

БІЛЯВСЬКИЙ М.Л., Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО НОЖА ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ З ПОПЕРЕДНІМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

В роботі розроблена феноменологічна модель впливу попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента та запропонований шлях підвищення продуктивності такої обробки.

В работе разработана феноменологическая модель влияния предварительного пластического деформирования на износ режущего инструмента и предложен путь повышения продуктивности такой обработки.

The phenomenological model of influence of plastic prestrain is in-process worked out on the wear of toolpiece and the way of increase of the productivity of such treatment is offered.

Актуальність проблеми. Для стійкого розвитку сучасної техніки особливий інтерес представляють ресурсозберігаючі технології виготовлення деталей машин та механізмів, в тому числі технологія різання з попереднім пластичним деформуванням.

Питанням розробки технологічного методу різання з попереднім пластичним деформуванням присвячені роботи Подураєва В.М., Ярославцева В.М., Полянчикова Ю.М., Амбросімова С.К., Резанова А.І., Наумова Б.І., Усачьова Я.Г., Кодрика А.І., Крайнєва Д.В., Меламеда В.І., Давидюка В.І., Посвятенка Е.К. та інших [1-5]. Причому, переважна більшість теоретичних та експериментальних досліджень забезпечення якості обробки поверхонь стосується операцій точіння, протягування та стругання, а технологічні методи комбінованої обробки плоских поверхонь, що поєднують торцеве фрезерування з попереднім поверхневим пластичним деформуванням не були достатньо вивчені та поширені.

На протязі останніх десятиліть спостерігається тенденція неухильного збільшення питомої ваги чистового торцевого фрезерування в загальній структурі технологічних операцій механічної обробки плоских поверхонь, що обумовлено зменшенням припуску на чорнову та напівчистову обробку внаслідок впровадження ресурсозберігаючих технологій заготівельного виробництва, ускладненням конструкцій деталей та підвищенням техноло-

гічних вимог до них, застосуванням нових марок конструкційних сталей з низькою оброблюваністю різанням.

Аналіз публікацій. Потенціал наукових досягнень всесвітньо відомих вчених Новікова М.В., Мельничука П.П., Розенберга О.О., Клименка С.А., Лоева В.Ю. [6-18] та інших в області технологічного забезпечення якості обробки плоских поверхонь залізовуглецевих сплавів торцевим фрезеруванням інструментом, оснащеним надтвердими матеріалами, свідчить про пошук шляхів підвищення ефективності обробки сталей з аустенітною структурою та відхід від дискретних методів обробки і сполучення в одній операції різання та поверхневого пластичного деформування. В оглядових роботах [7,9,10] ставиться задача: пошук, вдосконалення та розробка способів підвищення стійкості різальних ножів чистових торцевих фрез в тому числі, в умовах високошвидкісного різання.

Мета досліджень. Враховуючи вищенаведене, метою роботи є дослідження можливості застосування технології різання з попереднім пластичним деформуванням для підвищення стійкості ножів чистових торцевих фрез та використання такого комбінованого інструмента в умовах високошвидкісної обробки.

Виклад основної частини. Рішення задачі підвищення стійкості різальних ножів торцевих фрез дозволить вирішити безпосередньо задачу технологічного забезпечення якості оброблених плоских поверхонь та продуктивності фінішної операції при мінімальній собівартості технології. Така задача є достатньо актуальна для машинобудівних підприємств, які працюють в ринкових умовах.

В якості оцінки зносу різального інструмента був прийнятий параметр інтенсивності накопичення залишкових напружень, який розраховується по залежності:

$$I = \frac{h_3}{\Delta t_p} = \left(\frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot K_m \cdot (L \cdot S), \quad (1)$$

де I - інтенсивність накопичення залишкових напружень, м/хв; h_3 - знос різального інструмента по задній поверхні; K_i - коефіцієнт опору інструментального матеріалу; m - показник степені, який характеризує накопичення пошкоджень і є функцією процесу різання $m = f(V, S, t, P)$; L - довжина оброблюваної поверхні; S – подача інструмента; K_m - коефіцієнт, який відображає властивості оброблюваного матеріалу та розраховується по залежності:

$$K_M = \frac{\sigma_m}{\sigma_M}, \quad (2)$$

де σ_m, σ_M – відповідно межа текучості та міцності оброблюваного матеріалу.

