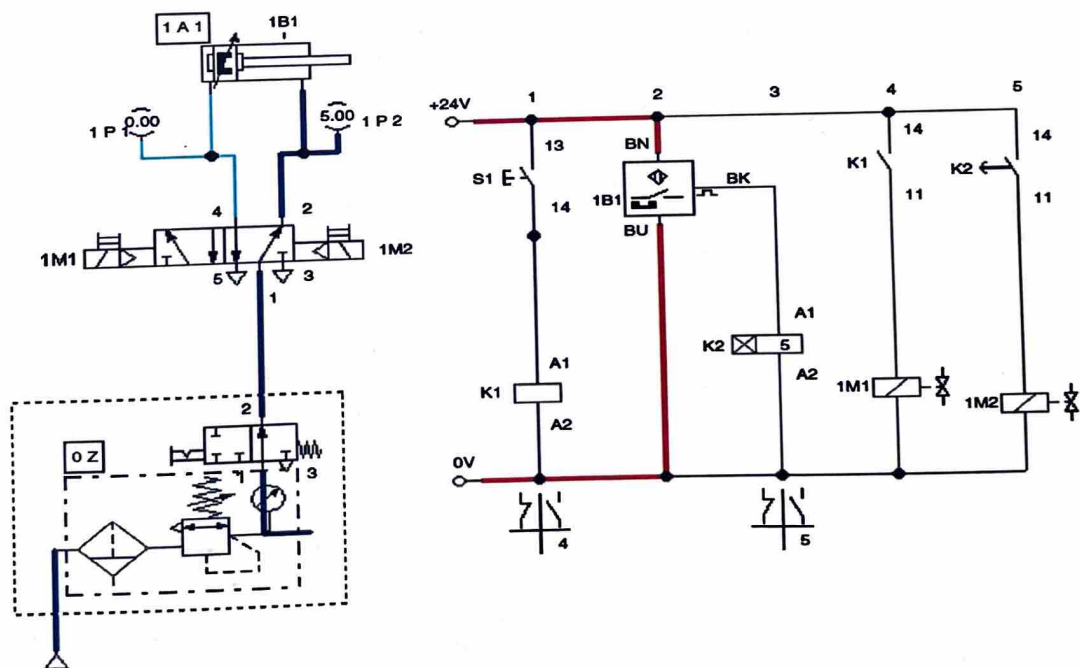
- момент диаграммасы желі соғу кезінде білек буынындағы момент мәнінің өзгеруін көрсетеді.

4 РОБОТТЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРЛІК ГИБРИДТІ ЖЕТЕКТІ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ MATLAB ОРТАСЫНДА МОДЕЛДЕУ

4.1 Ыстық штамптау роботтының пневматикалық-электрлік гибриді жетектеріне талдау жасау

Әртүрлі роботтарға арналған клапандар мен релелердің (яғни электромагниттік, электрогидравликалық, гидравликалық, пневматикалық және электро-пневматикалық жетектер) әртүрлі жетектер түрлері зерттеді. Олар жылдам жауап беретін клапандармен төмен ағындыреле жылдамдығы арасындағы келіспейтін қиындықтар бар. Электр-пневматикалық және электрогидравликалық жетектердің жұмыс принципі бірдей. Пневматикалық жетектер гидравликалық жетектермен салыстырғанда жылдамырақ жауап береді. Ыстық штамптау роботының құрылғылары энергия көзі ретінде жоғары температура және жоғары қысымды ауа принциптерінде жұмыс істейді. Электропневматикалық клапандар және уақыт релесі клапандары электрогидравликалық немесе гидравликалық жұмыс жүйесіне арналған қиындықтарды жақсартуға болады.

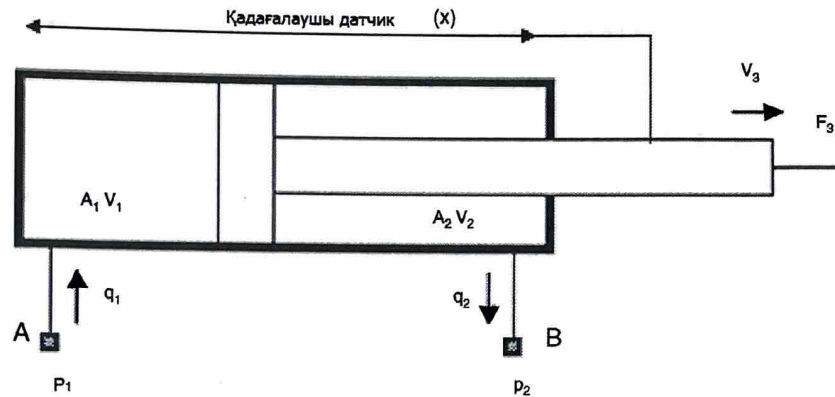
Бұл жұмыстың мақсаты, ыстық штамптау роботын функционалды клапанын зерттеу және оның оңтайлы жұмыс істеуі үшін параметрлерді анықтау болып табылады. Пневматикалық және электропневматикалық жетегі бар ыстық штамптау роботын пайдалану оның дизайны мен жұмысына белгілі бір тұжырымдарды ұсыну үшін қажет.



