

УКД 621.793.5

Н. М. Прокопів, Ю. О. Мельничук, кандидати технічних наук, **О. В. Харченко**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ УДАРНОЇ КОНТАКТНОЇ МІЦНОСТІ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ ТОЧІННІ СПЛАВУ ВК100М

Наведено результати експериментальних досліджень стійкості до ударного циклічного навантаження експериментального сплаву ВК100М, який був спечений за різними технологіями, при точінні незагартованої сталі 40Х. Установлено вплив сили ударного навантаження, яка фіксувалася безпосередньо у процесі точіння, на швидкість руйнування інструментального матеріала.

Ключові слова: *твердий сплав, ударна міцність, точіння, сила різання.*

Вступ

Багаточисленими дослідженнями встановлено, що висока працездатність твердого сплаву в умовах чорнового різання забезпечується не тільки високими значеннями міцності при згині, стиску, твердості, але й високими втомною міцністю та інтенсивністю накопичення дефектів його структурою [1].

На сьогодні для оцінки працездатності серійних твердих сплавів інструментального призначення використовують тільки міцність при згині та твердість, які, як відомо, не завжди корелюють з оцінками міцності при втомі та ударною міцністю.

Методика визначення втомної міцності є складним довготривалим процесом, потребує спеціального обладнання і використовується для тестування в основному металів та їх сплавів [2]. Здатність накопичувати дефекти можна опосередковано визначити за кількістю ударів, що витримує матеріал до руйнування.

На сьогодні ударну міцність конструкційних матеріалів в основному визначають за допомогою методики Шарпі та Ізода (ударного маятника). Вона найкраще використовується для визначення ударної міцності виробів, що мають гострі кути, ребра та інші концентратори напружень. Але така методика не дає реальної оцінки опору твердого сплаву ударним навантаженням, які виникають в процесі лезової обробки. Крім того, умови її проведення не відповідають реальним умовам, в яких знаходиться різець в процесі різання. Таким чином, на сьогодні відсутні методики, що дозволяють визначати властивості інструментального матеріалу в умовах різання під дією ударних навантажень, згину, зрізу, стиску, тертя, температури.

Відомо, що в процесі різання на інструмент діють сили, що значно менші значень границі міцності при згині. Явища, які мають місце в зоні різання у процесі точіння, зокрема температура в зоні контакту, адгезійні, дифузійні процеси, абразивний вплив на інструментальний матеріал, тертя по передній і задній поверхнях інструменту, певним чином впливають на контактуючі матеріали, в результаті чого різальна пластина руйнується під дією набагато менших сил, ніж при короткочасовому навантаженні в лабораторних умовах. Це стосується і визначення ударної міцності. Вищенаведені умови можна відтворити безпосередньо при точінні з ударними циклічними навантаженнями. При цьому необхідно визначити передусім тангенціальну складову силу різання P_z , яка створює на пластині насамперед напруження згину та зрізу.

Таким чином, створивши умови різання, під час яких різець піддається циклічним ударам та фіксуючи величину сили P_z , можна визначити кількість та силу ударних навантажень до руйнування інструментального матеріалу.

Метою даної роботи є визначення та порівняння ударної міцності спеченого в різних умовах сплаву ВК100М під дією циклічних ударних навантажень в процесі точіння заготовки із незагартованої сталі 40Х.

Об'єкт дослідження – зразки із сплаву ВК100М, одержаного по технологіям водневого спікання та спікання у вакуумі.

Предмет досліджень – ударна, втомна міцність, зносостійкість при точінні з циклічними ударними навантаженнями зразків із сплаву ВК100М.

Методика дослідження: Для дослідження використовували зразки експериментального твердого сплаву ВК100М розміром 5x5x15 мм. Для порівняння одну партію зразків спікали в водневому середовищі (партія № 1), а другу у вакуумі (партія № 2) згідно режимів, описаних в роботі [3]. В

таблиці наведено значення фізико-механічних властивостей сплаву ВК100М, спеченого за різними технологіями. Як видно з наведених даних, виготовлені зразки незначно відрізняються за фізико-механічними властивостями, окрім величини границі міцності при згині.

