

УДК 621.9.025:621.787

ВПЛИВ УМОВ РІЗАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДРОБОСТРУМИННОГО ЗМІЦНЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Н.О. Лалазарова, доц., к.т.н., Д.О. Донченко, студ., Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, Л.Г. Хаєт, доц., к.т.н.,
ДВНЗ Донбаський державний педагогічний університет, м. Слов'янськ

Анотація. Наведені результати досліджень впливу швидкості різання і переривчастого характеру обробки на міцність твердосплавних токарних різців та ефективність їх дробоструминного зміцнення.

Ключові слова: твердий сплав, чорнове точіння, дробоструминне зміцнення, руйнівальна подача.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБЕСТРУЙНОГО УПРОЧНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Н.А. Лалазарова, доц., к.т.н., Д.А. Донченко, студ., Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет, Л.Г. Хаєт, доц., к.т.н., ГВУЗ Донбасский
государственный педагогический университет, г. Славянск

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния скорости резания и прерывистого характера обработки на прочность твёрдосплавных токарных резцов и эффективность их дробеструйного упрочнения.

Ключевые слова: твёрдый сплав, черновое точение, дробеструйное упрочнение, разрушающая подача.

INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON THE EFFICIENCY OF SHOT- PEENING HARDENING OF THE TOOL MADE OF A HARD ALLOY

N. Lalazarova, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), D. Donchenko, St.,
Kharkiv National Automobile and Highway University, L. Hayet, Assoc. Prof.,
Ph. D. (Eng.), SHEI Donbass State Pedagogical University, Slavyansk

Abstract. The results of studies of the influence of the cutting speed and the intermittent nature of the treatment on the strength of hard-alloy turning tools and the efficiency of their shot-peening hardening are presented.

Key words: hard alloy, rough turning, shot-peening hardening, destroying feed.

Вступ

Ефективність експлуатації сучасного високопродуктивного металорізального обладнання значною мірою визначається міцністю та надійністю інструменту. Одним з досить простих і ефективних засобів підвищення різальних властивостей твердосплавного інструменту є обробка дробом [1].

Аналіз публікацій

Радянськими вченими оптимізована технологія зміцнення, створено відповідне обладнання, досліджено ефективність обробки дробом твердосплавних різців для точіння сталі і чавуну. Установлено, що зміцнення дозволяє підвищити подачу до 1,3 раза або знизити витрати інструменту до 3 разів. Рекомендовано піддавати зміцненню чорновий

і напівчистовий інструмент, напайний і з механічним кріпленням [2].

З урахуванням позитивного ефекту дробострумного зміцнення інструменту для обробки сталі і чавуну становить науковий і практичний інтерес поширення отриманих результатів на більш широке коло оброблюваних матеріалів, зокрема на титанові сплави. Виробництво цих сплавів зростає випереджаючими темпами, їх номенклатура і діапазон властивостей безперервно розширюються, а роль у народному господарстві й забезпеченні експорту зростає.

Сплави титану мають низку специфічних властивостей, що обумовлює виникнення в зоні різання температур в 2–3 рази більших ніж під час обробки сплавів на основі заліза і алюмінію [3]. Обробка титанових сплавів характеризується високим контактним тиском, низьким коефіцієнтом усадки стружки, інтенсивними адгезійними явищами [4]. Поверхні заготовок титанових сплавів покриті твердою кіркою з дуже неоднорідною структурою. На поверхні оброблюваних зливок часто є ливарні дефекти значних розмірів типу раковин, тріщин, напливів, непролавів та ін. [5].

Підвищені силові і теплові навантаження на інструмент призводять до низького рівня його надійності. Аналіз впливів у ряду: властивості титанових сплавів – характеристики процесу їх обробки різанням – процеси, що призводять до відмови інструменту – характеристики його безвідмовності і довговічності, – дозволив установити загальну схему впливу умов різання на надійність інструмента для обробки титанових сплавів [6].

