

УДК 621.9.04

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ
РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТА
ДЛЯ ОБРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

©Скоркін А. О., Кондратюк О. Л.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Скоркін Антон Олегович: ORCID: 0000-0003-3032-83414; mot@uira.ua; кандидат технічних наук; доцент кафедри машинобудування та транспорту; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Кондратюк Олег Леонідович: ORCID:0000-0002-3263-0483; mot@uira.ua; кандидат технічних наук; доцент кафедри машинобудування та транспорту; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Технологічна підготовка різального інструменту для обробки композиційних неметалічних матеріалів має немаловажне значення при організації інструментального забезпечення на підприємствах. Крім структурної й параметричної оптимізації при конструюванні нового інструмента, виборі й підготовці до роботи різального інструменту вона містить у собі заходу щодо виготовлення (формування) різального інструменту. Особливо актуальна ця проблема при виготовленні інструмента, оснащеного високоміцними й важкооброблюваними інструментальними матеріалами, що й володіє підвищеною точністю, надійністю, ресурсом і, як наслідок, високою працездатністю. Різальний інструмент повинен бути орієнтований на одержання продукції з високими якісними параметрами. Обробка таким інструментом повинна вести до підвищення продуктивності й зменшенню собівартості обробки виробів з композиційних неметалічних матеріалів.

Отже, удосконалювання заходів щодо технологічної підготовки інструментального забезпечення на підприємствах набуває актуальності в умовах сучасного виробництва.

Необхідна якість обробки поверхонь виробів, мінімальні сила й потужність різання досягаються концентрацією напруг у локальній області оброблюваного матеріалу, що прилягає до досить гострого леза.

Ключові слова: різальний інструмент; композитні матеріали; формування; механічна обробка; твердосплавний інструмент.

Скоркін А. О., Кондратюк О. Л. «Исследование методов формообразования режущих элементов твердосплавного инструмента для обработки композиционных материалов».

Технологическая подготовка инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов имеет немаловажное значение при организации инструментального обеспечения на предприятиях. Кроме структурной и параметрической оптимизации при конструировании нового инструмента, выборе и подготовке к работе инструмента она включает в себя мероприятия по изготовлению (формообразованию) режущего инструмента. Особенно актуальна эта проблема при изготовлении инструмента,

оснащеного високопрочними і труднооброблюваними інструментальними матеріалами, і володіє підвищеною точністю, надійністю, ресурсом і, як наслідок, високою роботоздатністю. Режущий інструмент повинен бути орієнтований на отримання продукції з високими якісними і точнісними параметрами. Обробка таким інструментом повинна вестися до підвищення продуктивності і зменшення собівартості обробки виробів з композиційних неметалічних матеріалів.

Ітак, удосконалення заходів по технологічній підготовці інструментального забезпечення на підприємствах набуває актуальності в умовах сучасного виробництва.

Необхідне якість обробки поверхонь виробів, мінімальні сила і потужність різання досягаються концентрації напружень в локальній області оброблюваного матеріала, прилеглої до досить гострого лезва.

Ключові слова: режущий інструмент; композитні матеріали; формоутворення; механічна обробка; твердосплавний інструмент.

Skorkin A., Kondratyuk O “Investigation of the methods of forming the cutting elements of the carbide tool for the processing of composite materials”.

The technological preparation of a tool for processing composite non-metallic materials is of no small importance in the organization of tooling in enterprises. In addition to structural and parametric optimization in the design of a new tool, the selection and preparation for the work of the tool, it includes measures for the manufacture (shaping) of the cutting tool. This problem is especially topical in the manufacture of tools equipped with high-strength and hard-to-process tools, and has increased accuracy, reliability, resource and, consequently, high efficiency. The cutting tool should be oriented to obtaining products with high quality and precision parameters. The processing with such a tool should lead to increased productivity and a reduction in the cost of processing products from composite non-metallic materials.

So, the improvement of measures for the technological preparation of tooling at the enterprises becomes relevant in the conditions of modern production.

The necessary quality of the surface treatment of products, the minimum force and cutting power are achieved by stress concentration in the local area of the processed material adjacent to a fairly sharp blade.

