

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу Ванієва Ельдара Рустемовича “Зміцнюючи дія МОТС при фрезеруванні сталей аустенітного класу” яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

### **1. Оцінка актуальності теми дисертації**

Дисертаційна робота виконана в Республіканському вищому навчальному закладі (РВНЗ) «Кримський інженерно-педагогічний університет» на кафедрі технології машинобудування і присвячена дослідженню впливу різних технологічних середовищ, в т. ч. рослинних олій, на зміцнення поверхневих шарів інструменту в процесі припрацювання та стійкість зміцненого інструменту при його подальшій експлуатації.

Відомі наукові дослідження, метою яких є підвищення ефективності механічної обробки за рахунок підвищення технологічної стійкості інструменту, як одного із елементів технологічної системи. Одним із способів вирішення поставленої мети є використання мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (МОТС). Вплив МОТС на перебіг процесів в зоні різання є значним і достатньо складним. За рахунок змащувальної та охолоджуючої дії знижується рівень енергії процесу, за рахунок високих градієнтів температур стимулюються структурні перетворення в поверхневих шарах інструменту і заготовки, знижується інтенсивність адгезійних та дифузійних процесів на контактуючих поверхнях.

Дослідженнями процесів неперервного різання з використанням МОТС встановлено ефект зміцнення поверхонь різальної частини інструменту із швидкорізальної сталі, що контактиують з оброблюваним матеріалом заготовки. Але значне місце в процесах механічної обробки займає переривчасте різання, зокрема фрезерування. На даний час можливості використання зміцнюючої дії МОТС в умовах переривчастого різання для підвищення працездатності різального інструменту досліджені недостатньо.

Особливого загострення проблема інтенсифікації процесу різання набуває при обробці важкооброблюваних матеріалів, до яких належать також сталі аустенітного класу. Сталі аустенітного класу відносяться до групи жароміцних, жаростійких і корозійностійких сталей та сплавів, які характеризуються значно гіршою, порівняно із сталлю 45, оброблюваністю, що зумовлена їх нижчою теплопровідністю, здатністю зберігати початкові механічні властивості при підвищених температурах, вищою стираючою

здатністю та інших. Вивчення впливу МОТС, зокрема на основі олій рослинного походження, на характеристики процесу різання аустенітних сталей потребує додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

Таким чином, дослідження зміцнюючого впливу МОТС на інструмент в умовах переривчастого різання важкооброблюваних сталей аустенітного класу забезпечують вирішення актуальних задач підвищення ефективності механічної обробки і направлені на подальший розвиток теорії різання.

## **2. Оцінка наукової новизни одержаних результатів.**

Мета дисертаційної роботи Ванієва Е.Р. полягає у підвищенні працездатності швидкорізальних фрез за рахунок зміцнення контактних поверхонь інструменту в результаті оптимального підбору виду МОТС, способу його подачі в зону різання, режимів припрацювання і робочих режимів при фрезеруванні заготовок із сталей аустенітного класу. При реалізації поставленої мети автором отримані нові наукові і практичні результати стосовно дослідження механізмів зміцнення контактних поверхонь різальної частини швидкорізальних фрез в процесі обробки сталі 12Х18Н10Т аустенітного класу в середовищі різних МОТС.

Наукова новизна полягає в тому, що:

- вперше на основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що при фрезеруванні сталі аустенітного класу 12Х18Н10Т в процесі припрацювання зміцнення контактних поверхонь фрез супроводжується зменшенням складових сили різання в залежності від виду МОТС і режимів припрацювання, при цьому критерій припрацювання (ширина фаски зносу на задній поверхні) для кожного середовища має постійне значення і не залежить від режимів припрацювання;
- вперше з використанням методики евристичної самоорганізації на основі експериментальних даних отримані моделі, на підставі яких визначено умови підвищення працездатності швидкорізальних фрез за рахунок вторинного зміцнення контактних поверхонь інструменту в процесі механічної обробки сталі 12Х18Н10Т аустенітного класу в середовищі різних МОТС з використанням технології мінімального змащування;
- результатами моделювання і експериментальних досліджень підтверджено вплив на стійкість інструменту і шорсткість обробленої поверхні умов припрацювання і режимів різання. Зокрема встановлено, що максимальне підвищення стійкості досягається при мінімальних подачах і глибині різання незалежно від середовища, швидкість припрацювання для забезпечення максимальної стійкості залежить від використованого середовища, ефективність використання технологічних середовищ різна і залежить від режимів різання;
- вперше встановлено, що в середовищі рицинової олії на контактних поверхнях утворюється багатошарова композиційна структура, яка