Після попереднього пластичного деформування, як було розглянуто раніше [14], вдається збільшити межу міцності оброблюваного матеріалу на величину:

$$\sigma_M = 3 \cdot HB = \frac{3 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}}{0,013 \cdot R_d^2}, \quad (3)$$

де HB – твердість поверхневого шару після попереднього пластичного деформування; $\sum_1^{m_d} R_{di}$ – сумарне значення діючих сили попереднього пластичного деформування в залежності від кількості деформівних елементів m_d ; R_d – радіус деформівного елемента. Отже, з врахуванням залежностей (2-3) математична модель (1) може бути представлена у вигляді:

$$I = \frac{h_3}{\Delta t_p} = \left(\frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot \frac{\sigma_m}{0,039 \cdot R_d^2 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}} \cdot (L \cdot S), \quad (4)$$

З математичної моделі (4) видно, що збільшення сили попереднього пластичного деформування призводить до зменшення інтенсивності накопичення залишкових напружень. Це дає підставити висунути гіпотезу про допустимість збільшення швидкості різання без втрати працездатності різального інструменту. Проте, при збільшенні швидкості різання, в процесі торцевого фрезерування, виникають імпульсні удари різального ножа в момент входу в контакт із заготовкою (рис. 3), що призводить до втрати працездатності.

На підставі отриманої математичної моделі (4) та встановлених раніше умов перебігу технології різання з попереднім пластичним деформуванням [19] можливо сформулювати феноменологічну модель (рис.1).

Таким чином, отримана феноменологічна модель інтенсивності накопичення залишкових напружень різального інструмента при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням на операції торцевого фрезерування.