Область раціонального застосування дробострумного зміцнення інструменту багатомірна і має складну форму. Вплив умов різання на ефективність зміцнення інструменту часто визначається зміною механізму його відмови. Верхня межа зони раціонального використання зміцненого інструменту визначається деструкцією зміцнених структур, що нівелює зміцнювальний фактор. Так, межа ефективного використання інструменту, зміцненого дробом, визначається знеміцненням його різальної частини внаслідок рекристалізаційних процесів [7] у поверхневому шарі твердих сплавів. Температура різання може перевищити температуру рекристалізації у

процесі поєднання високих швидкостей різання, подачі і міцності оброблюваного матеріалу [8].

Дефекти поверхневого шару, похибки геометричної форми зливок і їх установлення (центрування) на верстаті обумовлюють динамічний характер навантаження інструменту, у його спектрі виникають перевантаження. Відомо, що перевантаження знижують ефективність поверхневого наклепу [9].

Поверхневий шар зливка надає абразивну дію на різальну частину, що може призводити до швидкого видалення зміцненого шару внаслідок його абразивного зношування. Зниження ефективності дробострумного зміцнення інструменту пов'язується з можливістю зношування зміцненого шару [1]. Рекомендується застосовувати дробострумне зміцнення твердосплавних різців у процесі обробки титанових сплавів лише за відсутності ливарної кірки [6].

Таким чином, факторами, що визначають можливе зниження ефекту зміцнення інструменту під час обробки заготовок чорних металів і титанових сплавів, є: наявність ударів у процесі різання, підвищена температура та прискорене абразивне зношування.

Оскільки у виробничих умовах ці, а також інші фактори діють у комплексі, взаємопов'язано, важко визначити їх роздільний вплив на надійність інструменту й ефективність його зміцнення. Доцільно вивчити їх в умовах контрольованого лабораторного експерименту.

Мета і постановка завдання

Мета роботи – вивчити вплив умов різання на надійність інструменту й ефективність його дробострумного зміцнення. Для досягнення мети необхідно проведення повнофакторного експерименту, де буде оцінено вплив переривчастості та швидкості різання, а також зміцнення інструменту.

Матеріал і методика досліджень

Для диференційного вивчення впливу температури і переривчастості різання на ефективність зміцнення інструменту дробом провели повнофакторний експеримент 2^3 [10]. Підбором рівнів факторів змоделивали необхідні умови випробувань різанням (табл. 1).

Таблиця 1 Рівні факторів та інтервали їх варіювання

Кодування позначення фактора	Найменування досліджуваного фактора	Значення фактора, що відповідає його рівням	
		-1	+1
x_1	Наявність уривчастості різання	Відсутнє	Наявне
x_2	Швидкість різання	$V_1 = 0,0785$ м/с	$V_2 = 1,57$ м/с
x_3	Наявність зміцнення інструмента дробом	Відсутнє	Наявне

Лабораторні випробування інструменту на міцність [1] проводилися на токарному верстаті мод. 163. Матеріал заготовки – прокат сталі 40Х, вихідний діаметр – 150 мм, довжина – 1200 мм. Для забезпечення уривчастості різання на поверхні заготовки прострутали паз уздовж поздовжньої осі завширшки 6 мм.

Випробовувані пластини кріпили прихватом у спеціальній державці власної конструкції, тоді як різальну пластину кріпили на твердосплавній опорі К20. Опорні поверхні різальних і опорних пластин попередньо притирали на чавунній доводочній плиті. Виліт державки з різцетримача – 40 мм, виліт пластини над підкладкою – 2,5 мм, головний кут у плані – 90° , радіус за умови вершини – 0,5 мм.

Випробуванню на міцність піддавали 120 твердосплавних пластин ВК8 до підрізних різців по 15 пластин на кожен іспит. Половина пластин (60 шт.) зміцнена дробом на при-

строї В-4 власної конструкції. Режими зміцнення були попередньо оптимізовані. Випробування проводили за умови частоти обертання заготовки 10 об./хв ($V_1 = 0,0785$ м/с) і 200 об./хв ($V_2 = 1,57$ м/с). Глибина різання – 2,0 мм, величину подачі підвищували поступово, час роботи на кожному ступені – 10 с. Критерій відмови – поламка різальної пластини. Фіксували подачу, за якої відбувалася поламка пластини, і час роботи на останньому ступені. Пластини досліджували з чергуванням різних варіантів для дотримання ідентичності умов випробувань і виключення впливу змін жорсткості системи протягом випробувань (рандомізований план експерименту).