4.1 Сурет- Ыстық штамптау роботтын басқаруға қолданылатын электр-пневматикалық жетектің принципіалды схемасы

4.2 Пневматикалық жүйені математикалық модельдеу

Цилиндрдегі ауаның өнімділігін және пневматикалық әрекетті бағалау үшін ауаның, цилиндрдің және поршеньдің математикалық талдауын тексеру қажет. Ауа құрғақ ауа мен жылулық тепе-теңдікте су буынан тұратын сығылмайтын көп құрамды сұйықтық екені белгілі. Цилиндр мен поршеньдің қысымы, жылдамдығы, ауданы әрекетті цилиндрдің шығыны суретте көрсетілген. Теңдеуде келесі болжамдар қарастырылған:



4.2 Сурет - Екі әрекетті пневматикалық жетек цилиндрінің схемалық көрінісі.

- Ауа ағыны тұрақты және ламинарлы.
- Ауадағы тартылыс күші шамалы.
- Жалғастырушы түтіктің ауданы сызықтықта тұрақты.
- Жүйенің темпера-ионы тұрақты сақталады

Ауа ағынының сызықтық жүйесінің үздіксіз ағынының жалпы моделі келесі теңдеулермен берілген:

$$q_1 + q_2 + 2q_3 = c_0 \dot{p}_1 + (a_1 + a_1) \dot{x} \quad (4.1)$$

$$q_1 + q_2 = -k_p P_1 \quad (4.2)$$

$$q_1 + q_2 = -k_{po} P_1 \quad (4.3)$$

Мұндағы $a_1 = p_1 A_1 / RTs$; $a_1 = p_2 A_2 / RTs$; q_1 , q_2 және q_3 клапандардың әрқайсысы арқылы ағынның жылдамдығын білдіреді; x поршеньнің күйі; V_1 және V_2 - қосарланған цилиндрінің көлемі өзгерісі; P_1 және P_2 жүйеге сәйкес қолданылатын кіріс және шығыс қысымы, ал A_i - суретте көрсетілген қосарланған әрекет цилиндрінің көлденең қимасы. 4.2-суретте көрсетілген. Поршень бағанының динамикалық қозғалыс теңдеуі келесідей сипатталады:

$$Mr \frac{d}{dt} \dot{x} + \beta \dot{x} + F_f + F_L = P_1 A_1 - P_2 A_2 - P_a A_r \quad (4.4)$$

Мұндағы M_r - поршеньнің массасы, x - поршеньнің белгілі бір уақыттағы орны, β - тұтқыр үйкеліс коэффициенті, F_f - кулондық үйкеліс күші, F_L - штамптан сыртқы күш, P_1 және P_2 - цилиндрдегі абсолютті қысым, P_A - абсолютті қысым. A_1 және A_2 - тиімді поршеньдік аудандар, A_r - өзектің көлденең қимасы.

Бірнеше зерттеушілер (Битер, 2007; Илюхин мен Арфибян, 2011; Ричер мен Хурмузлу, 2000; Такосоглу мен Ласки, 2011; Тоқашики және басқалар, 1996) Ыстық штамптау роботты үшін қосарланған әрекет цилиндрін басқаратын электропневматикалық басқару жүйелерін талдау үшін қолданылатын математикалық модельді ұсынды. Олардың модельдерінде 5/2 қосарланған ауа басқаратын пневматикалық клапан модельденді және компьютер мен жұмыс станциясы тікелей және кері бағытта жұмыс істей алады. Модельдер пневматикалық цилиндрдегі қысым динамикасын сипаттайтын (4.4) теңдеуде көрсетілген механикалық басқару жүйесінің аудармалы қозғалысын анықтайтын төрт дифференциалдық теңдеуге негізделген. Теңдеулер дроссель арқылы ағынның бағытын ескереді.