складається з верхнього розрихленого та нижнього ущільненого шару підвищеної твердості.

### **3.Практична цінність роботи**

Практичне значення представленої дисертаційної роботи полягає в наступному:

- встановлені умови ефективного використання сухого різання, змащувально-охолоджуючої рідини МР-99, мінеральної оліви І-20А, ріпакової та рицинової олій рослинного походження, які забезпечують підвищення працездатності швидкорізальних фрез при обробці сталі 12Х18Н10Т, яка є типовим представником сталей і сплавів аустенітного класу;

- розроблені практичні рекомендації з вибору оптимальних режимів різання в процесі припрацювання інструменту при фрезеруванні сталей аустенітного класу в присутності різних МОТС;

Розроблені рекомендації прийняті до використання на ПАТ «Пневматика» (м. Сімферополь). Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі РВНЗ «Кримський інженерно-педагогічний університет».

### **4. Апробація дисертації та її відповідність планам наукових досліджень**

Результати проведених в дисертації досліджень доповідались на 4-х всеукраїнських і 2-х міжнародних науково-технічних конференціях. Матеріали дисертаційної роботи були розглянуті і схвалені засіданнях кафедри технології машинобудування РВНЗ «Кримський інженерно-педагогічний університет» та кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Роботу виконано в Республіканському вищому навчальному закладі «Кримський інженерно-педагогічний університет» (м. Сімферополь) в рамках теми «Розробка ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій механічної обробки матеріалів» (номер державної реєстрації 0109U001098).

### **5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації**

Проведені в дисертаційній роботі Ванієва Е.Р. теоретичні та експериментальні дослідження впливу мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ на стан контактних поверхонь різальної частини

швидкорізального інструменту при фрезеруванні сталей аустенітного класу є системними, виконувались на спеціально створеному комп'ютеризованому дослідному стенді з використанням інших сучасних вимірювальних та дослідницьких засобів. Отримані теоретичні наукові результати базуються на основних положеннях теорії різання і враховують існуючий досвід досліджень зміцнюючої дії МОТС при обробці металів різанням. При формуванні планів експериментальних досліджень, оцінюванні достовірності результатів експерименту і побудові емпіричних моделей використовувались відомі методики статистичної обробки експериментальних даних та математичної теорії експерименту.

Таким чином, основні наукові положення, рекомендації та допущення, що сформульовані в дисертаційній роботі, що опонується, є коректними і в достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом та експериментальними дослідженнями, що дає можливість вважати їх достовірними.

## **6. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та представлення результатів роботи в наукових друкованих виданнях**

Автореферат у повній мірі відображає структуру дисертаційної роботи та за своїм змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату відповідає вимогам Атестаційної колегії МОН України.

Результати дисертаційної роботи висвітлені в 19-ти друкованих працях, з них 13 статей (2 одноосібні) у фахових виданнях, 1 патент України. Одна публікація в наукометричному збірнику («Вісник СевНТУ» індексується Google Scholar).

## **7. Загальна структура та зміст дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається із вступу, основної частини, висновків, списку використаних джерел із 109 найменувань, додатків на 14 сторінках. Основна частина роботи об'ємом 141 сторінка містить 8 таблиць і 52 рисунки. В додатках приведено акт впровадження результатів роботи і результати експериментальних досліджень. Повний обсяг дисертації складає 171 сторінку.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, визначено мету і задачі дослідження, наведено загальну характеристику роботи, а також зазначено наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів.

