

ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ КЕСУ НЕГІЗІНДЕ HARDOX МАРКАЛЫ БОЛАТТАРДАН ЖАСАЛҒАН ТЕТІКТЕРДІ ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

АНДАТПА

докторант Қуанов Иса Серікұлы 8D07105 – «Механикалық инженерия»
білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
дайындалған диссертациялық жұмысына

1. Жұмыстың өзектілігі.

Қазіргі таңда Қазақстан Республикасының машина жасау саласының дамуы жағдайында жоғары жүктемеде жұмыс істейтін және тозуға төзімділігі жоғары бөлшектерді дайындауда қолданылатын қиын өңделетін материалдарды тиімді өңдеу мәселесі ерекше маңызға ие болып отыр. Тау-кен, металлургия, құрылыс, көлік және қайта өңдеу өнеркәсіптерінің қарқынды дамуына байланысты жоғары беріктікке, қаттылыққа және тозуға төзімділікке ие материалдарға деген сұраныс артуда. Осындай материалдардың бірі – шведтік SSAB компаниясы шығаратын HARDOX маркалы болат. Бұл болат өзінің жоғары пайдалану қасиеттерінің арқасында өнеркәсіптің көптеген салаларында кеңінен қолданылады.

HARDOX болаттары экскаватор шөміштерін, карьерлік самосвал кузовтарын, ұсатқыш жабдықтарды, футеровкаларды, кескіш элементтерді, транспортерлерді, бункерлерді, жол-құрылыс техникасының элементтерін және абразивтік тозу жағдайында жұмыс істейтін басқа да жабдықтарды дайындауда пайдаланылады. HARDOX болатының негізгі артықшылықтары – жоғары қаттылық, соққы тұтқырлығы, механикалық тозуға төзімділігі және ұзақ қызмет ету мерзімі. Алайда дәл осы қасиеттер материалды механикалық өңдеу процесін күрделендіреді.

HARDOX болатын дәстүрлі кесу әдістерімен өңдеу кезінде кескіш құралдың қарқынды тозуы, кесу аймағында жоғары температураның пайда болуы, өңделген беттің сапасының төмендеуі және өндіріс шығындарының артуы байқалады. Әсіресе бұл мәселелер фрезерлеу және кесу операцияларында айқын көрінеді.

Отандық және шетелдік ғылыми зерттеулерді талдау көрсеткендей, қазіргі қолданыстағы HARDOX өңдеу технологиялары негізінен қымбат импорттық құралдарды, арнайы қатты қорытпаларды, плазмалық, лазерлік немесе гидроабразивтік өңдеу әдістерін қолдануға негізделген. Алайда мұндай технологиялар қымбат жабдықтарды және жоғары эксплуатациялық шығындарды талап етеді. Сондықтан отандық машина жасау өндірісі үшін тиімді әрі үнемді өңдеу тәсілдерін әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Перспективалы бағыттардың бірі – жоғары жылдамдықтағы құрал мен дайындама арасындағы үйкеліс нәтижесінде жергілікті қыздыруға негізделген термофрикциялық кесу әдісі болып табылады. Термофрикциялық әсерді қолдану кесу кедергісін азайтып, құралға түсетін күштік жүктемені төмендетуге және өңдеу өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Әсіресе импульстік салқындатумен термофрикциялық фрезерлеу технологиясы «құрал–дайындама» жанасу аймағындағы температуралық және деформациялық процестерді локализациялауға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты термофрикциялық кесу негізінде HARDOX маркалы болаттан жасалған бөлшектерді өңдеу технологиясын әзірлеу маңызды ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

2. Зерттеу нысандары. HARDOX 450 маркалы болатты импульстік салқындатумен термофрикциялық кесу арқылы механикалық өңдеу процестері.

3. Зерттеудің мақсаты. Импульстік салқындатумен термофрикциялық кесу негізінде HARDOX маркалы болаттан жасалған бөлшектерді өңдеу технологиясын әзірлеу және оның тиімділігін анықтау.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- HARDOX болатын өңдеудің қолданыстағы технологияларын талдау;
- қиын өңделетін материалдарды термофрикциялық өңдеу тәсілдерін зерттеу;
- импульстік салқындатумен HARDOX 450 өңдеуге арналған арнайы фрикциялық фреза конструкциясын әзірлеу;
- термофрикциялық фрезерлеу процесіне эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- кесу режимдерінің өңделген беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығына әсерін анықтау;
- өңделген беттің сапасын бағалау үшін математикалық модельдер әзірлеу;
- ANSYS WB және DEFORM-3D бағдарламалары көмегімен жылулық процестерді модельдеу;
- ұсынылған технологияның экономикалық тиімділігін анықтау.