Матриця планування експерименту передбачала 8 варіантів умов, для яких наведені результати випробувань: M_{SP} – середня руйнівна подача з 15 дослідів, S_{SP} – середньоквадратичне (стандартне) відхилення руйнівної подачі, V_{SP} – коефіцієнт варіації руйнівної подачі (табл. 2).

Таблиця 2 Умови і результати випробувань твердосплавних пластин

№ експерименту	Кодовані значення досліджуваних факторів			Результати випробувань пластин на міцність		
	x_1	x_2	x_3	M_{SP}	S_{SP}	V_{SP}
1	+	+	+	0,65	0,18	0,30
2	+	+	-	0,41	0,13	0,39
3	+	-	+	0,97	0,28	0,30
4	+	-	-	0,37	0,17	0,54
5	-	+	+	0,61	0,10	0,17
6	-	+	-	0,46	0,05	0,13
7	-	-	+	1,22	0,40	0,33
8	-	-	-	0,52	0,08	0,17

Методом найменших квадратів розраховували коефіцієнти рівнянь регресії такого

$$a = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (1)$$

де a – досліджуваний параметр (M_{SP} , S_{SP} , V_{SP}); b – коефіцієнти рівняння регресії (1); x_1 , x_2 , x_3 – змінні фактори (табл. 1).

Перевірка отриманих рівнянь (1) за допомогою критерію Фішера [10] підтвердила їх адекватність.

Значущість коефіцієнтів рівнянь регресії визначали методом довірчих інтервалів [10] – коефіцієнт значущий, якщо його абсолютна величина більша ніж довірчий інтервал

$$\Delta = (t \cdot S) / \sqrt{n}, \quad (2)$$

де Δ – довірчий інтервал коефіцієнтів рівняння (1); t – критерій Стьюдента; S – середнє середньоквадратичне відхилення руйнівної подачі (середньоквадратичне значення з 8 результатів у передостанньому стовпці (табл. 1)); n – кількість паралельних дослідів.

Результати досліджень та їх обговорення

Обробкою результатів експерименту отримали такі рівняння регресії (з урахуванням значущості коефіцієнтів показані тільки значущі). Міцність інструменту, її середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації відповідно

$$M_{SP} = 0,65 + 0,21x_3 - 0,12x_2 - 0,11x_2x_3, \quad (3)$$

$$S_{SP} = 0,17 - 0,06x_2 + 0,07x_3, \quad (4)$$

$$V_{SP} = 0,29 + 0,09x_1 - 0,07x_{13}. \quad (5)$$

Значення довірчого інтервалу для рівняння (3) дорівнює 0,09, у цьому випадку значущими виявилися лише коефіцієнти за умови двох факторів і однієї парної взаємодії.

Аналіз рівняння (3) з урахуванням значущості його коефіцієнтів показав, що в досліджуваній області умов обробка дробом (x_3) забезпечило середнє підвищення руйнівної подачі вдвічі. Значення приросту міцності внаслідок обробки дробом знаходяться у верхній частині діапазону величин, знайдених раніше [1, 2]. Це можна порівняти також з підвищенням руйнівної подачі за умови оптимального округлення лез інструменту – від 1,1 до 2,0 разів [1].

Підвищення швидкості різання (x_2) знижує величину руйнівної подачі (коефіцієнт $-0,12$) за рахунок посилення впливу механічного і теплового факторів під час різання. У більш вузькому діапазоні зміни швидкості різання (від 0,28 до 0,41 м/с) було відзначено невелике (5 %) підвищення руйнівної подачі [11], що в нашому експерименті не могло бути виявлено через наявність усього двох значень швидкості. Можна припустити загальну форму залежності руйнівної подачі від швидкості у вигляді кривої з максимумом. Тоді в [11] могла бути виявлена лише гілка, що сходить, а в нашому експерименті – і та, що спадає.

Дуже важливою є наявність значущої взаємодії факторів у рівнянні (3), що показує суттєве зниження ефекту дробоструминного зміцнення з підвищенням температури різання (коефіцієнт $-0,11$). У вузькому ж діапазоні зміни швидкості був відзначений протилежний ефект: зростання ефекту зміцнення зі збільшенням швидкості [11]. Мабуть, з ростом швидкості різання і, відповідно, температури різальної частини міцність останньої спочатку підвищується внаслідок твердіння, а потім падає через процеси рекристалізації зміцненого шару аналогічно, наприклад, [7].