Виготовлені зразки твердих сплавів механічним способом закріплювали у спеціальній державці, а при встановленні її на токарний верстат забезпечували такі геометричні параметри інструменту: передній кут $\gamma = -7^\circ$, задній кут $\alpha = 5^\circ$, головний і допоміжний кути в плані $\phi = \phi_1 = 45^\circ$, радіус при вершині $r = 0,6$ мм. Для створення ударних циклічних навантажень у процесі різання використовували заготовку із сталі 40Х із шістьма рівномірно розташованими по колу пазами 10×20 мм (рис. 1, а), унаслідок чого різальний інструмент постійно виходив і входив у контакт з оброблюваним матеріалом та піддавався ударним навантаженням з визначеною постійною частотою (1890 уд/хв.).

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості сплаву ВК100М

Технологія спікання	Середній розмір зерна, d_{wc} мкм	Коерцитивна сила, H_c кА/м	Щільність γ г/см ³	Твердість HRA	Границя міцності на згин R_{bm} , МПа	Коефіцієнт інтенсивності напружень K_{IC} , МПа·м ^{1/2}
партія 1 (спікання у водні)	1,33	16,4	14,43	89,9	1720	11,5
партія 2 (спікання у вакуумі)	1,28	17,6	14,45	90,0	1808	11,4

Експерименти проводились при таких режимах різання: швидкість різання: $v = 110 - 115$ м/хв.; подача – $S = 0,1$ мм/об; глибина різання – $t = 0,2, 0,5, 1,0, 2,0$ мм. Величина швидкості різання була вибрана виходячи з умови виходу за діапазон швидкостей, при яких спостерігається наростоутворення.

Силу різання P_z фіксували за допомогою розробленого апаратно-програмного комплексу, що включає динамометр УДМ-1200, модуля вимірювання, оснащеного АЦП, та ПК, на який виводяться дані вимірювань (рис. 1, б). Це дало можливість проводити запис та обробку інформації за допомогою ПК в режимі реального часу. Частота вимірювань складових сили різання становила 20 Гц.

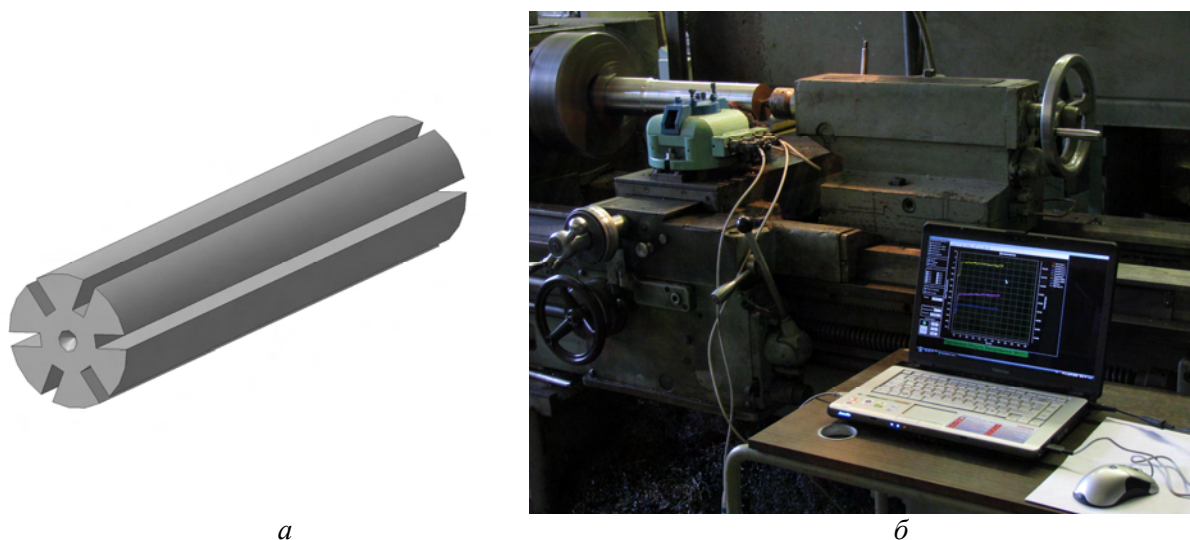


Рис. 1. Заготовка для дослідження ударної стійкості інструменту(а) та комплекс для вимірювання сили різання при точінні (б)