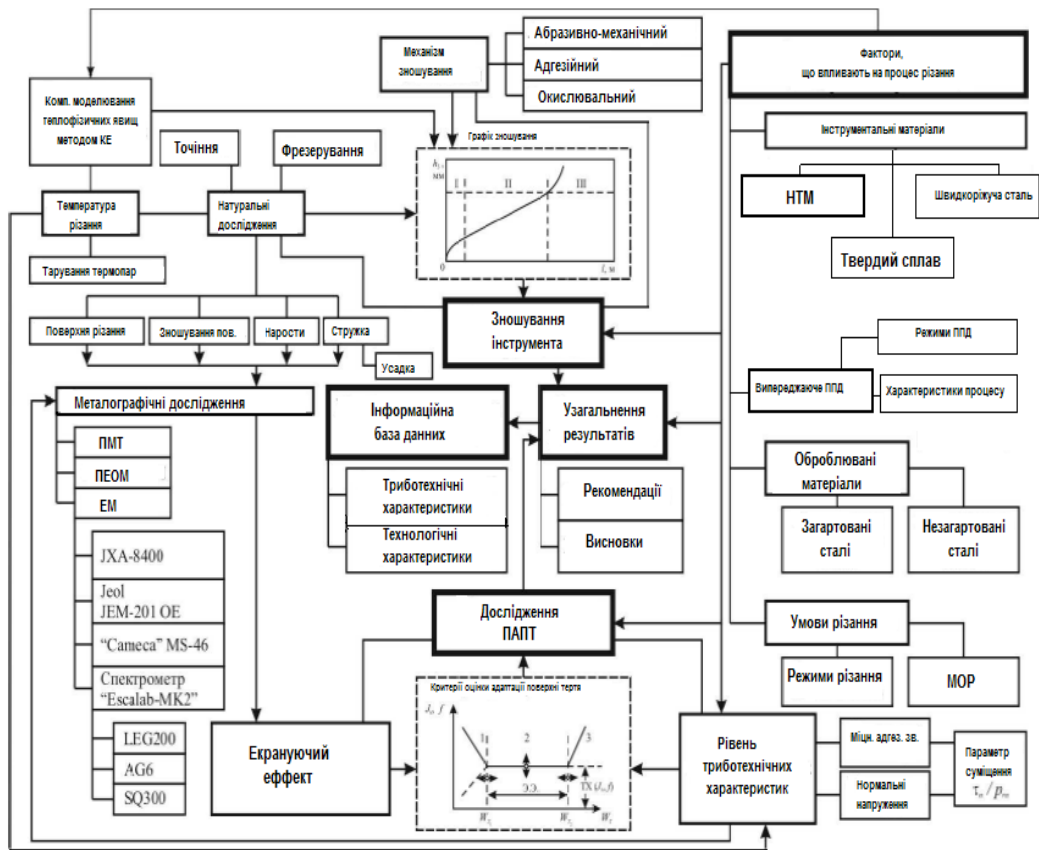


Рисунок 1 – Феноменологічна модель впливу попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента

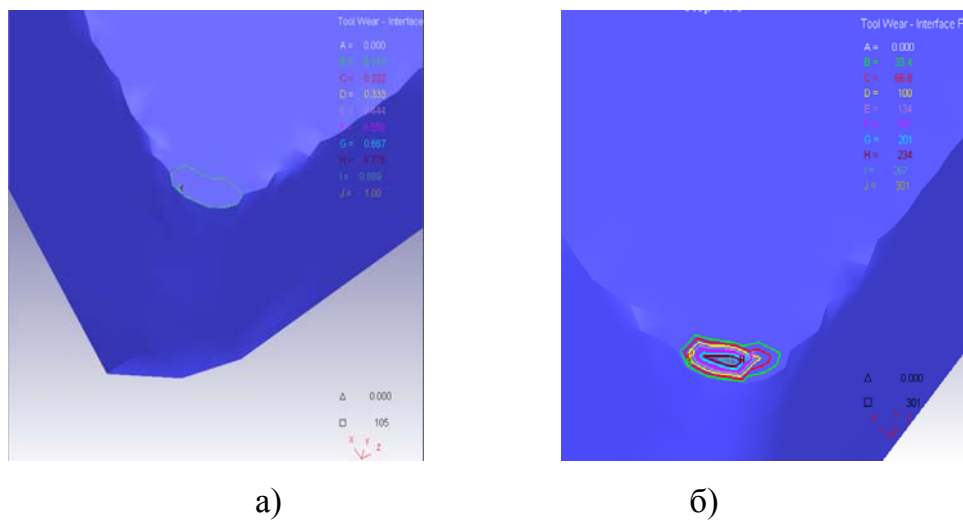


Рисунок 2 – Результати імітаційного моделювання, в системі Deform, інтенсивності накопичення та розподілення залишкових напружень різального інструмента (а – традиційне торцеве фрезерування; б – торцеве фрезерування з попереднім пластичним деформуванням)

