

УДК 621.9

**Родічев Ю. М., Сорока О. Б., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В.,
Шаповалов М. В.**

ПРИСКОРЕНІ ВИПРОБУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ПРИ ІНТЕНСИВНОМУ КОНТАКТНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Ресурс різального інструменту значною мірою визначає ефективність процесу металлообробки. При обробці на важких верстатах існує проблема виходу з ладу інструменту, пов'язаному не тільки із зношуванням різальної пластини, а й з недостатнім опором руйнуванню типу викришування та відколювання. Тому збільшення ресурсу інструменту, оснащеного твердосплавними різальними пластинами, може бути досягнуто за рахунок покращення характеристик робочих поверхонь та показників міцності твердого сплаву. Це, з одного боку, потребує застосування нових технологій як поверхневої, так і об'ємної модифікації інструментальних матеріалів, а з іншого – розвитку методів визначення опору руйнуванню і зношуванню з урахуванням екстремальних умов експлуатації інструмента при обробці на важких верстатах.

Перспективним напрямком розвитку високих технологій в області модифікації матеріалів є обробка імпульсним полем (ОІМП), фізичні основи якої стосовно до інструменту зі швидкорізальних сталей сформульовані С. М. Постніковим і представниками його наукової школи в роботах [1, 2]. В роботах [3–5] показано, що метод імпульсної магнітної обробки дозволяє підвищити стійкість інструменту зі швидкорізальної сталі на 30...50 %. Нами було отримано результати, які показали, що ефект зміцнення при ОІМП має об'ємний характер, призводить до підвищення однорідності вольфрамкобальтових та титанокобальтових твердих сплавів, зростання границі міцності на згин при статичному навантаженні до 27 %, збільшення періоду стійкості до руйнування до 17 % [6]. При цьому устаткування для ОІМП може бути встановлено в механічних цехах підприємства, а параметри режимів обробки варіюються в залежності від інструментального матеріалу з метою оптимізації характеристик пластини.

На практиці для оцінки параметрів зносостійкості традиційно фіксують ширину фаски зносу інструменту по задній поверхні при обробці на верстаті. Така методика потребує значних витрат часу та матеріалів. Оцінка параметрів міцності та опору руйнуванню пов'язана із застосуванням спеціальних методик та спеціалізованого лабораторного обладнання. Специфіка відмов інструменту на важких верстатах та застосування методів модифікації, які можуть бути оперативно здійснені та оптимізовані в виробничих умовах, вимагає розробки порівняльної методики, що дозволяє швидко та з мінімальними витратами отримати комплекс параметрів, які характеризують зносостійкість та опір руйнуванню в умовах інтенсивного навантаження.

Таким чином, метою роботи є розробка та апробація порівняльної методики оперативної оцінки ефективності модифікації різальних пластин з визначення опору руйнуванню і зношуванню при контактному навантаженні.

Запропонований підхід передбачає випробування різальних пластин в умовах високого контактного тиску з тертям при підвищених температурах з використанням устаткування і оснащення, що застосовується при обробці різанням. В якості контртіла використовується масивна циліндрична заготовка, встановлена на токарному верстаті. Пластина, що випробується, закріплюється у спеціальній державці різцетримача верстата таким чином, щоб кут різання мінімізував стружкоутворення (рис. 1). Конструкція державки передбачає встановлення силовимірювача, який контролює зусилля P притиснення пластини до контртіла. Вна-

слідок високого рівня контактного навантаження забезпечується утворення відколута фаски по задній поверхні різальної пластини. Параметр зносу визначається як площа фаски S , що утворена за певний час тестування. Як характеристики опору руйнуванню прийнято питомий тиск (відношення зусилля притиснення до площі фаски – P/S) та відношення зусилля до ширини фаски P/b . Параметр P/S характеризує опір розсіяному контактному пошкодженню, а величина P/b – опір відколюванню.



