

УДК 621.914

Г.М. Виговський, к.т.н., проф.

О.А. Громовий, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ВИСОКОШВИДКІСНІЙ ОБРОБЦІ

На основі теоретичного розгляду високошвидкісної обробки поверхонь деталей торцевим фрезеруванням визначені рекомендації щодо застосування інструментальних матеріалів у різальній частині фрез.

Вступ. Перспективним шляхом розвитку сучасних технологічних процесів є застосування високошвидкісної обробки, при якій продуктивність на 35–40 % вища, ніж при звичайній обробці різанням [1].

Значна частина деталей мають плоскі поверхні з високими вимогами до точності та шорсткості оброблених поверхонь. Задача підвищення продуктивності їх обробки є актуальним завданням для машинобудівної галузі. Серед найбільш продуктивних методів, що можуть бути застосовані при високошвидкісній обробці плоских поверхонь, є використання торцевих фрез, оснащених надтвердими матеріалами і твердими сплавами. При цьому, на продуктивність високошвидкісної обробки суттєво впливає зношування різального інструменту.

В зв'язку з цим, **мета даної роботи** полягає в подальшому вивченні особливостей зношування різального інструменту при високошвидкісній обробці металів і сплавів.

Робота пов'язана з виконанням НДР Житомирського державного технологічного університету "Удосконалення процесів обробки плоских поверхонь деталей торцевим фрезеруванням" РК №01060013148 та "Прогресивні інструменти та технологічні процеси для виготовлення деталей верстатів" РК №01060013149.

При розвитку теоретичних представлень процесів різання велика увага приділяється процесам зношування інструментів, які ув'язують процеси різання і стружкоутворення з експлуатаційними і якісними показниками обробки [1–17].

Основна частина. Специфіка механізму зношування інструменту пов'язана з високими температурами на площадках контакту і малим часом контактування [3]. Відсутність наросту і застійної зони та зміцнення металу в зоні пластичного контакту підвищує інтенсивність

адгезійних і дифузійних процесів, виникає значне зношування контактних площадок поблизу різальної кромки. Інтенсивність зношування при звичайних і надвисоких (більших в 300 разів) швидкостях при інших рівних умовах може бути приблизно однаковою або більш високою в останньому випадку.

Для високошвидкісного фрезерування непридатні фрези, що працюють при звичайних швидкостях, тому розробляються конструкції фрез з більш надійним кріпленням різальних пластин (при фрезеруванні торця), збільшеним об'ємом стружкових канавок і числом різальних ножів, що не перевищує розрахункового (приблизно по два різальні ножі на кожному 25 мм діаметра фрези). Велике значення при надвисоких частотах обертання фрез має їх динамічне балансування. При цьому стійкість інструменту, як і при звичайному фрезеруванні, залежить від матеріалу.

На рис. 1 показана ширина зношування при фрезеруванні сплаву на основі алюмінію, що включає мідь, магній і свинець, фрезами з двома різальними ножами і діаметром 50 мм з різних матеріалів. Швидкість різання складала 4712 м/хв., швидкість подачі — 6 м/хв., глибина різання — 3 мм, $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 13^\circ$, $\lambda = 25^\circ$.

Аналіз даних рис. 1 свідчить про те, що швидкорізальні сталі через швидке зношування є неефективними інструментальними матеріалами для високошвидкісного фрезерування. Непереточувані пластини з полікристалічного алмазу і кубічного нітрида бору (КНБ) при фрезеруванні в цілому також не дають високих результатів.

Найбільш доцільними для використання в різальній частині фрез при високошвидкісній обробці є тверді сплави марок K10 і K20 на основі карбиду вольфраму, у яких ширина стрічки зношування стає рівною 0,2 мм тільки через 30 хв. після початку обробки. У твердого сплаву марки K01 через передчасне руйнування різальних кромки характеристики зношування гірші.

