



XҒТАР 55.01.77
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-151-2-93-106>

Механикалық өңдеу кезінде беттердің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу

Д.С.Мырзалиев  , О.Б Сейдуллаева  , Д.А.Абзалова  , Н.Н.Рахымтай 

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Шымкент

E mail: orynkul_s@mail.ru

Аңдатпа. Материалдарды өңдеу-бұл әр түрлі кернеулер мен деформациялар пайда болатын, өңделетін бөліктердің беттерінің кернеулі деформацияланған күйіне (КДК) айтарлықтай әсер ететін күрделі процесс болып табылады. Бұл жұмыста SolidWorks бағдарламасының көмегімен механикалық өңдеу нәтижесінде алынған беттердің кернеулі деформацияланған күйі (КДК) зерттеледі. SolidWorks бағдарламасындағы модельдеу кесу тереңдігі, кесу жылдамдығы және құралдың өнімділігі сияқты факторлардың әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Зерттеудің негізгі мақсаты болат, алюминий және титан сияқты материалдардың бетіндегі кернеулер мен деформациялардың таралуын талдау болып табылады. Соңғы элементтер әдісі (СЭӘ) арқылы маңызды аймақтарды болжауға және өңдеу сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін бірқатар деректер алынды. Осы мақаланы жазу барысында SolidWorks бағдарламасын пайдалану технологиялық процестерді оңтайландыруға айтарлықтай мүмкіндіктер береді. Алынған мәліметтер мен жүргізілген зерттеулердің нәтижелері негізінде өңделген беттердің сапасын жақсарту және өнімнің өнімділігін арттыру үшін кернеулі деформацияланған күйді бақылаудың бірнеше әдістері ұсынылды. Мақалада алынған нәтижелер механикалық өңдеудің технологиялық процестерін оңтайландыру үшін соңғы элементтер әдісінің тиімділігін растайды.

Түйін сөздер: механикалық өңдеу, кернеулі деформацияланған күй, бағдарламалық модельдеу, SolidWorks, соңғы элементтер әдісі, кесу, беттік деформациялар

Түсті 29.01.2025. Жөнделді 27.02.2025. Мақұлданды 10.06.2025. Онлайн қолжетімді 30.06.2025

* хат-хабар автор үшін

Кіріспе

Қазіргі таңда заманауи машина жасау өндіріс шығындарын азайта отырып, өндірілген бөлшектердің сапасы мен сенімділігін арттыру қажеттілігіне тап болып отыр. Бөлшектердің жұмыс сипаттамаларын анықтайтын негізгі аспектілердің бірі-кесу арқылы өңдеу процесінде пайда болатын олардың беттерінің күйі. Материалдың беткі қабаттарының кернеулі деформацияланған күйін (КДК) зерттеу технологиялық процесті оңтайландыруға, өңдеу сапасын жақсартуға және ақаулардың пайда болу қаупін азайтуға мүмкіндік береді. Осылайша, кесу кезінде дайындамалардың кернеулі деформацияланған күйін зерттеуі өнеркәсіп үшін ерекше өзектілікке ие болады.

Кесу арқылы механикалық өңдеу - бұл машина жасауда бөлшектерді жасау үшін қолданылатын негізгі технология. Кесу процестері дайындаманың беткі қабаттарының күйіне әсер ететін айтарлықтай механикалық және термиялық әсерлермен бірге жүреді. Өңдеу процесінде пайда болатын қалдық кернеулер мен деформациялар бөлшектердің беріктігі, тозуға төзімділігі, коррозияға төзімділігі және сенімділігі сияқты параметрлерді анықтайды.

Кернеулі деформацияланған күйді зерттеудің өзектілігі төмендегідей қажеттіліктерге байланысты:

- өңделген беттердің сапасын болжау дәлдігін арттыру;
- пайдалану процесінде ақаулардың пайда болу ықтималдығын азайту;
- өнімділікті арттыру және өнімнің өзіндік құнын төмендету үшін өңдеу параметрлерін оңтайландыру.

Зерттеу мақсаты: кесу арқылы механикалық өңдеу кезінде беттердің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу және оңтайландыру арқылы бөлшектерді өндірудің тиімділігін арттыру.

Зерттеу міндеттері:

- кесу кезінде кернеулі деформацияланған күйін (КДК) қалыптастырудың теориялық аспектілеріне талдау жүргізу;
- соңғы элементтер әдісін (СЭӘ) қолдана отырып, КДК талдаудың сандық моделін жасау;
- нақты үлгілерде қалдық кернеулер мен деформациялар бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- кесу параметрлері мен бөлшектердің беткі қабаттарының күйі арасындағы байланысты анықтау;
- өңделген беттердің сапасын жақсарту үшін кесу режимдерін оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Материалдарды өңдеу әр түрлі процестерді қамтиды, мысалы, кесу, фрезерлеу, тегістеу, олар өңделген бұйымдардың беткі күйіне әсер етеді. Өңдеу кезінде пайда болатын кернеулер мен деформациялар өнімнің жұмысына әсер ететін ақаулардың пайда болуына әкелуі мүмкін. Өңдеу процесінде пайда болатын кернеулі деформацияланған күйді талдау үшін сандық модельдеу әдістері кеңінен қолданылады, олардың арасында SolidWorks сияқты бағдарламалық жасақтама материалдардың механикалық әрекетін талдаудың қуатты құралы болып табылады.