У той же час наявність удару під час різання не впливає на ефективність зміцнення дробом (коефіцієнт за умови x_1 незначний). Це корелює з даними про високу ефективність дробоструминного зміцнення фрез T5K10 під час обробки сталі 40XH [1]. Несуттєвий вплив динамічного навантаження інструменту на ефективність його зміцнення може бути результатом впливу двох протилежно діючих чинників: наявність ударів у процесі різання може викликати знеміцнення інструменту, а охолодження різальної частини в перервах між різанням знижує можливий ефект рекристалізації твердого сплаву.

Висновки

Дробоструминна обробка інструменту призводить до збільшення руйнівної подачі за умови точіння до 2 разів за рахунок зміцнення поверхневого шару твердого сплаву.

Переривчастість різання, наявність механічного удару не має істотного впливу на ефективність зміцнення дробом.

Основним фактором, що визначає відмінність ефективності зміцнення інструменту в процесі обробки сталей і титанових сплавів, є температура в зоні різання. Значне збільшення температури в зоні різання істотно знижує ефект зміцнення дробом.

Якщо не ставиться спеціальне завдання вивчення розсіювання, то під час випробувань різального інструменту на стійкість як показник розсіювання варто брати середньоквадратичне (стандартне) відхилення періоду стійкості, а за умови випробувань його на міцність – коефіцієнт варіації руйнівної подачі.

Література

1. Хаєт Г.Л. Прочность режущего инструмента / Г.Л. Хаєт. – М.: Машиностроение, 1975. – 168 с.
2. Хаєт Л.Г. Упрочнение твердосплавного режущего инструмента поверхностным деформированием / Л.Г. Хаєт, В.М. Гах, В.И. Левин. – М.: ВНИИМАШ, 1981. – 54 с.
3. Кривоухов В.А. Обработка резанием титановых сплавов / В.А. Кривоухов, А.Д. Чубаров. – М.: Машиностроение, 1970. – 180 с.
4. Резание труднообрабатываемых материалов / Под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1972. – 176 с.
5. Андреев А.Л. Титановые сплавы: Плавка и литьё титановых сплавов / А.Л. Андреев, Н.Ф. Аношкин. – М.: Металлургия, 1994. – 316 с.
6. Хаєт Л.Г. Сборные резцы для чернового точения труднообрабатываемых материалов / Л.Г. Хаєт, П.Б. Гринберг. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 64 с.
7. Влияние нагрева на стабильность упрочнения магниевых сплавов поверхностным наклёпом / Н.А. Бородин, С.П. Борисов, М.Н. Степнов, И.И. Хазанов // Вестник машиностроения. – 1969. – № 1. – С. 11–13.
8. Хаєт Л.Г. Эффективность упрочнения режущего инструмента при обработке материалов разной твёрдости / Л.Г. Хаєт, Н.А. Лалазарова, Н.В. Омельченко// Современная технология упрочнения, становления и механической обработки деталей с покрытиями. – К.: Знание, 1993. – С. 32–33.
9. Шашин М.Я. Увеличение сопротивляемости разрушению при повторных ударах в случае применения упрочняющих обработок / М.Я. Шашин // Вестник машиностроения. – 1963. – № 9. – С. 12–14.
10. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
11. Хаєт Л.Г. Влияние дробеструйной обработки и скорости резания на прочность твёрдосплавных резцов / Л.Г. Хаєт, Б.А. Брусиловский. – Депонированная рукопись, НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1976, № 161. – 12 с. (Реферат ВИНТИ, 1977, № 11).
12. Маслов А.Р. Инструментальные системы машиностроительных производств / А.Р. Маслов. – М.: Машиностроение, 2006. – 336 с.
13. Хаєт Г.Л. Теория проектирования инструмента и её информационное обеспечение: маркетинг, квалиметрия, надёжность, оптимизация. Раздел 3 / Г.Л. Хаєт, Л.Г. Хаєт, А.Л. Еськов. – Краматорск: ДГМА, 1994. – 138 с.

Рецензент: В.І. Мощенок, професор, к.т.н., ХНАДУ.