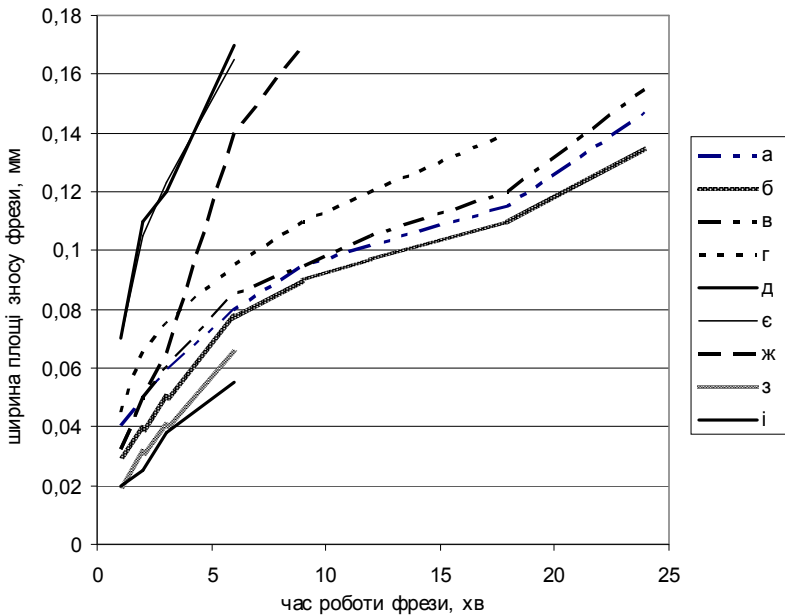


Рис. 1. Ширина площі зношування при фрезеруванні сплаву на основі алюмінію фрезами з двома різальними ножами, оснащеними:

а — твердий сплав марки К20; б — твердий сплав марки К20 з покриттям; в — твердий сплав марки КШ; г — твердий сплав марки К01; д — швидкорізальна сталь з 5 % кобальту; е — швидкорізальна сталь з 10 А кобальту; ж — швидкорізальна сталь з покриттям; з — КНБ; і — алмаз

При розгляді обробки вищенаведеного алюмінієвого сплаву твердосплавними двоножевими фрезами діаметром 20...75 мм, що мають залежно від швидкості фрезерування ті самі геометричні параметри при різних значеннях ширини площі зношування (0,1...0,3 мм), можна зазначити, що при ширині зношування 0,2 мм стійкість фрези в діапазоні швидкостей різання 3700...4700 м/хв. приблизно на 80 % вище, ніж при звичайних швидкостях різання.

При високошвидкісному фрезеруванні одним комплектом інструмента можна виготовити на 50 % більше деталей, внаслідок чого компенсується більш висока вартість його виготовлення. Залежність стійкості цих фрез від швидкості різання показана на рис. 2. Вимірювання проводилися при таких параметрах: подачі на зуб

0,1 мм; глибині різання 2 мм; $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 13^\circ$, $\lambda = 25^\circ$. Різальний інструмент — твердий сплав марки К20, оброблюваний матеріал — сплав алюмінію, міді, магнію і свинцю.

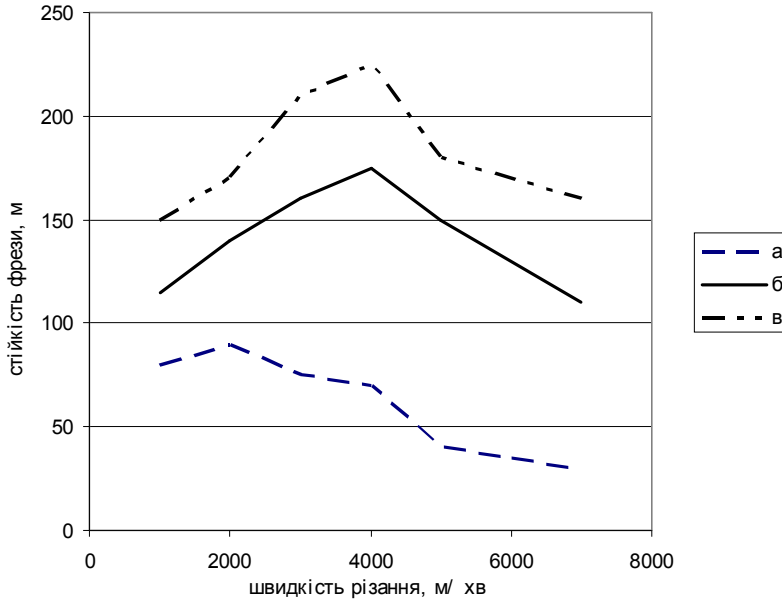


Рис. 2. Залежність стійкості твердосплавних двоножевих фрез від швидкості різання: ширина площі зношування 0,1 мм (а), 0,2 мм (б), 0,3 мм (в)