У *першому розділі* на основі аналітичного аналізу відомих літературних джерел автор розкриває проблеми використання МОТС при механічній обробці сталей аустенітного класу. Наведено аналіз впливів МОТС на процес різання, аналіз способів подачі МОТС в зону різання, аналіз особливостей фізико-хімічних явищ, що супроводжують процес

різання в присутності МОТС, в системі механічної обробки. Автором проаналізовані роботи представників закордонних і вітчизняних шкіл, що проводять дослідження в даному напрямі, на основі чого сформульовано висновок, що проблема ефективного використання МОТС за умов переривчастого різання вивчена недостатньо і потребує додаткових досліджень. Встановлено також перспективність впровадження в металообробці МОТС на основі рослинних олій з використанням технології мінімального змащування.

На завершення розділу автором сформульовані мета дисертаційної роботи і задачі, які потребують вирішення в процесі досліджень.

*У другому розділі* викладено програму і методику проведення експериментальних досліджень впливу різних МОТС на процес припрацювання інструменту і його стійкість після припрацювання. Програма експериментальних досліджень передбачає експериментальні дослідження адгезійної складової коефіцієнту тертя між інструментальним матеріалом і матеріалом заготовки в присутності різних МОТС та дослідження впливу технологічних параметрів механічної обробки на стійкість швидкорізального інструменту при фрезеруванні сталі 12Х18Н10Т, що відноситься до сталей аустенітного класу.

Розроблені методики включають в себе вибір методу моделювання, вибір факторів моделювання і діапазонів їх варіації, статистичні плани експериментів, опис експериментальних установок. Дослідження адгезійної складової коефіцієнту тертя проводились за методикою і на обладнанні кафедри технології машинобудування Сумського державного університету методом вдавлювання сферичного індентора.

За результатами досліджень встановлені значення коефіцієнтів тертя для різних видів МОТС і обґрунтовано їх використання в дослідженнях впливу МОТС на параметри процесу фрезерування аустенітних сталей, для проведення яких був створений випробувальний стенд на базі універсального фрезерного верстата моделі 6Б75ВФ1, який включає в себе комп'ютеризовану вимірювальну систему дослідження сил різання за допомогою багатокомпонентного динамометра ДОСМ-3-1 і мікроскоп моделі МБС-1 для контролю величини фаски зношування на задній поверхні. Для вимірювання шорсткості обробленої поверхні використовувався портативний профілометр моделі TR20 виробництва Time Group Inc.

*Третій розділ* присвячений моделюванню основних характеристик процесу фрезерування заготовок із сталі 12Х18Н10Т двохзубими швидкорізальними фрезами в присутності різних технологічних середовищ. В якості досліджуваних параметрів вибрані: стійкість інструменту до і після його припрацювання, технологічні складові зусилля різання, шорсткість обробленої поверхні. В якості факторів моделювання приймаються: швидкість різання на етапі припрацювання, швидкість різання робоча,

подача на зуб, глибина різання і адгезійна складова коефіцієнту тертя (на першому етапі моделювання). Для побудови емпіричних моделей використовується один із алгоритмів евристичного аналізу — спрощений модифікований алгоритм МГВА (метод групового врахування аргументів). Евристичний пошук оптимальних моделей здійснювався в логарифмічному просторі для вихідних функцій і в лінійному та логарифмічному просторах вхідних факторів. Такий підхід дозволив отримати адекватні математичні моделі на основі обмеженої кількості експериментальних даних.

За результатами експерименту встановлено, що закінчення формування вторинних змінених шарів характеризується зниженням горизонтальної складової сили різання і відповідає деякому визначеному значенню величини фаски зношення на задній поверхні зуба, яке залежить від виду технологічного середовища. Зроблено також висновок, що адгезійна складова коефіцієнту тертя не може служити узагальненою характеристикою МОТС.

**В четвертому розділі** наведені результати другого етапу досліджень впливу режимів різання на стійкість інструменту, шорсткість обробленої поверхні і силові характеристики процесу припрацювання фрези окремо для кожного технологічного середовища. Дослідження проводились для сухої обробки і в присутності МОТС, зокрема охолоджуючої рідини МР-99, мінеральної оліви І-20А, рицинової та ріпакової рослинних олій. Подача середовищ здійснювалась методом мінімального змащування.