Key words: cutting tools; composite materials; shaping; mechanical sheath; carbide tools.

1. Вступ

Композиційні матеріали являють собою металеві й неметалічні матриці (основи) із заданим розподілом у них ущільнень (волокон, дисперсних часток); при цьому ефективно використовуються індивідуальні властивості складових композицій.

Найважливішими технологічними методами виготовлення композиційних матеріалів є: просочення армуючих волокон матричним матеріалом; формування в прес-формі стрічок ущільнень й матриці, одержуваних намотуванням; холодне пресування обох компонентів з наступним спіканням; електро-хімічне нанесення покриттів на волокна з наступним пресуванням; осадження матриці плазмовим напилюванням на ущільнення із наступним

Верстати та інструменти

обтисненням; пакетне дифузійне зварювання монослойних стрічок компонентів; спільна прокатка армуючих елементів з матрицею й інші.

У цілому композиційний матеріал – гетерогенна система, що полягає із двох або більш компонентів, взаємодія яких на границі роздягнула фаз приводить до утвору міжфазного шару, що надає матеріалу нові властивості при збереженні індивідуальності кожного компонента [1, 6].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

По своїй будові композиційні матеріали діляться на анізотропні, властивості яких значно різняться між собою уздовж і поперек матеріалу, і ізотропні, властивості яких незмінні.

Таким чином, фізико-хімічні особливості поведінки подібного роду систем обумовлюються можливістю утвору хімічних зв'язків між поверхнями наповнювача й матриці, а також умовами взаємодії на границі роздягнула фаз.

Нова комбінація властивостей, при збереженні індивідуальності кожного компонента, виникає в композиті за рахунок міжфазних явищ і виникнення граничних або перехідних шарів у результаті адгезійної взаємодії.

Можливість існування тіла у твердому або рідкому (конденсованому) стані обумовлена когезією, обумовленою міжмолекулярними й міжатомними взаємодіями.

Механізм утвору адгезійного контакту може бути різним. Можливі механічні, хімічні й інші з'єднання компонентів.

Визначальну роль при цьому відіграють взаємодії молекул на границі роздягнула фаз. При цьому можливі хімічні реакції, а також міжмолекулярні взаємодії, тобто взаємодії між атомами й молекулами, хімічно незв'язаними між собою й нереагуючими один з одним.

Розрізняють кілька типів взаємодії [1, 6, 7]:

1. орієнтаційне, що виникає при взаємодії двох полярних груп;
2. дисперсійне, що виникає при взаємодії як полярних, так і неполярних молекул внаслідок квантової природи матерії (за законами квантової механіки);
3. індукційне (деформаційне), що реалізується при взаємодії полярної й неполярної молекул.

Водневий зв'язок є особливим типом міжмолекулярних взаємодій. Вона виникає між двома електронегативними атомами через іонізований атом H^+ . При цьому іон водню валентно пов'язаний з одним електронегативним атомом (O; F; Cl і т.п.) і одночасно взаємодіє з не поділеною парою іншого.

Виникнення внутрішніх напружень у ході формування адгезійного контакту обумовлене як зміною обсягу адгезива внаслідок процесів хімічного (поліконденсація сполучного й т.п.) або фізичного (випар розчинника, кристалізація компонента й т.п.) структурування компонента, так і термічними напругами в системі матриця-наповнювач за рахунок різниці їх теплоємностей. Оскільки внутрішні напруження спрямовані проти сил адгезійного зчеплення, залежність адгезійної міцності системи від внутрішніх напружень має складний характер, що може приводити до мимовільного відшаровування композита в процесі експлуатації.

У композиційних матеріалах армуючі елементи з'єднані ізотропною полімерною, металевою або іншими видами матриці, яка забезпечує монолітність матеріалу, фіксує форму виробу, сприяє спільній роботі волокон і перерозподіляє навантаження при руйнуванні частини волокон [1].