Соңғы элементтер әдісін қолдана отырып, SolidWorks-те модельдеу материалдың бетіндегі кернеулер мен деформациялардың таралуын дәл және тиімді болжауға мүмкіндік

береді. Бұл зерттеу әртүрлі өңдеу режимдеріндегі беттік деформацияларды зерттеу үшін осы әдісті қолдануға бағытталған.

Кесу арқылы механикалық өңдеу технологияларын дамыту машинажасау кәсіпорындарының өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Кесумен өңделетін бөлшектердің беттері өнімнің пайдалану сипаттамаларын қалыптастыру үшін негіз болып табылады. Дегенмен, кесу процестері материалдың беткі қабатында қалдық кернеулер мен деформацияларды тудыратын жергілікті термомеханикалық әсерлермен бірге жүреді. Бұл бөлшектердің сенімділігі мен беріктігіне теріс әсер етуі мүмкін.

Осы жұмыс шеңберінде сандық және эксперименттік әдістерді қолдана отырып кесу кезінде беттердің кернеулі-деформацияланған күйі зерттеледі. Зерттеу нәтижелері өңдеу режимдерін оңтайландыру арқылы технологиялық процестердің тиімділігін арттыруға бағытталған.

Әдеби шолу. Кесу арқылы механикалық өңдеу құрал мен дайындаманың күрделі өзара әрекеттесуімен бірге жүреді, бұл материалдың бетінде қалдық кернеулер мен деформациялардың пайда болуына әкеледі. Бұл саладағы негізгі жұмыстардың бірі-кесу аймағында кернеулердің пайда болуының теориялық негіздерін ұсынған А.А. Алимовтың зерттеулері. Оның жұмысы КДК-ға әсер ететін негізгі факторларды талдайды: температура, кесу күші, өңделетін материалдың қасиеттері және құралдың геометриясы [1].

В. М. Коваленко жүргізген зерттеулер термомеханикалық процестердің бөлшектер бетінің күйіне әсері туралы мәліметтерді толықтырады. Автор кесу аймағындағы температураның таралуы қалдық кернеулер мен деформациялардың мөлшеріне тікелей әсер ететінін атап көрсетеді [2].

Кернеулі деформацияланған күйді (КДК) зерттеу үшін сандық әдістерді қолдану

Соңғы онжылдықтарда сандық әдістер, атап айтқанда соңғы элементтер әдісі (СЭЭ) кесу кезінде КДК талдаудың негізгі құралына айналды. Ф. А. Кушнерев пен Г. Ивановтың жұмыстары СЭЭ кернеулер мен температуралардың таралуын болжауға ғана емес, сонымен қатар қалдық кернеулерді азайту үшін өңдеу параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік беретіндігін көрсетті [3]. Ф.М.Ляховицкий мен А. Н. Пивкин ANSYS және Abaqus сияқты бағдарламалық құралдардың көмегімен әртүрлі кесу режимдерінің КДК-ға әсерін зерттеді және өңделетін беттің күйін болжау үшін модельдеу тиімділігін растады [4,5].

Бөлшектердің өнімділігіне КДК әсері

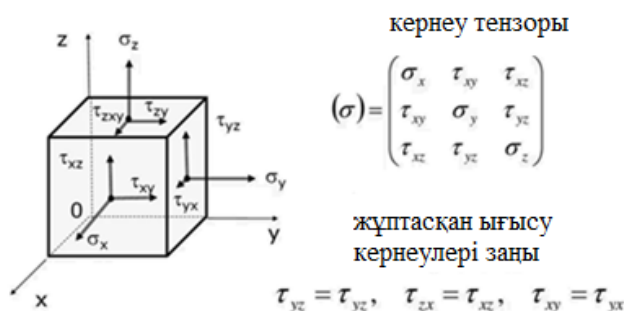
КДК мен бөлшектердің шаршау күші мен тозуға төзімділігі сияқты пайдалану қасиеттері арасындағы байланысты А.С. Чернов егжей-тегжейлі зерттеді. Оның зерттеулері КДК-ны дұрыс басқару бөлшектердің, әсіресе жоғары жүктемелер мен температураның өзгеруі жағдайында жұмыс істейтіндердің қызмет ету мерзімін едәуір ұзарта алатынын көрсетті [8].

Зерттеудің заманауи бағыттары

Заманауи зерттеулер алдын-ала белгіленген КДК сипаттамалары бар материалдарды жасауға бағытталған. Глебов Л. В. және Сидоров П. Н. жұмыстарында наноқұрылымды материалдар мен жабындарды пайдалану қалдық кернеулерді азайтуға және өңделген беттердің сапасын жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді [13, 14]. Сондай-ақ, өңделетін бөлшекке жылу жүктемесін төмендететін және деформацияны төмендететін жабындары бар «ақылды» кесу құралдарын жасау өзекті бағыт болып табылады [15].