Дослідження чистового фрезерування проводилися [14] на спеціальному фрезерному верстаті ГФ2516 підвищеної точності з ЧПУ та на універсальному фрезерному верстаті 6Р12Б. Використовували торцеві фрези діаметром $D = 160$ і 250 мм касетної конструкції з механічним кріпленням пластин і з подвійною негативною геометрією (осьовий і радіальний передні кути рівні -6°); фрезерування здійснювалося одним різальним ножом.

Різальні пластини були виконані без задніх кутів із спрощеною фаскою розмірами $0,2 \text{ мм} \times 20^\circ$. Пластини із ПКНБ (кібориту (позначення RNGN 070300 T), композиту 10Д (RNGN 05T300 T) і томала-10 (SNGN 090412 T)) мали круглу і квадратну форму, а всі

пластини із кераміки (позначення SNGN 120412 T) – квадратну. Для пластин квадратної форми кут в плані 75° , радіус при вершині 1,2 мм.

Для експериментів використовували заготовки з розмірами $120 \times 140 \times 700$ мм із сірого чавуну СЧ21 (175–195 НВ). Корку на верхній поверхні попередньо видаляли і фрезерували заготовку, що мала корку тільки на бічних поверхнях.

Результати досліджень чистового фрезерування при $v = 1000$ м/хв., $s_z = 0,16$ мм/зуб, $t = 0,5$ мм (рис. 3) показали, що пластини з ПКНБ мають перевагу перед пластинами з кераміки, причому суттєво менше зношування h_3 по задній поверхні мають пластини з кібориту.

При $v = 2000$ м/хв., $s_z = 0,16$ мм/зуб і $t = 0,5$ мм на пластинах з композиту 10Д після фрезерування протягом 20 хв. утворюються термічні тріщини.

Дослідження чистового фрезерування ($s_z = 0,16$ мм/зуб; $t = 0,5$ мм) заготовок із сірого чавуну при збільшенні швидкості різання до 3000 м/хв. проводили тільки для кібориту як матеріалу, що найкращим чином характеризує можливості інструментальних матеріалів на основі BN.

Встановлено (рис. 4), що при $v = 1000 \div 3000$ м/хв. характер зношування є нормальним (без сколів і викришування) як по передній, так і по задній поверхнях; криві залежностей $h_3(\tau)$ при $v = 1000$, 2000 і 3000 м/хв. мають практично однаковий нахил і розрізняються тільки швидкістю зростання зношування на початкових ділянках кривих, які характеризують період припрацювання.

Інтенсивність зношування невелика, і при фрезеруванні протягом 3 год. катастрофічне зношування не відбувається.