$$\frac{dx}{dt} = u \quad (4.5)$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{F}{m} \quad (4.6)$$

$$\frac{dp_1}{dt} = n \cdot \frac{R \cdot T \cdot G_1 - A_1 \cdot P_1 \cdot u}{V_{02} - A_1 \cdot x} \quad (4.7)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = n \cdot \frac{R \cdot T \cdot G_2 - A_2 \cdot P_2 \cdot u}{V_{02} - A_2 \cdot x} \quad (4.8)$$

Мұндағы v - поршень жылдамдығы, R - әмбебап газ тұрақтысы, T - сығылған ауаның жұмыс температурасы; n - коэффициент; F - поршеньге әсер ететін күшті есептеу үшін қолданылатын цилиндрдің шығысындағы күш.

Matlab ортасындағы модель үшін әзірленген модельдік теңдеулер.

4.1 теңдеудегі a_1 және a_2 мәндерін алмастыра отырып температура тұрақты болса, модельдік теңдеуде келесідей болады.

$$q_1 + q_2 = c_0 p_i + \left(\frac{P_1 A_1 - P_2 A_2}{R} \right) \dot{x} \quad (4.9)$$

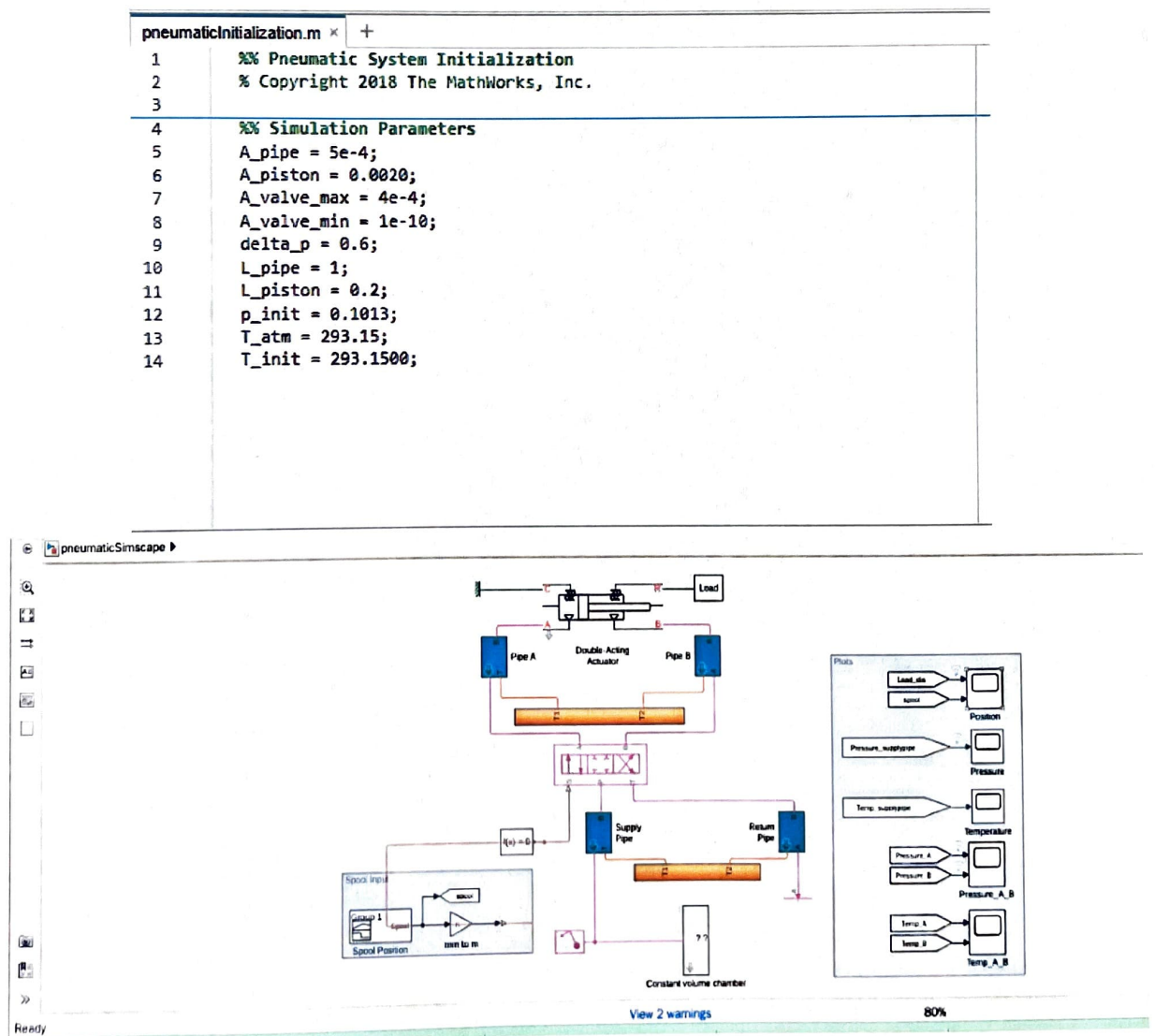
Егер жүйенің барлық параметрлері ескерілсе. Мұндағы $A_1 = 0,00031415 \text{ м}^2$, $A_2 = 0,0002638 \text{ м}^2$, $x = 0.1 \text{ м}$, ал R - құрғақ ауаның нақты $\text{constant} = 287.05 \text{ Дж кг}^{-1} \text{ К}^{-1}$. Жұмыс кіріс қысымы $P_1 = 5.05$ бар және $P_2 = 0.0$ бар. Осылайша, кіріс қысымы болған кезде шығыс қысымы болмайды және керісінше.