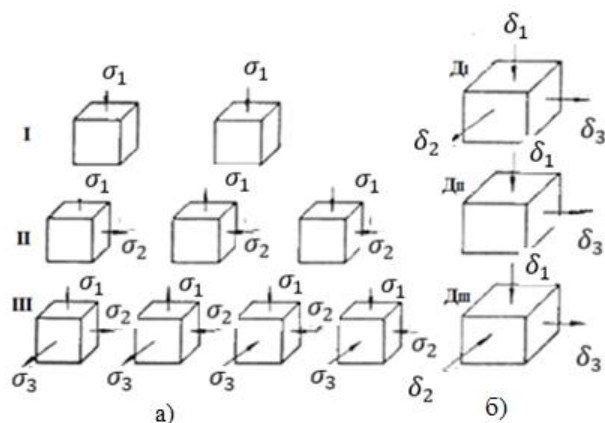
Әдіснама

Кернеулі деформацияланған күй (КДК) сыртқы жүктемелердің, температураның немесе басқа факторлардың әсерінен материалда пайда болатын кернеулер мен деформациялардың жиынтығын сипаттайды. Кесу арқылы механикалық өңдеу контекстінде КДК дайындаманың материалы кескіш құралдың әсеріне қалай жауап беретінін анықтайды (1-сурет).



1-сурет. Нүктедегі кернеулі деформацияланған күй

Кернеулі деформацияланған күй өңдеу процестерінде шешуші рөл атқарады (2-сурет). Ол дайындаманың материалы құралдың әсеріне қалай әсер ететінін, жоңқалардың пайда болу процесіне, өңделген беттің сапасына және құралдың қызмет ету мерзіміне қалай әсер ететінін анықтайды. Кернеулі деформацияланған күйін талдау және басқару алынған бөлшектердің өңдеу тиімділігі мен сапасын арттыруға мүмкіндік береді.



**2-сурет. Дайындаманың кернеулі деформацияланған күйінің сызбасы
а-кернеу күйі, б-деформацияланған күй.**

I-сызықтық кернеулі күй; II-жазық кернеулі күй; III-көлемдік кернеулі күй;
ДI-биіктіктің төмендеуі және қалған екі өлшемнің ұлғаюы;
ДII-биіктікті азайту және ені өзгермейтін ұзындықты ұлғайту; ДIII-дененің екі өлшемін азайту және үштікті ұлғайту

Кесу арқылы механикалық өңдеу кезінде кернеулі деформацияланған күй кесу күштері мен жылу ағынының әсерінен қалыптасады. Кернеулі деформацияланған күйге әсер ететін негізгі факторлар:

- кескіш құралдың геометриясы;
- өңдеу режимдері (жылдамдық, беріс, кесу тереңдігі);
- дайындама материалының жылу қасиеттері.

Қалдық кернеулердің таралуы құралдың алдыңғы және артқы беттеріндегі жанасу құбылыстарымен де, кесу аймағындағы қыздыру қарқындылығымен де анықталады.

Кернеулі деформацияланған күйді сандық модельдеу. Кесу процестерін модельдеу үшін соңғы элементтер әдісі қолданылды. SolidWorks бағдарламалық жасақтамасы қолданылды, онда кесу параметрлері, дайындама материалының термомеханикалық қасиеттері және кескіш құралдың геометриясы көрсетілген. Модельдеу барысында беткі қабаттағы қалдық кернеулер мен температураның таралуы алынды.

Кесуді өңдеу кезінде кернеулі деформацияланған күй (КДК) кесу процестерін түсінуде шешуші рөл атқарады, өйткені ол құралдың материалмен өзара әрекеттесу сипатын, бетінің сапасын, сондай-ақ құралдың тозуын анықтайды.

Эксперименттік зерттеулер кернеулі деформацияланған күйді зерттеуде де маңызды орын алады. А. А. Скуратов пен Б. С. Тарасовтың еңбектерінде сипатталған зертханалық сынақтар құралдың геометриясын, кесу жылдамдығын және беріс жылдамдығын өзгерту арқылы өңделетін беттегі қалдық кернеулерді реттеуге болатынын растайды [6]. Тарасов Б.С. еңбегінде қалдық кернеулерді өлшеу үшін қолданылатын тензометрия әдістері егжей-тегжейлі сипатталған, ол материалдардың әртүрлі түрлеріне контактісіз КДК өлшеу әдісін ұсынды [7].

Нәтижелер мен талқылау

Зерттеуде келесі материалдар қолданылды: болат, алюминий және титан, олардың әрқайсысының өзіндік өңдеу ерекшеліктері бар. Модельдеу үшін SolidWorks бағдарламасы қолданылды, ол бөлшектердің модельдерін құруға және оларды ақырлы соңғы элементтер әдісін (СЭЭ) қолдана отырып талдауға мүмкіндік береді.

1. Эксперименттік стенд пен өлшеу құралдарының сипаттамасы

Натурлық зерттеу жүргізу үшін арнайы дайындалған эксперименттік стенд қолданылды. Бұл стенд нақты өңдеу процестерін имитациялауға және өңделетін материалдардың кернеулі-деформацияланған күйін (КДК) нақты жағдайларда өлшеуге мүмкіндік береді.

Эксперименттік стендтің сипаттамасы:

- Құрылымдық элементтер: Стенд өңдеу білдегіне орнатылған металл қаңқадан тұрады. Ол кесу, фрезерлеу, бұрғылау процестерін жүргізуге бейімделген.

- Бекіту жүйесі: Үлгілерді сенімді түрде бекіту үшін универсалды қысқыш құрылғылар мен антивибрациялық тіреуіштер қолданылады.

- Қозғалтқыш жүйе: Жоғары айналымды шпиндель (3000–12000 айн/мин) кескіш құралдың қозғалысын қамтамасыз етеді.

- Басқару: Өңдеу параметрлері (кесу жылдамдығы, тереңдігі, беріс) сандық басқару блогы арқылы орнатылады.