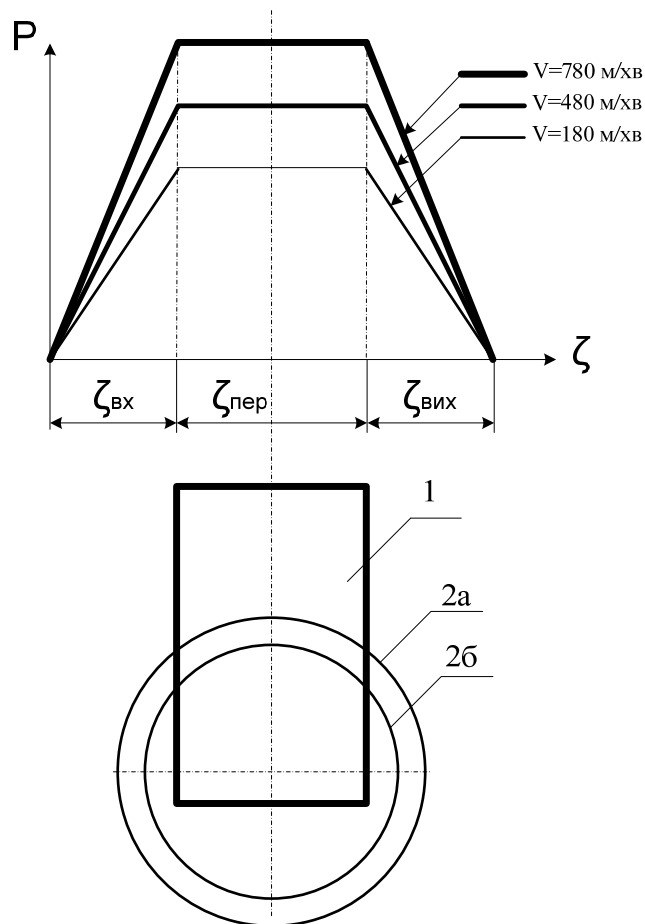


Рисунок 3 – Схема формування імпульсу сили різання P в період часу ζ при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням оброблюваної плоскої поверхні 1 деформівними 2а та різальними 2б елементами

Враховуючи стрімкий ріст форми імпульсу сили різання P (рис. 3) при збільшенні швидкості різання, задачу мінімізації значення P можливо вирішити шляхом використання різальних ножів з перемінною жорсткістю в напрямку, який співпадає з вектором руху ножа, як представлено нижче.

Таким чином, представлений механізм (рис. 4) дозволяє зменшити імпульс сили різання, що дає можливість підвищити стійкість різального інструмента та продуктивність фінішної операції в цілому.

Висновки.

Розроблена феноменологічна модель дозволила встановити, що процес зношування різального інструмента при торцевому фрезеруванні з попереднім пластичним деформуванням включає взаємопов'язані між собою складні термосилові процеси. Всі ці взаємодії характеризують перебудову мікро- та макроструктури в граничних шарах контакту інструмента та оброблюваного матеріалу. Тому процес зносу необхідно представляти як

процес встановлення деякого стаціонарного стану взаємодій, які проходять достатньо повільно. Так як процес зносу є переважно дисипативним, то перехід до стаціонарного стану необхідно описати в класі експоненціальних функцій.