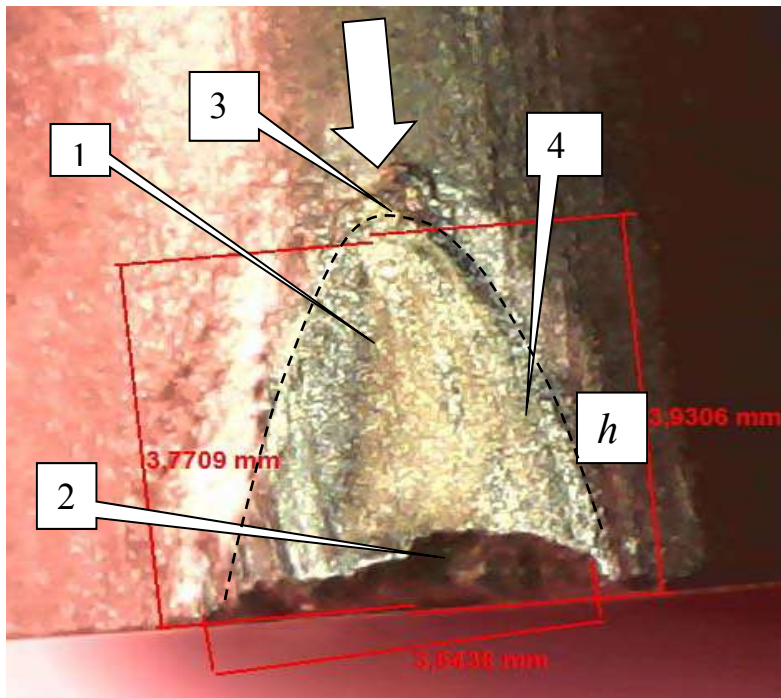
Рис. 1. Положення пластини відносно вала при визначенні опору руйнуванню і зносу при контактному навантаженні на токарних верстатах

При оцінці пошкоджуваності і опору зносу пластин враховуються також наявність мікротріщин на поверхні зносу, зміна геометрії контртіла в зоні контакту.

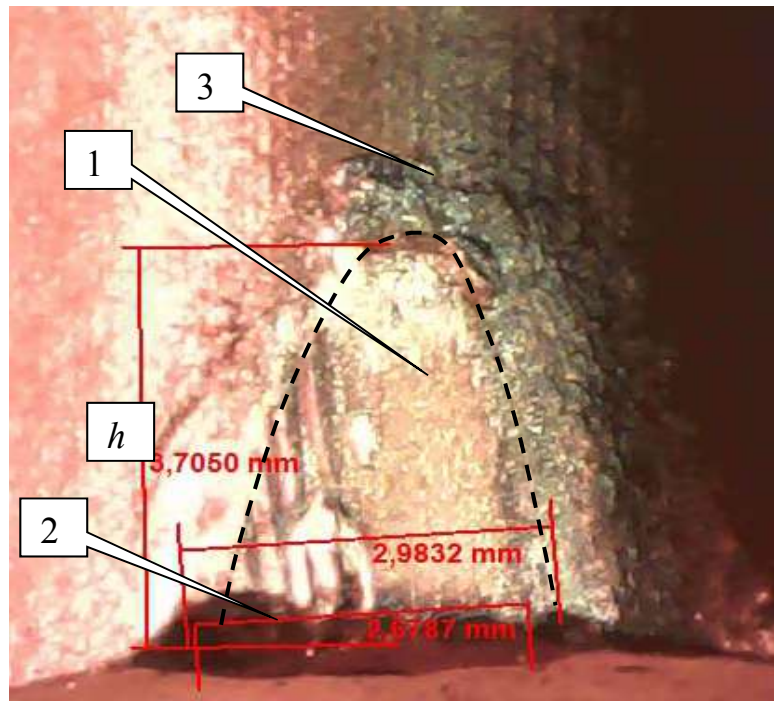
Методику застосовано при оцінці впливу ОІМП на опір руйнуванню пластин з ВК8. На токарному верстаті 1К62 було випробувано неперезагострювальні чотирьохгранні квадратні пластини у вихідному стані та після ОІМП за двома різними режимами. Контртілом слугував вал діаметром 47,8 мм із сталі 40ХН, що обертався з частотою 800 об/хв. Режими: подача супорта – 0,07 мм/об, лінійна швидкість 120 м/хв, зусилля P – 150 Н, час випробувань становив 6 хвилин.

Аналізувались розміри відколів та фасок, що утворились в результаті випробувань (рис. 2).

Встановлено, що фаска має форму, близьку до напівеліптичної, показано переривчатою лінією. Напрямок дії сили показано стрілкою. Площа фаски приблизно визначалась рівнянням $S = \frac{1}{4} \pi b h$. Середні значення результатів вимірювань, позначені індексом $mean$, фаски та відколу b_{mean} та h_{mean} , а також розрахунків параметрів S_{mean} , P/b_{mean} , P/S_{mean} представлено в табл. 1.