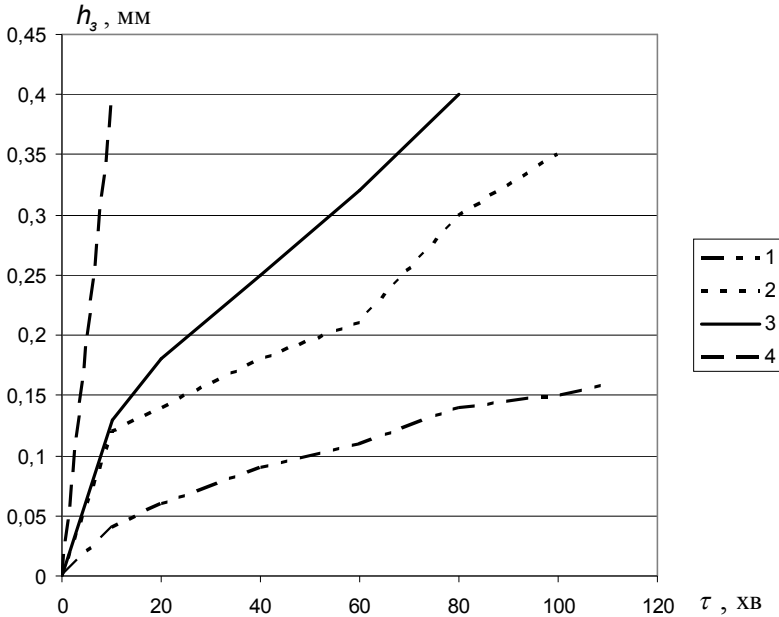


Рис. 3. Залежність показника зношування h_3 по задній поверхні різальних пластин з різноманітних матеріалів при різних швидкостях від час τ чистового фрезерування: а – пластини з кібориту (крива 1), томала–10 (крива 2), кераміки на основі Si_3N_4 (крива 3) і змішаної кераміки на основі $Al_2O_3 + TiC$ (крива 4)

За даними [17], при високошвидкісному фрезеруванні заготовок із сірого чавуну різальними пластинами з боразону на пластинках боразону з'являються термічні тріщини.

Дослідження показали, що при $v \geq 2000$ м/хв. пластини з томала–10 досить інтенсивно зношуються. Тому їх випробовували при чорновому фрезеруванні ($v = 1000$ м/хв.; $s_z = 0,16$ мм/зуб; $t = 4 \div 6$ мм).

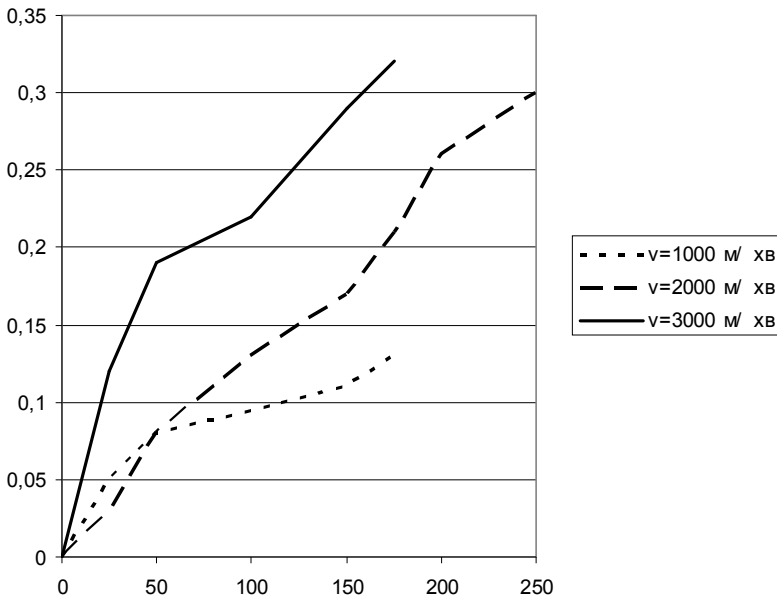


Рис. 4. Залежність показника зношування h_z по задній поверхні різальних пластин з кібориту при збільшенні швидкості різання від 1000 м/хв. до 3000 м/хв.

Встановлено, що зношування h_z пластин з томалу-10 не перевищує 0,5 мм, однак у 50 % досліджуваних пластин протягом 8–22 хв. фрезерування з'являлися термічні тріщини.

Висновки:

1. При чистовому фрезеруванні заготовок із сірого чавуну при швидкості $v=1000$ м/хв. інструментальні матеріали на основі VN мають суттєву перевагу перед нітридною і змішаною керамікою.

2. Із класу інструментальних матеріалів на основі VN найбільшу зносостійкість має кіборит. Термостійкість томалу-10 є значно нижчою, і його можна рекомендувати для високошвидкісної обробки з $v \leq 800 \div 1000$ м/хв. .

3. Інтенсивність зношування по задній поверхні пластин із кібориту при $v=3000$ м/хв. невелика. Дане значення не є граничним (з точки зору зносостійкості) для матеріалів на основі VN при

фрезеруванні заготовок із сірого чавуну; можливе фрезерування з більшими швидкостями.