Для встановлення ударної стійкості в ході проведення експериментів визначали величину зносу інструментального матеріалу по задній поверхні h_z , яка фіксувалася через кожні 5 хв. Кількість ударних навантажень визначали за формулою

$$N = 6 \cdot n \cdot T,$$

де N – кількість ударних навантажень, n – частота обертання заготовки (об/хв.), T – час роботи пластини (хв.), b – кількість пазів на заготовці.

На кожній глибині різання випробовували по три зразки з кожної партії сплаву. Абсолютна похибка вимірювання зносу по задній поверхні складала $\pm 0,02$ мм. Критерієм стійкості був прийнятий час роботи до суттєвого зменшення сили різання або до критичного зносу $h_3 = 0,4 - 0,5$ мм.

Фіксацію, аналіз величини та характеру зносу різальної кромки здійснювали за допомогою інструментального мікроскопу та фотокамери.

Отримані результати були використані для побудови залежностей величини зносу h_3 від сили різання та часу роботи T , умов спікання, кількості ударів в процесі роботи для кожного сплаву та різних величин ударних навантажень.

Результати досліджень

На рис. 2 представлено графік залежності величини зносу по задній поверхні h_3 сплаву ВК100М, спеченого за різними технологіями, від часу роботи та відповідно кількості ударних навантажень при точінні на таких режимах: $v = 115$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,2$ мм.

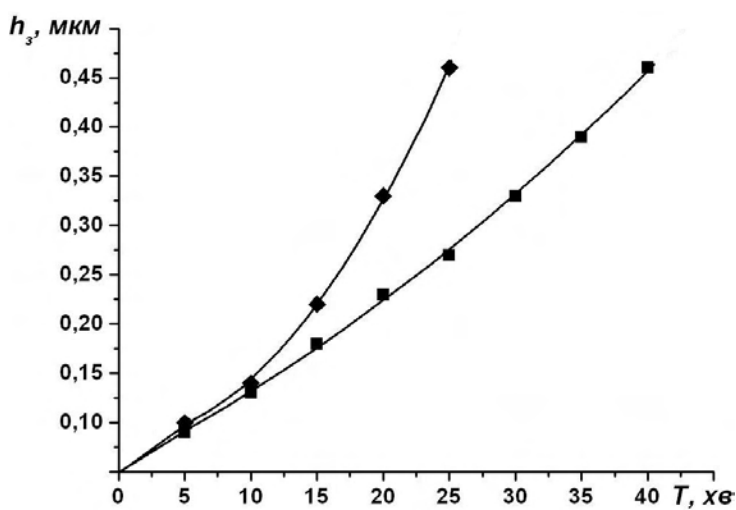


Рис. 2. Залежність величини зносу сплаву ВК100М від часу точіння ($v = 115$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,2$ мм): \blacklozenge – водневе спікання, \blacksquare – вакуумне спікання