За результатами комплексних модельних досліджень встановлено ступінь впливу технологічних середовищ і режимів припрацювання інструменту на його стійкість, шорсткість обробленої поверхні і зусиль різання, визначені рекомендовані режими припрацювання для різних середовищ.

**В п'ятому розділі** приводяться результати лабораторно-промислової перевірки синтезованих за допомогою спрощеного алгоритму МГВА моделей з метою розробки рекомендацій з ефективного їх практичного застосування. Відзначається особливий вплив рицинової олії, порівняно з іншими МОТС, на стан контактних шарів інструменту після припрацювання. В процесі металографічних досліджень виявлено багатошарову структуру поверхні різальної частини після змінення. За результатами аналізу змін стійкості і горизонтальної складової визначені рекомендовані значення швидкості різання при припрацюванні. Порівняльний аналіз результатів промислових випробувань припрацювання і шорсткості обробленої поверхні з розрахунковими значеннями, які отримані на основі розроблених математичних моделей, підтверджує адекватність останніх досліджуваному процесу. Це дозволяє за запропонованими емпіричними моделями надавати рекомендації з призначення режимів обробки.

**В додатках** представлено плани та результати експериментів і акти впровадження окремих результатів дисертаційної роботи у виробництво та навчальний процес.

## 8. Зауваження до дисертації

1. В дисертаційній роботі, яка робить свій внесок в розвиток теорії різання і досліджує деякі особливості взаємодії інструментального і оброблюваного матеріалів в процесі різання при фрезеруванні, більш доцільним було б перейти від технологічних параметрів  $t, s_z$  і складових сили різання  $P_v, P_y, P_h$  до системи складових  $P_x(\tau), P_y(\tau), P_z(\tau)$  і товщини зрізу  $a(\tau)$  ( $\tau$  — час), яка прив'язана до кінематики різання і більш адекватно відтворює ті явища, що відбуваються в зоні стружкоутворення.

2. При фрезеруванні двохзубою фрезою сила різання має явно виражений імпульсний характер і її миттєве значення корелюється із товщиною зрізу. В роботі не уточнено який саме алгоритм використовувався для вибору числових значень сили різання, що вказані в таблицях.

3. Динамометр, який використовується для досліджень силових характеристик процесу фрезерування, являється додатковим пружним елементом, що суттєво знижує жорсткість технологічної системи в цілому і може мати негативний вплив на якість обробленої поверхні.

4. Для дослідження впливу технологічного середовища на якість обробленої поверхні більш доцільним вважаю вимірювання шорсткості в поперечному до подачі напрямі, оскільки в поздовжньому напрямі вносяться додаткові похибки зумовлені дискретністю процесу різання при фрезеруванні.

5. Результати вимірювань адгезійної складової коефіцієнту тертя за методикою СумДУ викликають сумнів, оскільки відповідно до діаграми рис. 2.4 в стані спокою під дією нормальної сили в ортогональній площині виникає крутний момент. Це вказує на недосконалість конструкції динамометра.

6. За текстом дисертації зустрічаються описки, зокрема декілька разів «статистичні плани» називаються «статичними планами».

Наведені вище зауваження не знижують якості досліджень та наукової цінності висновків і не впливають на основні теоретичні та практичні результати роботи.

## 9. Заключна оцінка дисертаційної роботи

Враховуючи вище зазначене, вважаю, що дисертаційна робота Ванієва Е.Р. на тему «Зміцнююча дія МОТС при фрезеруванні сталей аустенітного класу» є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу науково-

технічну задачу і отримані нові наукові теоретичні та експериментальні результати. За актуальністю, новизною, практичною цінністю та за об'ємом публікацій дисертаційна робота відповідає вимогам, що встановлені Атестаційною колегією МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор Ванієв Ельдар Рустемович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.03.01 — процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент  
завідувач кафедри комп’ютеризованого  
машинобудівного виробництва  
Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу

В.Г. Панчук