- Салқындату жүйесі: Кесу аймағын салқындату үшін май-сулы эмульсия қолданылды, бұл температураны тұрақтандыруға көмектеседі.

Экспериментті жүргізудің барысы келесідей:

1. Үлгілерді дайындау. Болат 45 және алюминий қорытпасынан жасалған дайындамалар бастапқы бет ақауларын кетіру үшін дайындалады және тегістеледі.

2. Кесу параметрлерін реттеу. Кесу жылдамдығының, берілістің және кесу тереңдігінің әртүрлі комбинацияларымен бірқатар эксперименттер орындалады.

3. Қалдық кернеулерді өлшеу. Өңдеуден кейін өңделетін беттегі және оған жақын қалдық кернеулерді анықтау үшін рентгендік құрылымдық әдіспен зерттеледі. Өлшеу құралы:

Рентгендік дифракциялық құрылғы (XRD)

Үлгісі: Rigaku SmartLab немесе оған балама құрылғы.

Өлшеу дәлдігі: ± 5 МПа.

4. Микроқаттылықты өлшеу. Өлшеу өңделген беттерде микроқаттылықтарды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Өлшеу құралы:

PMT-3 немесе Vickers типті микротвердометр.

5. Температураны бекіту. Кесу кезінде жанасу аймағындағы температура пирометрмен немесе кіріктірілген термопаралармен өлшенеді. Өлшеу құралы:

Пирометр: Инфрақызыл пирометр, өлшеу диапазоны: 0–1200 °С.

Термопара: ТХК типті (NiCr–Ni), кесу аймағына тікелей енгізілген.

6. Микроқұрылымды талдау. Микроскопты қолдана отырып, пластикалық деформация аймақтары мен зақымдану тереңдігін зерттеу. Өлшеу құралы:

Металлографиялық микроскоп. Үлгісі: Olympus GX сериясы немесе ұқсас.

Экспериментті жүргізуде өлшеу процесінің жалпы сипаттамасы:

1. Барлық өлшеулер нақты өңделген беттерде жүргізілді.

2. Температура мен деформациялар бір мезетте тіркелді.

Өлшеу нәтижелері SolidWorks-пен алынған модельдеу нәтижелерімен салыстырылды, бұл өлшеудің дұрыстығын растауға мүмкіндік берді.

1-Кесте. Модельдеу үшін қолданылатын негізгі параметрлер

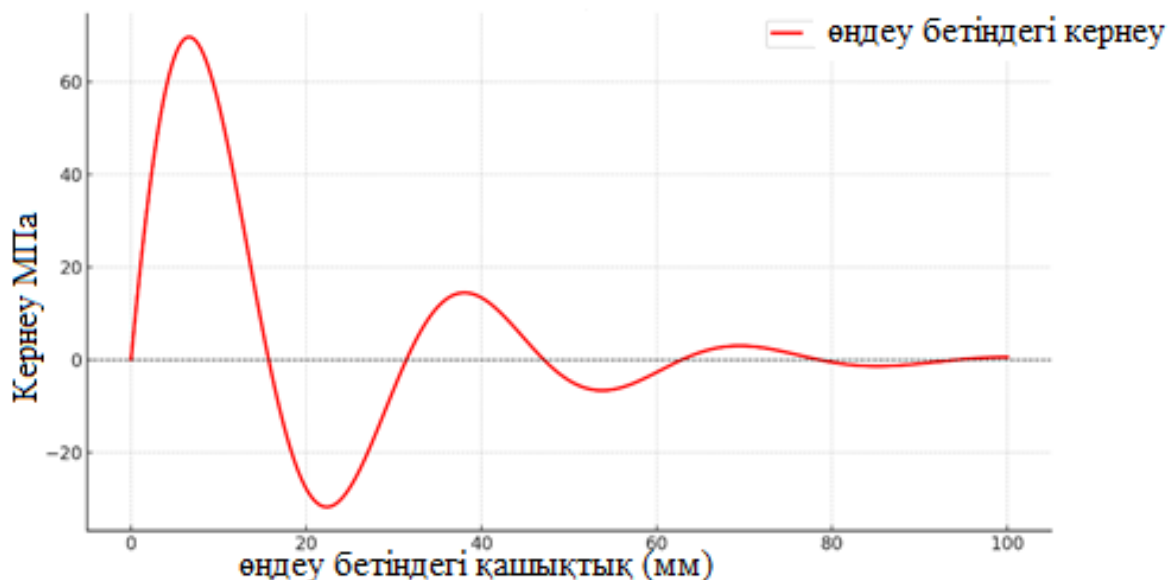
№	Параметрлер атауы	Мәні
1	Кесу жылдамдығы	100, 200, 300 м/мин
2	Кесу тереңдігі	0.5, 1.0, 1.5 мм
3	Құрал геометриясы: кесу бұрышы	30°, 45°, 60°

Мәселені шешу өңдеу процесінде жүктеме мен температураның әсерін ескеретін кіріктірілген SolidWorks құралдарының көмегімен жүзеге асырылды.

Эксперимент және эксперимент нәтижелері Модельдеу нәтижесінде әртүрлі өңдеу режимдерінде әр материал үшін кернеу мен деформацияның таралуы алынды. 3-суретте кесу тереңдігі 1 мм және жылдамдығы 200 м/мин Болаттың нәтижелері көрсетілген.