4. Зерттеудің әдістері мен әдістемелері. Диссертациялық жұмысты орындау барысында:

- ғылыми-техникалық әдебиеттерді талдау әдістері;
- эксперименттік зерттеу әдістері;
- математикалық статистика және регрессиялық талдау әдістері;
- металлографиялық зерттеу әдістері;
- беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығын өлшеу әдістері;
- соңғы элементтер әдісіне негізделген компьютерлік модельдеу;
- ANSYS Workbench, DEFORM-3D және STATISTICA 10 бағдарламалық кешендері қолданылды.

5. Зерттеудің ғылыми жаңалығы. Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- HARDOX болатын импульстік салқындатумен термофрикциялық өңдеудің жаңа тәсілі әзірленді;
- HARDOX 450 өңдеуге арналған арнайы фрикциялық фреза конструкциясы жасалды;
- кесу режимдерінің өңделген беттің сапасына әсер ету заңдылықтары анықталды;
- өңделген беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығын бағалауға арналған математикалық тәуелділіктер алынды;
- кесу режимдерін таңдауға арналған номограмма жасалды;
- алғаш рет ANSYS WB және DEFORM-3D бағдарламалары көмегімен термофрикциялық фрезерлеу кезіндегі температуралық-деформациялық күй модельденді;
- кесу аймағындағы температура HARDOX 450 болатының рекристаллизация температурасынан аспайтыны анықталды.

6. Қолдану аймағы. HARDOX болатынан жасалған бөлшектерді термофрикциялық өңдеудің әзірленген технологиясы машина жасау, тау-кен өндіру, металлургия, жөндеу-механикалық және металл өңдеу кәсіпорындарында, қарқынды абразивтік тозу мен соққылық жүктемелер жағдайында жұмыс істейтін бөлшектерді дайындау және қалпына келтіру жұмыстарында қолданылуы мүмкін.

7. Зерттеудің тәжірибелік құндылығы.

Практикалық маңыздылығы:

- HARDOX болатын өңдеудің тиімді технологиясы әзірленді;
- арнайы фрикциялық фрезалар конструкциясы жасалды;
- кескіш құралдың тозуы төмендетілді;
- механикалық өңдеу өнімділігі арттырылды;
- бөлшектерді дайындау өзіндік құны төмендетілді;
- технологияны Қазақстан Республикасының машина жасау кәсіпорындарында енгізу мүмкіндігі дәлелденді.

Ұсынылған технология ТОО «Steel Manufacturing» және ООО «Нестандартные машиностроительные изделия» кәсіпорындарында өндірістік жағдайда енгізілді.

8. Автордың жеке үлесі. Зерттеу міндеттерін қоюдан және зерттеу әдістемесін әзірлеуден; үйкеліс фрезалары мен кесу дискілерінің, сондай-ақ технологиялық және аспаптық жабдықтардың арнайы конструкцияларын әзірлеу мен дайындаудан; өңдеудің оңтайлы режимдерін анықтаудан; импульстік салқындатумен термофрикциялық фрезерлеу, импульстік салқындатумен термофрикциялық кесіп бөлу, сондай-ақ HARDOX болатында ашық және жабық шпонкалық ойықтарды термофрикциялық өңдеу бойынша эксперименттік зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізуден тұрады.

9. Жұмыстың апробациясы. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері:

- «Сағынов оқулары» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Қарағанды, 2021);
- «Сейфуллин оқулары» халықаралық конференцияларында (Астана, 2021–2022);
- кафедра отырыстарында;
- өндірістік кәсіпорындардың техникалық кеңестерінде баяндалып, талқыланды.

10. Ғылыми басылымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 12 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде:

- Scopus және Clarivate базаларына кіретін халықаралық журналдарда 2 мақала;
- ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақала;
- халықаралық конференциялар материалдарында 5 баяндама;
- Қазақстан Республикасының 2 пайдалы модель патенті;
- авторлық құқық туралы куәлік алынды.

11. Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жұмыс 119 беттен, 66 суреттен, 18 кестеден және 110 әдебиет көзінен тұрады.

12. Диссертациялық жұмыстың қорытындылары:

Диссертациялық жұмысты орындау барысында HARDOX болатынан жасалған бөлшектерді механикалық өңдеудің өзекті мәселесін шешуге бағытталған кешенді ғылыми зерттеулер жүргізіліп, келесі нәтижелер алынды:

• Импульстік салқындатумен термофрикциялық кесуге негізделген HARDOX болатынан жасалған бөлшектерді өңдеудің жаңа тәсілі әзірленді. Бұл тәсіл кесуге кедергіні азайтуды, құралға түсетін жылулық жүктемені төмендетуді және қиын өңделетін материалдарды өңдеу тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

- HARDOX болатынан жасалған бөлшектерді термофрикциялық өңдеу

процесін жүзеге асыруға қажетті арнайы термофрикциялық құралдар, технологиялық және құралдық жабдықтар әзірленіп, дайындалды. Ұсынылған конструкциялар кесу процесінің тұрақтылығын және қаттылығы жоғары материалдарды өңдеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

- Эксперименттік түрде термофрикциялық фрезерлеу кезінде өңделген беттің кедір-бұдырлығының келесі диапазонда қамтамасыз етілетіні анықталды:

$$Ra=1,0-7,5 \text{ мкм}$$

бұл кедір-бұдырлықтың 5–7 кластарына сәйкес келеді.

- Сонымен қатар, өңдеу процесінде HARDOX 450 болатының бастапқы қаттылығы төмендемейтіні, ал кесу режимдерін өзгерту арқылы өңделген беттің қаттылығын қажетті шектерде басқаруға мүмкіндік бар екені анықталды.

- Эксперименттік түрде келесі мүмкіндіктер дәлелденді:

- о HARDOX болатынан жасалған бөлшектерді өңдеу үшін аспаптық емес материалдардан (HARDOX 450 болаты, Болат 20, СЧ15) дайындалған кескіш құралдарды қолдана отырып, термофрикциялық кесу тәсілін пайдалану;

- о әртүрлі технологиялық операцияларды орындау, атап айтқанда:

- шеткі фрезерлеу;
- дайындамаларды кесу;
- ашық және жабық шпонкалық ойықтарды өңдеу.

- Импульстік салқындатумен термофрикциялық фрезерлеуден кейінгі өңделген беттің сапа көрсеткіштерін бағалауға арналған математикалық теңдеулер алынып, өңделген беттің оңтайлы кедір-бұдырлығы мен қаттылық мәндерін қамтамасыз ететін кесу режимдерін таңдау номограммасы құрылды.

- ANSYS WB және DEFORM-3D бағдарламалық кешендерін пайдалана отырып, импульстік салқындатумен HARDOX 450 болатын термофрикциялық фрезерлеу кезіндегі кесу аймағындағы жылулық процесті модельдеу нәтижесінде кесу аймағының жанасуасты қабатындағы температура HARDOX 450 болатының қайта кристалдану температурасынан аспайтыны анықталды:

$$T_{рек} \approx 600^{\circ}\text{C}$$

Бұл материалдың пайдалану қасиеттерінің сақталуын және беткі қабат құрылымының өзгеруін болдырмауды қамтамасыз етеді.

- Зерттеу нәтижелері Steel Manufacturing және «Нестандартные машиностроительные изделия» ЖШҚ-да (Саратов қ., Ресей) өндіріске енгізілді. Әзірленген құрал - үйкеліс фрезасын қолданудан алынатын жылдық экономикалық тиімділік:

$$6711282,48 \text{ теңге}$$

- Әзірленген технология механикалық өңдеу өнімділігін арттыруға, құрал тозуын азайтуға, бөлшектерді дайындау өзіндік құнын төмендетуге және машина жасау кәсіпорындары жағдайында қиын өңделетін материалдарды өңдеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

- Алынған нәтижелер ғылыми жаңалыққа, практикалық маңыздылыққа ие және жоғары берік әрі тозуға төзімді материалдарды өңдеудің жоғары тиімді технологияларын әрі қарай әзірлеу барысында қолданылуы мүмкін.