$$q_1 + q_2 = c_0 p_i + 0.00553 \frac{d}{dt}(x) \quad (4.10)$$

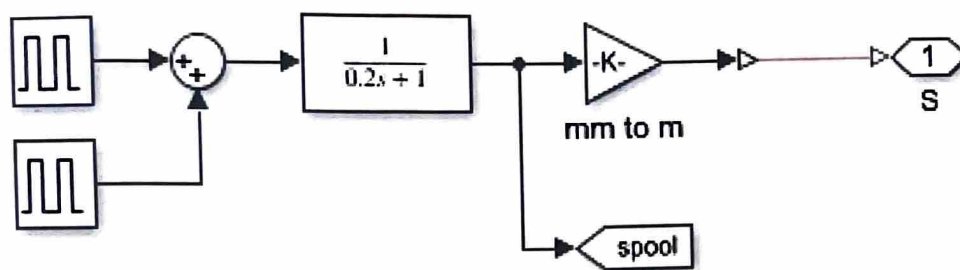
4.3 Matlab Simulink ортасында ыстық штамптау роботының пневматикалық-электрлік гибриді жетектің моделін құру

Matlab Simulink ортасында бағдарламасында қол жетімді физикалық блоктарды пайдалану арқылы пневматикалық-электрлік гибриді жетекті модельдеуге болады. Пневматикалық тізбекті құру үшін тұрақты көлемді камера, бағыттаушы басқару клапаны және трансляциялық механикалық түрлендіргіштер сияқты блоктарды пайдаланады. Конвекцияға байланысты жылу беру әсерлерінің қалай ескерілгенін де көрсетеді. Соңында олар жүктердің әртүрлі мәндері үшін камерадағы жүктеменің орны мен қысымын салыстыратын нәтижелерді талқылайды.