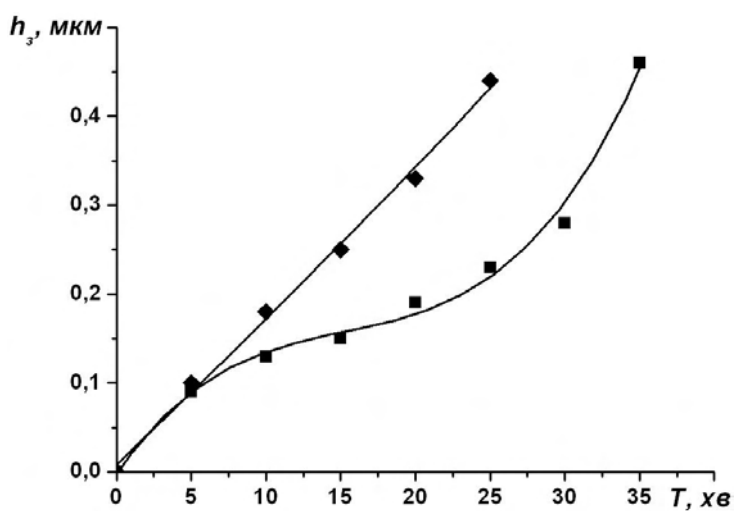


Рис. 3. Залежність величини зносу сплаву ВК100М від часу точіння ($v = 115$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм): \blacklozenge – водневе спікання, \blacksquare – вакуумне спікання

режимів точіння складова сили різання P_z збільшується до 150 Н. В період приробки (5 хвилин) інтенсивність зношування дослідного сплаву висока та не залежить від умов спікання (рис. 3).

У подальшому швидкість зношування зразків, спечених у водневому середовищі, практично не змінюється. В той же час, для вакуумно спеченого сплаву з 5 до 25 хвилин має місце період нор-

За таких умов обробки складова сили різання P_z знаходилась на рівні 50 Н при точінні зразками з обох партій. Її значення не змінювались упродовж всього часу роботи, що свідчить про незмінність величини ударних навантажень на інструмент. Зношування сплаву з обох партій відбувалося переважно по задній поверхні та носило абразивний характер. Мікроскопів на різальних кромках та руйнувань вершин зразків до досягнення величини $h_3 = 0,45$ мм не виявлено. Наріст на передніх поверхнях інструменту не утворювався.

Як видно з графіку (рис. 2) на початковій стадії роботи (до 15 хвилин) інтенсивність зношування зразків сплаву ВК100М з двох партій практично однакова. У подальшому спостерігається інтенсифікація процесу зношування сплаву, спеченого у водні, у порівнянні із вакуумним спіканням. Стійкість сплаву ВК100М, спеченому у водні, при досягненні величини $h_3 = 0,45$ мм становила 25 хвилин, а сплаву, спеченому у вакуумі, значно більше – 40 хвилин.

Таким чином, при величині ударних навантажень 50 Н не відбувається макроруйнувань вершин інструменту із сплаву ВК100М, спеченого у водневому середовищі, після відповідно 47250 ударів, а сплаву, спеченому у вакуумі, після 75600 відповідно, хоча інтенсивність зношування зразків із партії № 1 значно вища.

При збільшенні глибини різання до 0,5 мм при незмінних всіх інших

мального зносу, коли інструментальний матеріал зношується дуже повільно, та чітко фіксується початок катастрофічного зносу (30 хв.).

Знос пластин, спечених у водні, при таких умовах відбувається як по задній поверхні з утворення стрічки зносу, так і по передній поверхні з утворенням лунки зносу (рис. 4, а, б). Після 25 хвилин роботи спостерігається інтенсивне мікроруйнування різальної кромки, величина h_3 становить 0,45 мм, погіршується чистота обробленої поверхні.