а



б

Рис. 2. Напівеліптичні фаски, що утворились при випробуваннях твёрдосплавних пластин ВК8 у вихідному стані (а) та після ОІМП (б):

1 – напівеліптична фаска; 2 – відкол на виході з контакту; 3, 4 – налипання металу контргіла на контурі фаски (розміри дано з калібровочним коефіцієнтом $k = 3,175$)

Таблиця 1

Результати порівняльних випробувань пластин з ВК8

Стан зразка	Розміри, мм		S_{mean} , мм ²	P/b_{mean} , Н/мм	P/S_{mean} , МПа
	b_{mean}	h_{mean}			
Вихідний	1,23	1,38	1,33	122	113
ОІМП режим 1	0,93	1,21	0,88	161	170
ОІМП режим 2	0,99	1,22	0,95	151	158

Отримано, що фаски на пластинах після ОІМП мають приблизно на 30 % меншу площу поверхні, ніж ті, що утворились на пластині у вихідному стані (0,88 мм² та 0,95 мм² порівняно з 1,33 мм²). Встановлено, що для пластин після ОІМП спостерігається збільшення обох параметрів, які характеризують опір руйнуванню. Для пластин після ОІМП за першим режимом опір розсіяному пошкодженню збільшився на 50 %, а опір відколюванню - на 32 %. Аналіз пластини, оброблених ІМП за другим режимом, показав зростання параметрів P/S та P/b на 40 % та 24 % відповідно.

Випробування на зносостійкість за умови використання методу ступінчасто-зростаючої швидкості різання полягали у визначенні швидкості різання, при якій знос досягав нормативного критерію затуплення [7, 8] за час, менший часу роботи на ступені.

Початкову швидкість різання V_1 встановлювали рівною нормативному значенню для випробувальної марки інструментального матеріалу і далі підвищували ступенями. Коефіцієнт геометричної прогресії ряду швидкостей різання φ_{cm} брали рівним 1,26 відповідно до конструкції коробки швидкостей верстата 1К62, на якому проводилися випробування.

Швидкість корегували так, щоб число ступенів швидкостей різання до зносу було рівним 3–5.

Тривалість роботи на ступені приймалася рівною 60 секундам. Вибір глибини різання, подачі та критерію затуплення інструменту проводився згідно з нормативами.

Була випробувана марка твердого сплаву Т5К10. Випробування проводилися на одній заготовці від заднього центру до кулачків. Запуск різців здійснювався в наступній послідовності:

- інструменти партій 1 (вихідні інструменти) та 2 (інструменти з ОІМП) випробували на швидкості різання V_1 протягом часу τ_{cm} кожну;
- потім інструменти партій 1 та 2 випробували на швидкості різання V_2 протягом часу τ_{cm} кожну;
- потім інструменти партій 1 та 2 на швидкості V_3 тощо до зносу.

Мінімальна кількість дослідів $n = 7$ [9].

Після кожного ступеня різання вимірювали знос по головній задній поверхні. Вимірювання зносу проводили поза верстата за допомогою лупи до пресу Бринеля. Після 3-х ступенів різання знос вимірювали через кожні 20 секунд різання на встановленій швидкості різання.

Під час випробувань фіксували швидкість різання, при якій знос досягає заданого критерію затуплення.

За результатами випробувань розраховували середнє значення швидкості різання, при якій стався знос для кожної партії та швидкість зносу, яка визначалася як відношення приросту зносу до часу, за який відбулося це збільшення:

$$V_u = \frac{\Delta\delta}{\tau_i} \quad (1)$$

де $\Delta\delta$ – приріст зносу за час τ_i .

Постійні значення випробувань наведені у табл. 2.

Результати випробувань інструментів методом ступінчасто-зростаючої швидкості різання представлені на рис. 3 і в табл. 2 (довірчий інтервал: $\Delta V_u = \pm 0,016$ мм/хв).

Таблиця 2

Результати порівняльних випробувань інструментів після ОІМП методом ступінчасто-зростаючої швидкості різання

Наявність зміцнення	Марка твердого сплаву	Оброблювальний матеріал	Постійна режиму різання		Ступені швидкості різання, м/хв	Швидкість зносу V_u , мм/хв	Коефіцієнт варіації K_{vu}
			глибина різання t , мм	подача S , мм			
без ОІМП	T5K10	сталь 40X	2	0,33	68...72 90...94 116...120 156...160	0,15 0,02 0,01 0,02	0,20
ОІМП	T5K10	сталь 40X	2	0,33	68...72 90...94 116...120 156...160 258...260	0,035 0,05 0,03 0,025 0,04	0,15
Без ОІМП	T5K10	сталь 40X	2	0,58	84...88 100...104 126...130	0,34 0,15 0,12	0,25
ОІМП	T5K10	сталь 40X	2	0,58	84...88 100...104 126...130	0,17 0,33 0,3	0,18