4. Фактором, що обмежує можливості використання матеріалів на основі VN для високошвидкісного фрезерування сірого чавуну, є їх стійкість до термічного удару (на пластинах із композиту 10Д, томалу-10 і боразону можуть з'явитися термічні тріщини).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузин В.В. Режущий инструмент для высокоскоростного резания // Новые материалы и технологии – НМТ-2002: В 2 т. – М.: МАТИ-ФГТУ им. К.Э. Циолковского, 2002. – Т. 2. – С. 30–31.
2. Комплекс мероприятий по внедрению скоростного токарного фрезерования сложнлегированных сталей / В.К. Старков, В. Э. Пуш, В.В. Кузин и др. // Оптимизация процессов резания жаро- и особопрочных материалов. – Уфа: Уфимский авиационный ин-т, 1989. – С. 9–14.
3. Потапов В.А., Айзеншток Г.И. Высокоскоростная обработка. – М., 1986: Обзорная информация // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 1 / Металлорежущее оборудование. – Вып. 9.
4. Современные процессы механической обработки и качество поверхности деталей машин: Сб. науч. тр. / С.А. Клименко (отв. ред.). – НАН Украины, ИСМ им. В.Н. Бакуля. – К., 1998. – 191 с.
5. Резников Н.И. Скоростное резание металлов с большими подачами. – М.: Машгиз, 1957.
6. Чернов Н.П. Скоростное фрезерование ступенчатыми фрезами. Конструкция и эксплуатация: Изд. 2-е, доп. и переработ. – М.: Оборонгиз, 1954. – 128 с.
7. Колев К.С. Скоростное резание металлов / Под ред. Е.В. Струнникова. – Дзауджикау: Сев.-Осет. кн. изд., 1953.
8. Шатуров Г.Ф. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г.Ф. Шатуров, Ж.А. Мрочек. – Минск: УП “Технопринт”, 2001. – 461 с.
9. Постнов В.В., Шарипов Б.У., Шустер Л.Ш. Процессы на контактных поверхностях, износ режущего инструмента и свойства обработанной поверхности: Учеб. пособие. –

- Свердловск: Уральский государственный университет, 1988. – 224 с.
10. *Яцерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э.* Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов. – Минск: Высш. школа, 1990. – 512 с.
 11. Підручник для студентів вищих навчальних закладів / А.І. Грабченко, М.В. Везуб, Ю.М. Внуков, П.П. Мельничук, Г.М. Виговський / За редакцією А.І. Грабченка. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 451 с.
 12. *Петров П.П.* Повышение эффективности высокоскоростного резания пластических металлов: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / СПГТУ. – С-Пб, 1992. – 17 с.
 13. *Кузин В.В.* Работоспособность режущих инструментов из нитридной керамики при обработке чугунов // Вестник машиностроения. – 2004. – № 5. – С. 39–43.
 14. *Боровский Г.В., Якушева О.Б., Жамолетдинов А.А.* Высокоскоростное фрезерование серого чугуна // Станки и инструмент. – 1993. – № 2. – С. 29–31.
 15. *Fox-Rabinovich G.S. and other.* Characteristic features of alloying HSS-based deformed compound powder materials with consideration for tool self-organization at cutting. / *Wear.* 206. 1997. – P. 214.
 16. *Fox-Rabinovich G.S., Weatherly G.C., Dodonov A.L.* а. о. Nano-Crystalline FAD (fitted arc deposited) TiAlN PVD coatings for high-speed machining application // *Surface and coating Technology.* – 2004. – № 177–178. – P. 800–811.
 17. *Kronenberg M.* Gedanken zur Theorie und Praxis der Ultra-Schnellzerspannung // *Tech. Zbl. prakt. Metallbearb.* – 1961. – Bd. 55. – № 8. – S. 443–446.

ВИГОВСЬКИЙ Георгій Миколайович – кандидат технічних наук, проректор з науково-педагогічної роботи Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- проектування різальних інструментів.

ГРОМОВИЙ Олексій Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування та конструювання

технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- моделювання технологічних процесів.

Подано 17.08.2009