Суретте көрсетілген мәліметтерден максималды кернеулер құралдың материалмен жанасу аймағына жақын жерде пайда болатындығын көруге болады. Алюминий мен титан үшін максималды кернеулер ұқсас параметрлерде байқалады, алайда титан үшін кернеу мөлшері едәуір жоғары болды, бұл оның жоғары қаттылығы мен беріктігіне байланысты.

Әрбір материал үшін өңдеудің оңтайлы параметрлері анықталды, онда бетіндегі кернеулердің мөлшері азаяды, бұл өңдеу сапасын жақсартуға және құралдың тозуын азайтуға көмектеседі.



3-сурет. Фрезерлеу кезінде болат бетіндегі кернеулердің таралуы (жылдамдығы 200 м / мин, кесу тереңдігі 1 мм)

Кернеулі деформацияланған күйді басқару кесу процесін оңтайландыруға, өңдеу сапасын жақсартуға және құралдың ресурсын арттыруға мүмкіндік береді.

Кесу арқылы механикалық өңдеу кезінде кернеулі деформацияланған күйді (КДК) зерттеу әдістері үш негізгі категорияға бөлінеді: теориялық, эксперименттік және сандық (сандық модельдеу). Бұл әдістер кесу аймағында болып жатқан процестерді тереңірек түсінуге, өңдеу сапасы мен құралдың тозуына әсер ететін кернеулерді, деформацияларды және басқа параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді.

Эксперименттік деректер мен модельдеуді салыстырмалы талдау. Эксперименттер жүргізілді, олардың деректері 1-кестеде келтірілген.

2-кесте. Эксперименттік деректер

№	Жүктеме (Н)	Кернеу (МПа)	Деформация (%)
1	1000	120	0.25
2	2000	240	0.50
3	3000	360	0.75

SolidWorks Simulation - да алынған модельдеу нәтижелері 2, 3 - кестелерде келтірілген.

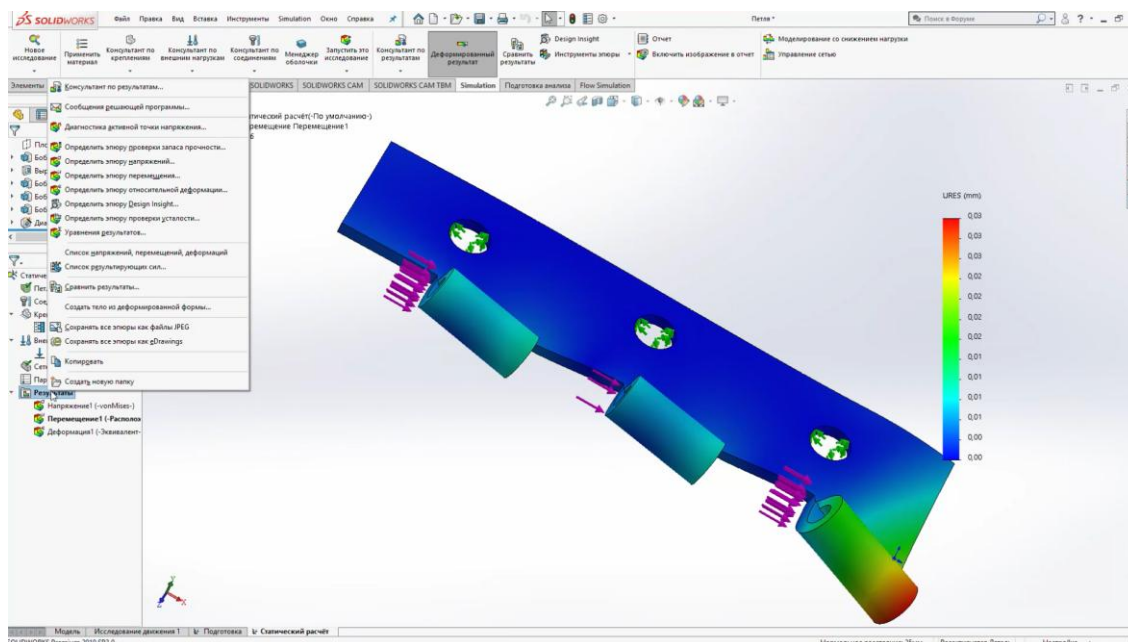
3-кесте. Модельдеу нәтижелері

№	Жүктеме (Н)	Кернеу (МПа)	Деформация (%)
1	1000	118	0.23
2	2000	237	0.48
3	3000	355	0.73

4. Сәйкессіздіктерді талдау

Кестелерден көріп отырғанымыздай, модельдеу мен эксперименттердің нәтижелері шамалы сәйкессіздіктерге ие. Кернеулердегі айырмашылық 2-5 МПа-дан аспайды, ал деформациялар 0.02% - дан аз ерекшеленеді. Сәйкессіздіктердің ықтимал себептері:

- Соңғы элементтер әдісінің дәлдігі және қолданылатын бөлу торы;
- Эксперименттегі өлшеу қателіктері;
- Модельдегі геометрия мен шекаралық шарттарды идеализациялау.



4-сурет SolidWorks Simulation кернеудің таралуы

SolidWorks Simulation модельдеу нәтижелері эксперименттік деректермен жақсы байланысты. Айырмашылықтар рұқсат етілген қателіктер шегінде болады, бұл модельдеудің дұрыстығын растайды. Есептеулердің дәлдігін одан әрі жақсарту үшін материалдың моделін нақтылауға және есептеу торының ажыратымдылығын арттыруға болады.