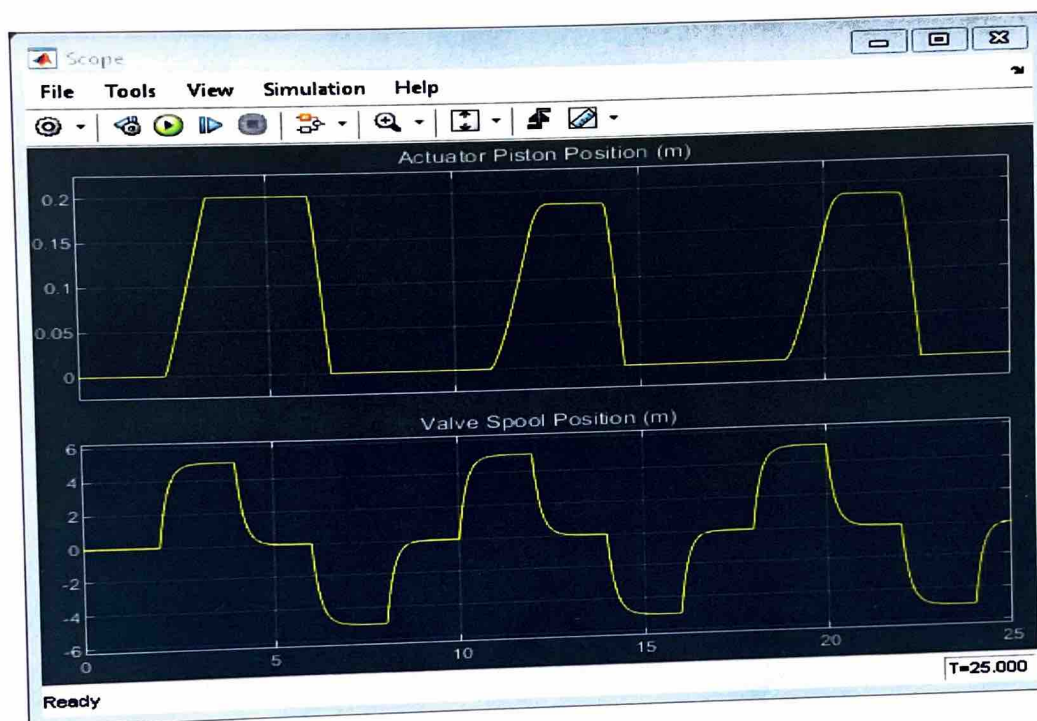
Пневматикалық-электрлік гибриді жетек



4.3 Сурет - Matlab simulink роботының пневматикалық-электрлік гибриді жетектің моделі



4.4 Сурет - Катұшканы енгізу ішкі жүйесі



4.5 Сурет - Ауқымдардан алынған модельдеу нәтижелері

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботты өңдеуге кіріспе және роботты өңдеудегі заманауи бағдарламалауға шолу жасайды. Роботтың автоматты түрде оңтайландыру өлшемдері берілген. Алдыңғы бөлімде анықталған модельді қолдана отырып және робот манипуляторының қатаңдық моделіне негізделген робот позициясы оңтайландыру әдісі қарастырдым.

Бірғана датчикпен басқару критерийлерді оңтайландырудан басқа, бірнеше критерийлер жиынтығын да жақсартуға болады. Сонымен қатар, өлшемдерді өлшеу және оңтайландыруды теңестіру әдісін көрсетілді. Робот жолдарындағы бір нүктелер үшін бірнеше критерий қолданылады. Сонымен қатар, ретінде бірінші критерийді оңтайландыру егжей-тегжейлі түсіндіріледі.

Сондай-ақ кесу, фрезерлеу т.б үшін робот позициясы сипаттайтын математикалық модельдері құрылды. Егер айналу, кесу пресстеу кезіндегі ауытқулар тек беткі әсерге байланысты ескерілсе, масштабтау белгілі бір процестің сапасына қойылатын талаптарға сәйкес жек анықтаулар жасалынды.

Бұл дипломдық жұмыста ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботты өңдеудегі заманауи әдістерге шолу жасайды. Роботты автоматты түрде оңтайландыру өлшемдеріне талдаулар жүргізілді.

Өндірісте ыстық штамптау процестеріне қолданылатын роботтың манипуляторының жетілдірілген траекторияны модельдеу арқылы траекторияны жақсарту идеясы қарастырылды. Matlab Simulink ортасында ыстық штамптау роботының пневматикалық-электрлік гибриді жетектің моделі құрылды. Алынған нәтижелерге талдау жасалынды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Шыңғысов Б.Т. Робот техникасы негіздері оқулық / Б. Т. Шыңғысов. - Алматы : Лантар Трейд, 2019. - 129 б.
- 2 Байбатшаев М.Ш. Роботоавтоматные системы в металлургии.- г. Алматы., КазНТУ., 2002 .- 187 с.
- 3 Абалкин Л. И., Камаев В. Д., Юревич Е. И. Автоматические манипуляторы (промышленные роботы) в народном хозяйстве: социально-экономические аспекты. М.: Общество "Знание" РСФСР, 1980. 80 с.
- 4 Baghli, F.Z.; El Bakkali, L.; Yassine, L. Optimization of arm manipulator trajectory planning in the presence of obstacles by ant colony algorithm. *Procedia Eng.* 2017, 181, 560–567. [CrossRef]
- 5 <http://www.automotivemanufacturingsolutions.com/technology/hot-stamping-technology-moves-on>
- 6 <http://www.thefabricator.com/article/stamping/what-s-sizzling-in-hot-stamping>
- 7 <http://www.automotivemanufacturingsolutions.com/process-materials/hot-stamping-hits-heights>
- 8 Benotsmane, R.; Dudás, L.; Kovács, G. Collaborating robots in Industry 4.0 conception. In *Proceedings of the XXIII International Conference on Manufacturing, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kecskemét, Hungary, 7–8 June 2018*; pp. 1–9.
- 9 Benotsmane, R.; Dudás, L.; Kovács, G. Survey on new trends of robotic tools in the automotive industry. In *Vehicle and Automotive Engineering 3; VAE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering*; Springer: Singapore, 2021; pp. 443–457.
- 10 Dima, I.C.; Kot, S. Capacity of production. In *Industrial Production Management in Flexible Manufacturing Systems*, 1st ed.; Dima, I.C., Ed.; Book News Inc.: Portland, OR, USA, 2013; pp. 40–67.
- 11 Kovács, G. Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *Int. J. Prod. Res.* 2020, 58, 2916–2936. [CrossRef]
- 12 Benotsmane, R.; Kovács, G.; Dudás, L. Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. *Soc. Sci.* 2019, 8, 143. [CrossRef]
- 13 Delgado, S.D.R.; Kostal, P.; Cagánová, D.; Cambál, M. On the possibilities of intelligence implementation in manufacturing: The role of simulation. *Appl. Mech. Mater.* 2013, 309, 96–104. [CrossRef]
- 14 Yildirim, C.; Sevil Oflaç, B.; Yurt, O. The doer effect of failure and recovery in multi-agent cases: Service supply chain perspective. *J. Serv. Theory Pract.* 2018, 28, 274–297. [CrossRef]
- 15 Gilchrist, A. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*; Apress: Bangkok, Thailand, 2014; pp. 1–12.