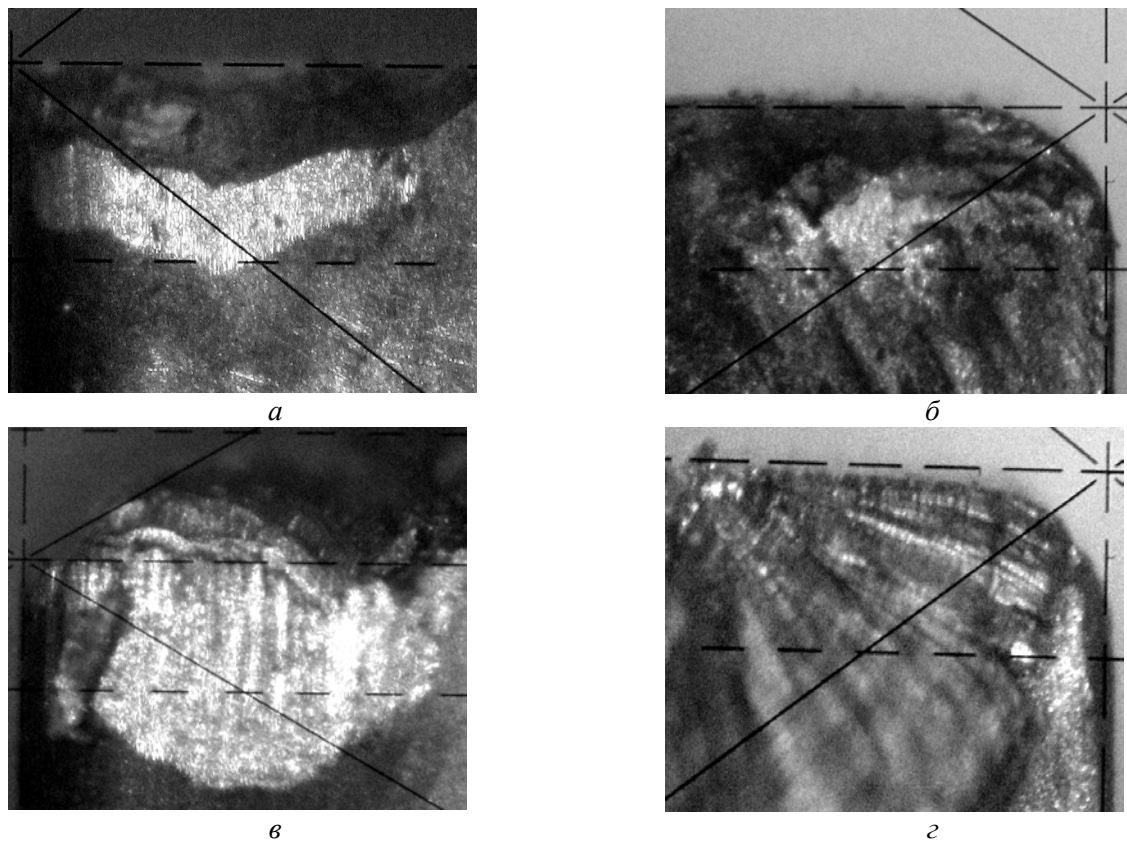


Рис. 4. Контактні ділянки сплаву ВК100М (а, б – спікання у водні; в, г – спікання у вакуумі): а, в – задня поверхня, б, г – передня поверхня (x100)

Пластини, спечені у вакуумі, переважно зношувались по задній поверхні (рис. 4, в). Поряд з цим, на передній поверхні утворювалось своєрідне покриття (рис. 4, г). Проте, це не призводило до зміни значень P_z , що свідчить про відсутність суттєвого впливу цього явища на геометрію інструмента. Після на 30 хвилин роботи, що відповідає 56700 ударам на зразки, при досягненні величині зносу по задній поверхні $h_3 = 0,35$ мм, відбувається поступове зниження сили різання, що свідчить про збільшення розмірного зносу інструмента. При цьому не відбувалось макроруйнувань та сколювання інструментального матеріалу.

Збільшення глибини різання до 1,0 мм супроводжується зростанням сили різання P_z до 300 Н. В таких умовах вже після 10 хвилин роботи (18900 ударних навантажень) зразків сплаву, спеченого у водні, було зафіксовано значне зниження сили різання до 100 Н, що викликано макроруйнуванням вершини інструменту. В той же час при точінні зразками, спеченими у вакуумі, протягом 15 хв сила різання була постійною. У подальшому на різальній кромці почали з'являтися мікросколи. Поступово почала зменшуватись сила різання до 250 Н. Величина зносу по задній поверхні досягла 0,48 мм. На передній поверхні утворилися лунки зносу.