Қорытынды

Өңдеу кезінде беттердің кернеулі деформацияланған күйін модельдеу үшін SolidWorks бағдарламасын пайдалану технологиялық процестерді зерттеу мен

оңтайландырудың тиімді құралы болып табылады. Эксперименттердің нәтижелері кесу тереңдігі мен кесу жылдамдығы беткі кернеулердің пайда болуында шешуші рөл атқаратынын көрсетті. СЭӘ көмегімен модельдеу сыни аймақтарды анықтауға және өңдеу сапасын бақылауды жақсартуға мүмкіндік береді, бұл құралдардың беріктігін арттыруға және өңдеу дәлдігін жақсартуға көмектеседі. Болашақта мұндай модельдерді қолдану әртүрлі материалдарды өңдеудің тиімді әдістерін дамытуға ықпал етеді.

Талдау көрсеткендей, кесу және беру жылдамдығының жоғарылауымен қалдық кернеу деңгейі, сондай-ақ кесу аймағындағы максималды температура жоғарылайды. Өңдеудің оңтайлы параметрлері қалдық кернеулерді азайту негізінде анықталды.

ҚДК үлестірімі: қалдық кернеулердің ең біркелкі үлестірілуіне орташа кесу жылдамдығы мен аз беру кезінде қол жеткізілетіні анықталды.

Кедір-бұдыр: азықтандыру мен кесу тереңдігінің жоғарылауымен өңделген беттің кедір-бұдырының өсуі байқалады.

Кесу режимдерін оңтайландыру: қалдық кернеулерді азайту және қанағаттанарлық кедір-бұдырды қамтамасыз ету үшін 100 м/мин жылдамдықты, 0.2 мм/айн беруді және 0.5 мм Кесу тереңдігін пайдалану ұсынылады.

Ғылыми-зерттеу жұмысы барысында бөлшектерді дайындаудың тиімділігін арттыру мақсатында кесу арқылы механикалық өңдеу кезінде пайда болатын беттердің кернеулі-деформацияланған күйіне (ҚДК) зерттеу жүргізілді. Алынған нәтижелер негізінде технологиялық процестерді оңтайландыруға бағытталған ұсыныстар тұжырымдалған.

Әдебиеттерді талдау көрсеткендей, өңдеу кезінде ҚДК зерттеу теориялық және эксперименттік тәсілдерді біріктіретін маңызды бағыт болып табылады. СЭӘ сияқты сандық әдістерді эксперименттік өлшемдермен бірге қолдану Кесу аймағында болатын процестерді егжей-тегжейлі түсінуге мүмкіндік береді. Шешілмеген негізгі міндеттер өңдеуді оңтайландыру бойынша әмбебап ұсыныстар жасау үшін модельдеу мен эксперименттік деректерді біріктірумен байланысты.

Беткі қабаттың кернеулі деформацияланған күйі бөлшектерді өңдеу сапасы мен пайдалану сипаттамаларын анықтайтын негізгі фактор болып табылады.

Сандық және эксперименттік зерттеу әдістері кесу параметрлері мен ҚДК арасындағы байланысты анықтады.

Қалдық кернеулерді азайту және өңделген беттердің сапасын жақсарту үшін кесу режимдерін оңтайландыру бойынша ұсыныстар жасалды.

Жұмыстың негізгі қорытындылары:

Кесу параметрлері (кесу тереңдігі, кесу жылдамдығы, беру) мен өңделетін материал беттерінің ҚДК арасындағы байланыс анықталды. Бұл параметрлерді оңтайландыру қалдық кернеулер мен беттік ақауларды азайтуға мүмкіндік беретіні анықталды.

Қалдық кернеулерді болжаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін тензометрия және сандық модельдеу сияқты заманауи талдау әдістерін қолдану негізінде ҚДК бағалау әдістемесі жасалды.

Прогрессивті кескіш құралдар мен салқындатқыштарды қолдану өңделген беттің сапалық сипаттамаларын жақсартып, материалдың пластикалық деформациясының қарқындылығын төмендетуге ықпал ететіні анықталды.

Құрылымдық материалдардың әртүрлі түрлеріне арналған аспаптық материалдарды, кесу режимдерін және салқындату стратегияларын таңдау бойынша

ұсыныстар ұсынылған, бұл бөлшектердің өнімділігі мен жұмыс ресурсын арттыруға көмектеседі.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы өндірістік шығындарды азайтуды және механикалық өңдеуді оңтайландыру арқылы өндірілген бөлшектердің сапасын жақсартуды қамтамасыз ететін тәсілдерді әзірлеу және енгізу болып табылады. Алынған нәтижелер машина жасауда, авиация жасауда, автомобиль жасауда және өңдеудің сапасы мен дәлдігіне жоғары талаптар қойылатын басқа салаларда қолданылуы мүмкін.