16 El Zoghby, N.; Loscri, V.; Natalizio, E.; Cherfaoui, V. Robot cooperation and swarm intelligence. In *Wireless Sensor and Robot Networks: From Topology Control to Communication Aspects*, 1st ed.; Mitton, N., Simplot-Ryl, D., Eds.; World Scientific Publishing Company: Lille, France, 2014; pp. 168–201.

17 Alessio, C.; Maratea, M.; Mastrogiovanni, N.; Vallati, M. On the manipulation of articulated objects in human-robot cooperation scenarios. *Robot. Auton. Syst.* 2018, 109, 139–155.

18 Benotsmane, R.; Dudás, L.; Kovács, G. Trial—and—error optimization method of pick and place task for RV-2AJ robot arm. In *Vehicle and Automotive Engineering 3; VAE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering*; Springer: Singapore, 2021; pp. 458–467.

19 Saramago, S.F.P.; Steffen, V. Optimization of the trajectory planning of robot manipulators taking into account the dynamics of the system. *Mech. Mach. Theory* 1998, 33, 883–894. [CrossRef]

20 Zhang, Y.; Shuzhi, S.G.; Tong, H.L. A unified quadratic-programming-based dynamical system approach to joint torque optimization of physically constrained redundant manipulators. *IEEE Trans. Syst.* 2014, 34, 2126–2132. [CrossRef]

21 ABE, T., SHIBATA, T. and TANIE, K., 1994. Motion planning for 3D cutting by a manipulator with 6 degrees of freedom - optimization by genetic algorithm, *Proceedings of 3rd International Conference on Fuzzy logic Neural Nets and Soft Computing*, 453-454.

22 ANTONELLI, G., CHIAVERINI, S., GERIO, G.P., PALLADINO, M. and RENGA, G., 2007. SmartMove4: An industrial implementation of trajectory planning for robots. *Industrial Robot*, 34(3), pp. 217-224.

23 DeVlieg, R., “High-Capacity Mobile Robotic Drilling and Fastening System,” *SAE 2014 Aerospace Manufacturing and Automated Fastening (AMAF) Conference*, Salt Lake City, Utah, USA, September 25, 2014.

24 Susemihl, H., Moeller, C., Kothe, S., Schmidt, H.C. et al., “High Accuracy Mobile Robotic System for Machining of Large Aircraft Components,” *SAE Int. J. Aerosp.* 9(2), 2016, doi:10.4271/2016-01-2139.

25 Droll, S., “Real Time Path Correction of Industrial Robots with Direct End-Effector Feedback from a Laser Tracker,” *SAE Int. J. Aerosp.* 7(2):222–228, 2014, doi:10.4271/2014-01-2248.

26 Sorrentino, L. and Turchetta, S., “Cutting Forces in Milling of Carbon Fibre Reinforced Plastics,” *International Journal of Manufacturing Engineering* 2014:1–8, 2014, doi:10.1155/2014/439634.