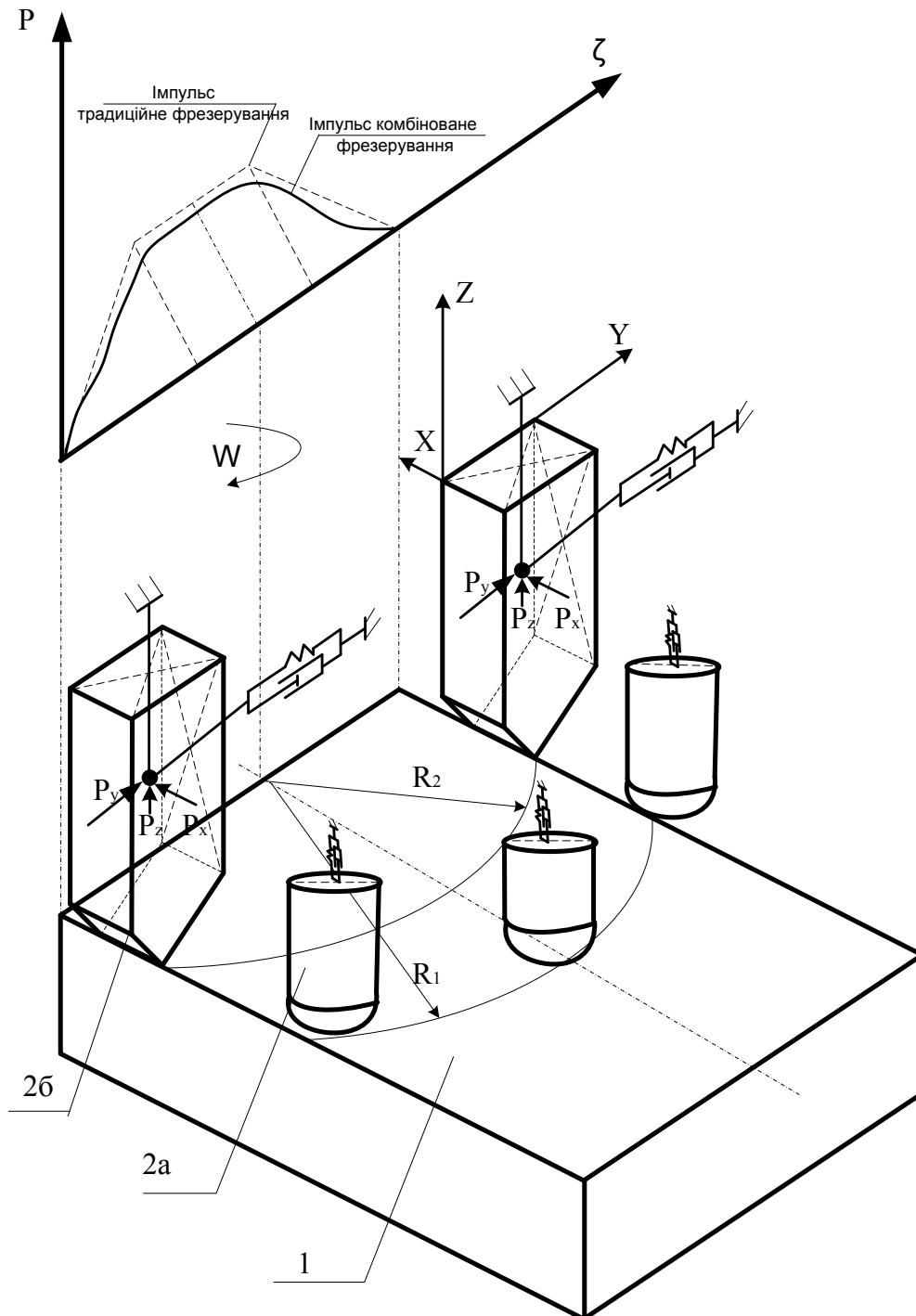


Рисунок 4 – Механізм формування імпульсу сили різання при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням

В ході теоретичних досліджень було показано, що реалізація технології різання з попереднім пластичним деформуванням дає можливість підвищити працездатність фінішної операції шляхом збільшення швидкості різання без суттєвої втрати працездатності різального інструмента.

Встановлено, що при збільшенні швидкості різання збільшується імпульс удару різального ножа торцевої фрези в момент входу в контакт з оброблюваною заготовкою. З метою мінімізації такого явища запропоновано проектувати різальний ніж та його оснастку з перемінною жорсткістю.

Розроблена феноменологічна модель дає можливість оцінити вплив попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента та врахувати його механізм, в подальшому, на формування мікрогеометрії обробленої поверхні.

В подальших дослідженнях будуть розглянуті питання пов'язані із впливом зносу різального інструмента на теплопровідність інструментального матеріалу та загальний баланс теплоти в умовах реалізації різання з попереднім пластичним деформуванням.