При точінні із глибиною різання 2 мм ($v = 115$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об) вже на першій хвилині відбувається сколювання та руйнування вершин сплаву ВК100М, виготовлених як за технологією спікання у водні, так і спечених у вакуумі (рис. 6) За таких умов обробки складова сили різання P_z збільшується до 600 Н. Зразки, спечені у водні, працювали всього 20 секунд (630 співударів із пазами заготовки) до повного руйнування. За аналогічних умов стійкість пластин, спечених у вакуумі, в два рази вище.

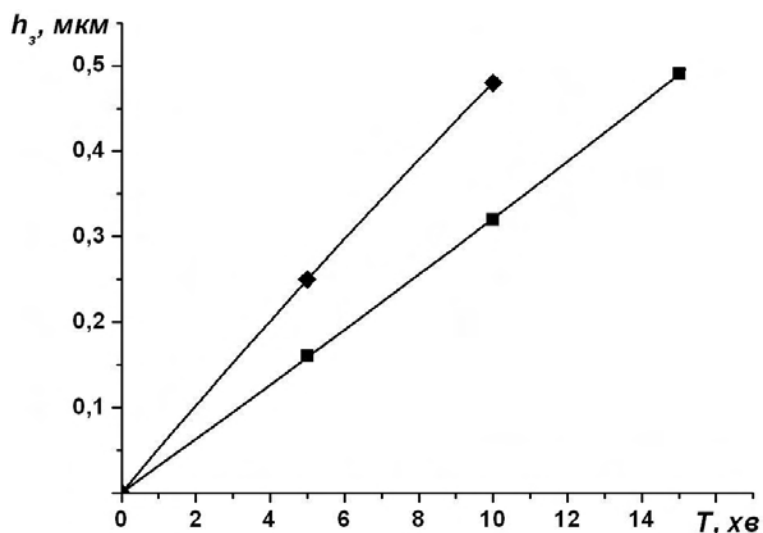


Рис. 5. Залежність величини зносу сплаву ВК100М від часу точіння ($v = 115$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,0$ мм): \blacklozenge – водневе спікання, \blacksquare – вакуумне спікання

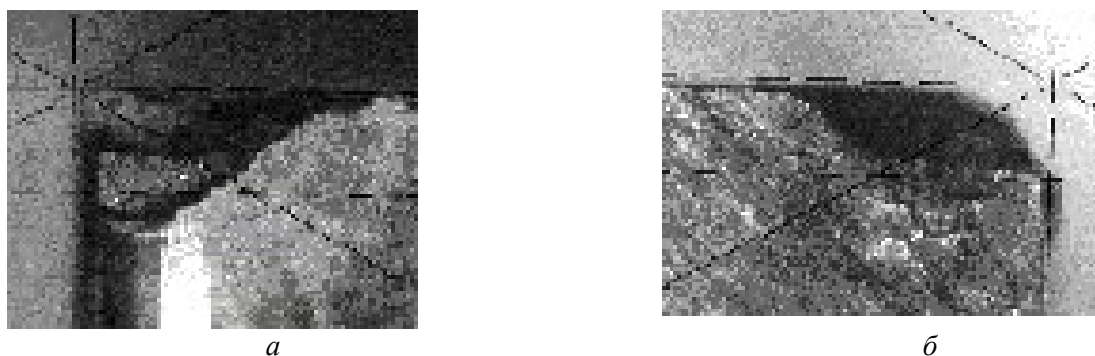


Рис. 6. Контактні ділянки сплаву ВК100М після ударного точіння ($v = 115$ м/хв, $S = 0,11$ мм/об, $t = 2,0$ мм): а – задня поверхня, б – передня поверхня ($\times 100$)

По отриманим даним було побудовано графік залежності кількості ударних навантажень, що діють на інструмент до певної величини зносу або до його руйнування, від величини сили удару (складової сили різання P_z) (рис. 7).