Авторлардың қосқан үлесі

Д.С.Мырзалиев, О.Б. Сейдуллаева – мақаланың тұжырымдамасына; зерттеу нәтижелерін жинау, талдау немесе түсіндіру;

Д.А.Абзалова, Н.Н.Рахымтай - мәліметтер жинау, жазу, өңдеу, талдау, визуализация, рәсімделуіне елеулі үлес, қаржыландыру

Әдебиеттер тізімі

1. Напряженно-деформированное состояние и прочность режущих элементов инструментов / Е. В. Артамонов, И. А. Ефимович, Н. И. Смолин, М. Х. Утешев; Под. общ. ред. М. Х. Утешева. - Москва: Недра, 2001. - 198 с.; ISBN 5-8365-0093-2.
2. Коваленко В.В. Международная система единиц измерения (СИ) в курсе «Теория резания металлов»: Учеб. пособие для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / М-во высш. и сред. спец. образования УССР. Киевский ордена Ленина политехн. ин-т им. 50-летия Великой Октябрьской соц. революции. Кафедра технологии машиностроения. - Киев: [б. и.], 1968.-54с.
3. Махалов М.С., Кречетов А.А., Блюменштейн В.Ю., Горбатенко В.В. Исследование распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя после механической обработки методами сверления зондирующих отверстий и цифровой корреляции изображений // iPolytech Journal. 2024. Т. 28. № 1. С. 40-50. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2024-1-40-50>. EDN: EAULHD.
4. Ляховицкий Ф. М. Теория резания металлов / Ф. М. Ляховицкий. - Москва: Машиностроение, 2021. - 424 с.
5. Пивкин А. Н. Роль остаточных напряжений в повышении эксплуатационных свойств деталей машин / А. Н. Пивкин, И. П. Сергеев // Известия вузов. Машиностроение. - 2022. - № 4. - С. 18-26.
6. Скуратов А. А. Анализ деформационных процессов при обработке металлов резанием / А. А. Скуратов. - Санкт-Петербург: Политехника, 2020. - 289 с.
7. Тарасов Б. С. Влияние параметров резания на качество обработанной поверхности / Б. С. Тарасов, О. В. Смирнова // Технология машиностроения. - 2019. - № 6
8. Чернов А. С. Современные методы анализа напряжённо-деформированного состояния поверхностей при резании / А. С. Чернов. - Казань: Изд-во Казанского университета, 2021. - 344 с.
9. Шишкин А. С. Остаточные напряжения и их влияние на долговечность деталей / А. С. Шишкин, Е. В. Королёва // Металлообработка. - 2021. - № 7. - С. 56-63.

10. Эрдман Е. Г. Исследование сил резания и их влияния на процесс обработки / Е. Г. Эрдман, И. Н. Захаров. - Екатеринбург: Уральский университет, 2018. - 298 с.
11. Механическая обработка материалов: учебное пособие / Авт.А.М.Дальский, В.С.Гаврилюк, Л.Н.Бухаркин. - М.: Машиностроение, 1981. - 263 с.
12. Кена П. «Численные методы в механике материалов: С приложениями от Нано до макромасштабов»// Кена П., Изд-во: CRC Press (27.11.2017), электронная книга 2018, ISBN-13: 978-1351380997.
13. Глебов Л.В., Сидоров П.Н. «Наноматериалы: структура, свойства, применение». - М.: Наука, 2018. - 432 с.
14. Лепов В.В., Иванов А.М., Логинов Б.А., Беспалов В.А., Ачикасова В.С., Закиров Р.Р., Логинов В.Б. Механизм разрушения наноструктурированной стали при низких температурах // Российские нанотехнологии. – 2008. - №11-12. – С. 734-742.
15. Витязь, П. А. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учебное пособие для студентов технических университетов / П. А. Витязь, Н. А. Свидуневич. - Минск : Вышэйшая шк., 2010. - 302 с.; ISBN 978-985-06-1783-5

Д.С.Мырзалиев, О.Б Сейдуллаева, Д.А.Абзалова, Н.Н.Рахымтай

*Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан*

Исследование напряженно-деформированного состояния поверхностей при механической обработке

Аннотация. Механическая обработка материалов - это сложный процесс, при котором возникают различные напряжения и деформации, оказывающие существенное влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) поверхностей обрабатываемых деталей.

В данной работе с помощью программы SolidWorks исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) поверхностей, полученных в результате механической обработки. Моделирование в этой программе позволяет учесть влияние таких факторов, как глубина резания, скорость резания и характеристики инструмента. Основной целью исследования является анализ распределения напряжений и деформаций на поверхности таких материалов, как сталь, алюминий и титан. С помощью метода конечных элементов (МКЭ) был получен ряд данных, которые позволяют прогнозировать критические зоны и повышать качество обработки. Использование программы SolidWorks в процессе написания данной статьи предоставляет значительные возможности для оптимизации технологических процессов. На основе полученных данных и результатов проведенных исследований было предложено несколько методов контроля напряженно-деформированного состояния для улучшения качества обрабатываемых поверхностей и увеличения производительности изделия. Результаты, полученные в статье, подтверждают эффективность метода конечных элементов для оптимизации технологических процессов механической обработки.

Ключевые слова: механическая обработка, напряженно-деформированное состояние, программное моделирование, SolidWorks, метод конечных элементов, резка, деформации поверхности.

D.S.Myrzalyiev, O.B. Seidullayeva, D.A.Abzalova, N.N.Rakhymtai

M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan

Investigation of the stress-strain state of surfaces during mechanical processing

Abstract. Mechanical processing of materials is a complex process in which various stresses and deformations occur, which have a significant impact on the stress-strain state (SSS) of the surfaces of the machined parts. In this paper, the stress-strain state (SSS) of surfaces obtained as a result of mechanical processing is investigated using the SolidWorks program. Modeling in this program allows you to take into account the influence of factors such as cutting depth, cutting speed and tool characteristics. The main purpose of the study is to analyze the stress and strain distribution on the surface of materials such as steel, aluminum, and titanium. Using the finite element method (FEM), a number of data were obtained that make it possible to predict critical zones and improve the quality of processing. Using the SolidWorks program in the process of writing this article provides significant opportunities for optimizing technological processes. Based on the data obtained and the results of the conducted research, several methods of stress-strain control have been proposed to improve the quality of the treated surfaces and increase the productivity of the product. The results obtained in the article confirm the effectiveness of the finite element method for optimizing the technological processes of mechanical processing.