Список літератури: 1. Амбросимов С.К. Феноменологическая модель исследования энергосиловых затрат на резание при опережающем деформирующем протягивании с упругопластическим нагружением. // Журнал упрочняющие технологии и покрытия, – 2008. №5 2. Воеводин Г.А. Влияние микроструктуры обрабатываемого материала на характер процесса резания и износ инструмента // Физические процессы при резании металлов Сб. науч. тр. – Волгоград: ВолГТУ; 1984 – с. 79 – 86 3. Крайнев Д.В. Повышение эффективности процесса резания сталей перлитного и аустенитного класса путем использования предварительного пластического деформирования: Дис. канд. техн. наук : 05.03.01 : Волгоград, 2006 - 167 с. 4. Кодрик А.И. Повышение обрабатываемости высокопластичных сталей при режущем протягивании: Автореферат дис. канд. тех. наук – Киев, 1984. – 22 с. 5. Подураев В. Н., Ярославцев В. М., Ярославцев Н. А. Влияние обработки резанием с опережающим пластическим деформированием на предел выносливости обработанных деталей.— Изв. вузов, сер. Машиностроение, 1971, 8, с. 121—124. 6. Новіков М.В., Шепелев В.О., Клименко С.А., Лавріненко В.І. Технології механообробки інструментами з надтвердих матеріалів і твердих сплавів у ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України // Процеси механічної обробки в машинобудуванні . – 2005 . – Вип. 2 – с. 91 – 101. 7. Виговський Г.М., Громовий О.А. Дослідження особливостей зношування різального інструменту при високошвидкісній обробці//Процеси механічної обробки в машинобудуванні, 2009.-Випуск 7 .-С.38. 8. Виговський Г.М., Крижановський В.Б., Кур'ята П.В. та ін. Температурні поля при обробці металів фрезами із над-

твердих матеріалів: фізична постановка задачі, її математичне і програмне забезпечення//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2001.-вип.16 .-С. 60 **9.** Виговський Г.М., Бушля В.М. Визначення впливу режимів на період стійкості та характер зношування торцевих фрез, оснащених надтвердими матеріалами при чорновій обробці сірого чавуну//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2008.-№1 (44) .-С.7 **10.** Виговський Г.М., Громовий О.А. Особливості процесів стружкоутворення при високошвидкісній обробці //Вісник Житомирського державного технологічного університету,2009.-№3 (50) .-С.6 **11.** Виговський Г.М., Громовий О.А., Мельничук П.П. Косокутне різання. Деформація та напрямок сходу стружки//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2000.-вип.12 .-С.76 **12.** Крижанівський В.Б. Програмне та математичне забезпечення процесу формування температурних полів при торцевому фрезеруванні//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2007.-Випуск 5 (1) .-С.88 **13.** Крижанівський В.Б., Баранівський М.С. Комп'ютерна лабораторія для моделювання процесу формування мікрогеометрії поверхні при торцевому фрезуванні//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2010.-Випуск 8 .-с.115 **14.** Лоєв В.Ю., Мельничук П.П., Салогуб Є.В. Визначення можливості використання активності ювенільної поверхні для поверхневого легування розробленою конструкцією торцевого інструмента//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2009.-№3 (50) .-С.51 **15.** Лоєв В.Ю.,Кравчук О.М. Торцеве фрезерування широких плоских поверхонь нежорстких деталей.Сучасний стан проблеми//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2009.-Випуск 7 .-С.114 **16.** Мельничук П.П., Лоєв В.Ю. Новий спосіб фінішної обробки плоских поверхонь деталей торцевим лезовим інструментом//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2009. – Випуск 7. – С.178 **18.** Мельничук П.П., Лоєв В.Ю., Головатенко О.В. Особливості налаштування торцевого інструмента з планетарним рухом формоутворюючих елементів//Процеси механічної обробки в машинобудуванні, 2010. **19.** Шестакова Ж.В. Повышение эффективности процесса фрезерования на основе прогнозирования надежности эксплуатации торцевых фрез Дис. канд. техн. наук : 05.03.01: Барнаул, 2006 - 167 с. **20.** Шахбазов Я.О., Стецько Ю.Б., Білявський М.Л. Математичний аналіз технологічного процесу обробки площин корпусних деталей комбінованими торцевими фрезами // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні №642 (2009), стр. 32-41.