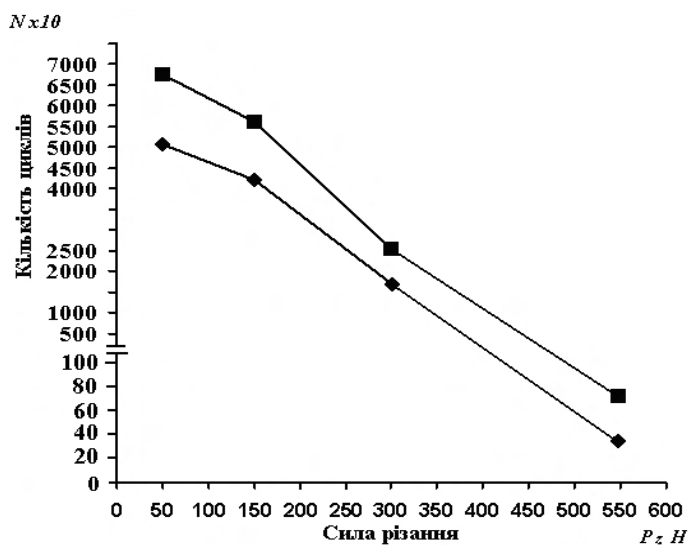


Рис. 7. Залежність кількості ударів від сили навантаження: \blacklozenge – спікання у водні; \blacksquare – вакуумне спікання

Висновки

При виготовленні матеріалів інструментального призначення поряд із визначенням їх механічних властивостей вкрай актуальними є розробка методів оцінки стійкості таких матеріалів до дії контактних ударних навантажень, що мають місце при лезовій обробці, особливо на чорнових проходах. Визначення стійкості до ударних навантажень найбільш доцільно проводити безпосередньо при ударному точінні з фіксацією рівня тангенціальної складової сили різання P_z , яка створює на різальній пластині насамперед напруження згину. При такому методі інструментальний матеріал знаходиться під дією не тільки ударного навантаження, що має місце при випробуваннях на лабораторних установках, але під дією факторів, які виникають в зоні різання у процесі точіння, зокрема температури в зоні контакту, адгезійних, дифузійних процесів, абразивного впливу оброблюваного матеріалу, тертя по передній і задній поверхнях інструменту.

Проведені дослідження показали, що експериментальний твердий сплав ВК100М, виготовлений за технологіями спікання у водневому середовищі та вакуумного спікання, має високу стійкість до ударного навантаження при точінні із відносно невеликими силами різання ($P_z < 200$ Н). При збільшенні глибини різання та сили ударного навантаження в два і більше рази має місце катастрофічний знос та руйнування вершин інструменту з досліджуваного сплаву вже на перших хвилинах роботи.

Застосування технології вакуумного спікання дозволяє збільшити стійкість до ударного навантаження та зменшити інтенсивність зношування сплаву ВК100М в 1,5–2 рази. Із зростанням сили ударного навантаження спостерігається збільшення різниці по стійкості сплавів, виготовлених за різними технологіями.

The results are discussed of studies of the stability of the WC–10Co fine-grained experimental alloy (sintered according to different technologies) toward cyclic loading in turning the 40X untempered steel. The effect of the shock loading force, which was registered directly in the course of turning, on the tool material fracture rate was defined.

Key words: sintered carbide, shock strength, turning, cutting force.

Представлены результаты экспериментальных исследований стойкости к ударному циклическому нагружению экспериментального сплава ВК100М, спеченного по различным технологиям, при точении незакаленной стали 40Х. Установлено влияние силы ударного нагружения, которая фиксировалась непосредственно в процессе точения, на скорость разрушения инструментального материала.

Ключевые слова: твердый сплав, ударная прочность, точение, сила резания.

Література

1. Андреев А.А., Гаврилов А.Г., Падалко В.Г. Прогрессивные технологические процессы в инструментальном производстве. – М.: Машиностроение, 1981. – 214 с.
2. Астатін В.В. Олефір Г.О. Застосування балістичного маятника для досліджень ударної міцності матеріалів // Наукоємкі технології, 2009. – № 2. – С. 19–24.
3. Бондаренко В. П., Прокопів Н. М., Харченко О. В. Термокомпрессионная обработка твердых сплавов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – Вып. 7. – С. 252–256.

Надійшла 14.07.11