Keywords: mechanical processing, stress-strain state, software modeling, SolidWorks, finite element method, cutting, surface deformation

References

1. Alimov A. A. Napryazhonno-deformirovannoye sostoyaniye i kachestvo poverkhnostnogo sloya pri obrabotke rezaniyem / A. A. Alimov. - Moskva: Mashinostroyeniye, 2015. - 368 s.
2. Kovalenko V. M. Osnovy teorii rezaniya metallov / V. M. Kovalenko. - Moskva: Vysshaya shkola, 2019. - 312 s.
3. Kushnerov F. A. Issledovaniye ostatochnykh napryazheniy v poverkhnostnom sloye detaley posle mekhanicheskoy obrabotki / F. A. Kushnerov, G. I. Ivanov // Vestnik mashinostroyeniya. - 2020. - № 10. - S. 25–32.
4. Lyakhovitskiy F. M. Teoriya rezaniya metallov / F. M. Lyakhovitskiy. - Moskva: Mashinostroyeniye, 2021. - 424 s.
5. Pivkin A. N. Rol' ostatochnykh napryazheniy v povyshenii ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin / A. N. Pivkin, I. P. Sergeev // Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye. - 2022. - № 4. - S. 18-26.
6. Skuratov A. A. Analiz deformatsionnykh protsessov pri obrabotke metallov rezaniyem / A. A. Skuratov. - Sankt-Peterburg: Politehnika, 2020. - 289 s.
7. Tarasov B. S. Vliyaniye parametrov rezaniya na kachestvo obrabotannoy poverkhnosti / B. S. Tarasov, O. V. Smirnova // Tekhnologiya mashinostroyeniya. - 2019. - № 6
8. Chernov A. S. Sovremennyye metody analiza napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya poverkhnostey pri rezanii / A. S. Chernov. - Kazan': Izd-vo Kazanskogo universiteta, 2021. - 344 s.
9. Shishkin A. S. Ostatochnyye napryazheniya i ikh vliyaniye na dolgovechnost' detaley / A. S.

- Shishkin, Ye. V. Korolova // Metalloobrabotka. - 2021. - № 7. - S. 56-63.
10. Erdman Ye. G. Issledovaniye sil rezaniya i ikh vliyaniya na protsess obrabotki / Ye. G. Erdman, I. N. Zakharov. - Yekaterinburg: Ural'skiy universitet, 2018. - 298 s.
11. Shevchenko V. M., Belyayev S. YU. «Mekhanicheskaya obrabotka materialov», M: Mashinostroyeniye, 2019.
12. Chernyshev N. A. «Chislennyye metody v mekhanike materialov», Sankt-Peterburg: BKHV-Peterburg, 2020.
13. Glebov L.V., Sidorov P.N. «Nanomaterialy: struktura, svoystva, primeneniye». - M.: Nauka, 2018. - 432 s.
14. Bokov A.G. «Nanostrukturirovannyye metally i splavy: svoystva i tekhnologii». - SPb.: Politehnika, 2016. - 387 s.
- Oleynikov N.N. «Osnovy nanotekhnologiy i nanomaterialov». - Yekaterinburg: UrFU, 2020. - 298 s.

Авторлар туралы мәлімет:

Мырзалиев Дархан Сапарбайұлы - т.ғ.к., доцент, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КЕАҚ, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

Сейдуллаева Орынгул Бахытқызы - «Машинажасау» БББ бойынша докторант, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КЕАҚ, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

Абзалова Диларам Абдурасулқызы - т.ғ.к., доцент, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КЕАҚ, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

Рахымтай Нұрсая - «Машинажасау» БББ бойынша докторант, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КЕАҚ, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

Мырзалиев Дархан Сапарбаевич - к.т.н., доцент, факультет «Механика и нефтегазовое дело» НАО «Южно-Казахстанский исследовательский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

Сейдуллаева Орынгул Бахытовна - докторант по ОП «Машиностроение», факультет «Механика и нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский исследовательский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

Абзалова Диларам Абдурасуловна - к.т.н., доцент, факультет «Механика и нефтегазовое дело» НАО «Южно-Казахстанский исследовательский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

Рахымтай Нурсая - докторантка по ОП «Машиностроение», факультет «Механика и нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский исследовательский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

Myrzaliyev Darkhan Saparbaevich - candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Mechanics and Oil and Gas Engineering, NAO «M. Auezov South Kazakhstan Research University», Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan

Seidullayeva Oryngul Bakhytkyzy - Doctoral student in Mechanical Engineering, Faculty of Mechanics and Oil and Gas Engineering, NAO « M. Auezov South Kazakhstan Research University », Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan

Abzalova Dilaram Abdurasulovna - candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Mechanics and Oil and Gas Engineering, NAO «M. Auezov South Kazakhstan Research University», Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan

Rakhymtay Nursaya - Doctoral student in Mechanical Engineering, Faculty of Mechanics and Oil and Gas Engineering, NAO «M. Auezov South Kazakhstan Research University», Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).