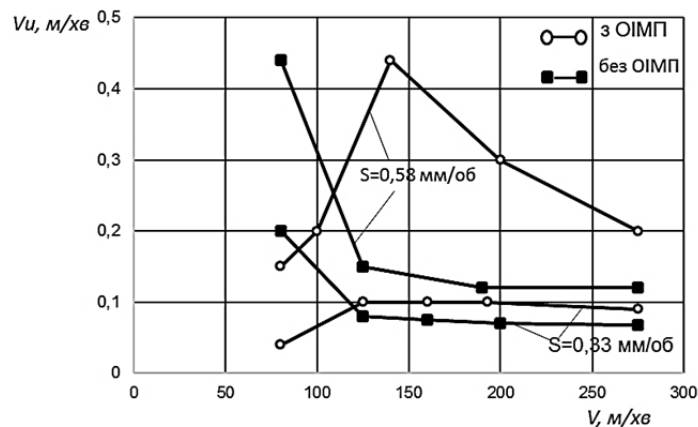


Рис. 3. Вплив швидкості різання на швидкість зносу інструменту з твердого сплаву T5K10 при подачі S

З цих даних видно, що при більш низьких швидкостях різання ($V = 68-88$ м/хв) швидкість зносу для інструментів, які пройшли зміцнення ОІМП істотно знижується (в 2–2,3 рази) в порівнянні з незміцненими інструментами. При подальшому збільшенні швидкості різання швидкість зносу зміцнених різців вже, навпаки, буде вище в порівнянні з незміцненими різцями в 2–3 рази.

З цього зроблено висновок, що ефект зміцнення явно проявляється при більш низьких швидкостях різання, тобто при чорновій обробці, яка відбувається, як правило, при більш високій подачі.

Випробування різців на міцність методом ступінчасто-зростаючої подачі полягали у визначенні подачі, досягнення якої викликає руйнування ріжучої частини різця при постійних значеннях швидкості і глибини різання за час, який менше часу роботи на ступені τ_{cm} .

Випробування здійснювалися наступним чином. Подачу встановлювали такою, що дорівнює нормативній для чоргової обробки конструкційної сталі і далі підвищували ступенями. Коефіцієнт геометричній прогресії ряду подач приймали рівним 1,21. Виходячи з діаметра заготовки та висоти державки різця, початкова подача бралася рівною 0,58 мм/об (згідно з паспортом верстата 1К62). Швидкість різання приймалася рівною 18–24 м/хв.

Вибір глибини різання проводився з урахуванням типорозміру різця (висот державки), типорозміру верстата, максимального і мінімального діаметра заготовки і товщини ріжучого елемента. У нашому випадку глибина різання була прийнята рівною 2 мм.

Випробування проводилися в тій же послідовності, що і при випробуваннях методом ступінчасто-зростаючої швидкості різання. Та подача, під час якої відбувалося викришування або поломка різця, приймалася як гранична.

За результатами випробувань видно, що інструменти, які пройшли магнітну імпульсну обробку мають граничні значення подачі в 1,5–2,2 рази вище для всіх випробуваних марок твердого сплаву, в тому числі і безвольфрамових.

До методів безперервного збільшення швидкості різання також відноситься метод торцевого точіння. При випробуваннях цим методом вдається скоротити похибку результатів в порівнянні з методом ступінчастого збільшення режиму різання. Однак тривалість випробувань при цьому збільшується.

Випробування різців проводилися на циліндричних зразках (рис. 4), що закріплюються в патроні токарного верстата.

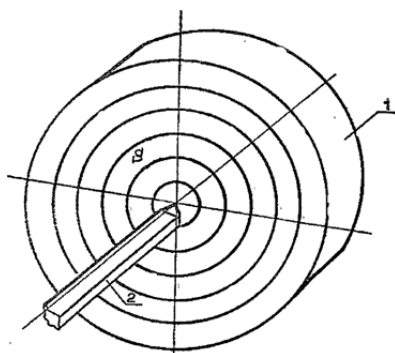


Рис. 4. Схема випробувань різців при безперервному збільшенні швидкості різання

Торцеву поверхню циліндричного зразка з центральним отвором D_n , який виготовлено з випробувального матеріалу, було поділено на кільцеві ділянки. Діаметр D_i кожного кільця розраховували за формулою:

$$D_i = D_n \cdot \varphi_i, \quad (2)$$

де φ – коефіцієнт пропорційності;
 i – порядковий номер.

Кількість кільцевих ділянок і діаметр останнього кільця D_k визначали виходячи з зовнішнього діаметра заготовки. Діаметр D_n визначається таким чином, щоб початкова швидкість V_n співвідносилася з нормативної V , як:

$$\frac{V_n}{V} = 0,5 \dots 0,7. \quad (3)$$

Випробування різців здійснювали проточуванням торцевої поверхні від центру до периферії кожної кільцевої ділянки. При цьому частоту обертів шпинделя для кожного проходу торцевої поверхні визначали за формулою:

$$n_q = n_{n1} \cdot \varphi_1^{q-1}, \quad (4)$$

де q – порядковий номер проходу під час торцевого точіння;
 n_{n1} – число обертів для першого проходу;

$$\varphi_1 = \frac{D_{\kappa}}{D_n}. \quad (5)$$

При проведенні випробувань спостерігалось монотонне збільшення швидкості різання. Тому після проточки кожного кільця або групи кілець вимірювався знос різця по головній задній поверхні. Проточка торцевої поверхні проводилася до моменту, поки знос різця на задній поверхні не досягав встановленого критерію затуплення. Якщо знос досліджуваного різця по головній задній поверхні не досягав встановленого критерію на першому проході, то проточування починали знову від центру до периферії (другий прохід) з частотою оберту шпинделя, яку визначено за формулою (4) тощо. Швидкість, при якій різець досягав встановленого критерію затуплення [10, 11], вважалася граничною швидкістю V_{np} , яка приймалася за параметр зносостійкості інструменту.

Були випробувані марки твердого сплаву: Т5К10, Т15К6, ВК8, ВК6ОМ, ТТ20К9 з різними формами пластин. Випробування проводилися на різних режимах і умовах зміцнення.

ВИСНОВКИ

За результатами випробувань зроблено висновки щодо можливості застосування запропонованої методики порівняльної оцінки опору руйнуванню і зношуванню різальних пластин в умовах виробництва та показано, що пластини з ВК8, оброблені імпульсним магнітним полем, мають підвищений опір руйнуванню та зношуванню порівняно із пластинами у вихідному стані.

Для твердосплавних різальних інструментів, які пройшли магнітну імпульсну обробку, при швидкостях різання, які відповідають чорновій обробці, характерне зниження швидкості зносу в 2–2,3 рази. Граничне значення подачі для твердосплавних інструментів, які пройшли обробку імпульсним магнітним полем, збільшується в 1,5–2 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Постников С. Н. Перестройка дефектных комплексов в кристаллических твёрдых телах под действием магнитных полей до пороговых энергий. Прикладные проблемы прочности и пластичности. Статика и динамика деформируемых систем / С. Н. Постников // Всесоюзный межвузовский сборник. – Горький, 1980. – 138 с.
2. Бень А. П. Устройств магнитно-импульсной обработки металлических изделий с автоматизированным выбором режимов обработки / А. П. Бень, Б. В. Малыгин, Р. Е. Врублевский // Научный вестник ХДМІ. – 2011. – № 2 (5). – С. 284–289.
3. Малыгин В. Б. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин / В. Б. Малыгин. – М. : Машиностроение, 1989. – 112 с.
4. Полетаев В. А. Влияние обработки в импульсном магнитном поле и коротком разряде на прочность сталей // МнТОМ. – 2000. – № 4. – С. 34–37.
5. Bataineha O. Effect of pulsed magnetic treatment on drillwear / O. Bataineha, B. Klameckia, B. G. Koerke // Journal of Materials Processing Technology. – 2003. – V. 134. – № 2. – P. 190–196.
6. Зміцнення твердосплавного різального інструменту для важкого машинобудування на основі поверхневої та об'ємної модифікації фізичними методами / О. Б. Сорока, Ю. М. Родічев, В. Д. Ковальов, Я. В. Васильченко // Вісник Тернопільського Національного технічного університету ім. І. Пулюя. – 2013. – № 3 (71). – С. 133–145.
7. Критерии затупления режущих инструментов. ГСПК ТБ «Оргприминструмент». – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 124 с.
8. Петрухин С. С. Выбор критерия затупления машинных метчиков / С. С. Петрухин, Б. И. Щеглов // Станки и инструмент. – 1973. – № 1.
9. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента / П. Г. Кацев. – М. : Машиностроение, 1974. – 240 с.
10. Типовые нормы износа и стойкости режущего инструмента. Руководящие материалы. – М. , НИИТ Автопром, 1972.
11. Vierregge G. Кривые зависимости износа инструмента от скорости резания. Stahl und Eisen, bd., 77, № 18, 1957.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2018 р.