3. Постановка проблеми

У процесі різання в результаті взаємодії оброблюваного матеріалу з інструментальними (високий тиск, температура й швидкість відносного переміщення) контактні майданчики на передній і задньої поверхнях інструмента зношуються. Зношування при обробці композиційних неметалічних матеріалів відбувається безупинно, протягом усього процесу різання, практично при всіх можливих умовах різання й фізико-механічних властивостях як інструментального, так і оброблюваного матеріалів [1, 8, 5].

Інструменти зберігають свої різальні властивості доти, поки в процесі різання їх зуби, що мають форму несиметричного клина, зберігають геометричні й лінійні параметри. Втрата форми різального клина може відбутися або через руйнування, або через зношування клина по передній і задньої поверхнях.

Тендітне руйнування різального клина при обробці композиційних матеріалів відбувається у вигляді дрібного викрашування різальних крайок, відшаровування інструментального матеріалу на окремих ділянках лез або великих відколів. Такі руйнування характерні для інструментів з інструментальних матеріалів, що володіють найменшою пластичністю й міцністю на вигин, таких, наприклад, як тверді сплави.

Викрашування різальних крайок відбувається звичайно при роботі з ударами й змінним навантаженням, що має місце при врзанні й виході інструмента з контакту із заготовкою, а також пов'язане з поверхневими дефектами інструментального матеріалу, залишковими напругами й мікротріщинами, викликаними пайкою й заточенням інструмента [4].

Відшаровування інструментального матеріалу характерно для твердих сплавів. Воно виникає через дефекти структури твердого сплаву під дією більших сил адгезії з боку стружки, що сходить, і особливо.

Відколи різальної частини інструмента звичайно відбуваються за межами майданчика контакту стружки з інструментом, коли мікротріщини, збільшуючись під дією зовнішніх навантажень, зливаються в магістральну макротріщину, що приводить до руйнування різального клина. Відколи різальної частини інструмента найнебезпечніші, тому що ведуть до більших втрат інструментального матеріалу й шлюбу виробу.

4. Метою роботи є дослідження методів формоутворення різальних елементів твердосплавного інструмента для подальшого підвищення ефективності обробки композиційних матеріалів фрезеруванням.

5. Виклад основного матеріалу

Велике значення в процесі підготовки інструмента має правильно обрана технологія формоутворення його різальних елементів, як правило, що виготовляються з інструментальних

Верстати та інструменти

матеріалів, що мають підвищену твердість. Внаслідок цього виникають проблеми при виборі послідовності заточування, режимів обробки й характеристик абразивного інструмента.

Фрезерний інструмент для обробки композиційних матеріалів звичайно має підвищені, у порівнянні з металорізальними інструментами, величини переднього й заднього кутів і, відповідно, відносно менший кут загострення різального леза, що, у свою чергу, також утрудняє одержання якісного різального леза, особливо при заточуванні різальних елементів із твердого сплаву.

Заточування фрез здійснюють шліфуванням леза по плоскій передній або задній поверхні. У результаті заточування повинні бути забезпечені гострота леза (радіус округлення різальної крайки $\rho \leq 5$ мкм) і шорсткість поверхні, що шліфується, по параметру $Ra \leq 6,3$ мкм. Виконання цих вимог і продуктивність заточення залежать від вибору типу шліфувального кола, установки кола на шпинделі заточувального верстата й фрези щодо кола, режимів заточування [6].

Фрези із криволінійною задньою поверхнею й профільні фрези заточують по плоскій передній поверхні. Фрези із прямолінійною задньою поверхнею можна заточувати як по передній, так і по задній поверхнях.

Режим заточення повинен забезпечити й незмінність структури інструментального матеріалу. Рекомендується після заточування виконувати кілька проходів без поперечної подачі до провалля іскор і, перемінивши шліфувальне коло разом з оправленням, на тому ж заточувальному верстаті, не міняючи базування фрези, провести доведення лез [8].

Для правильного вибору шліфувального кола при формоутворенні твердосплавних різальних елементів необхідно встановити [5, 7]:

- матеріал зерен, що шліфують;
- величину зерен (зернистість);
- вид зв'язування;
- твердість;
- структуру шліфувального кола;
- його окружну швидкість, а також розмір і форму кола.

Традиційне заточування сталевих інструментів здійснюється електрокорундовими колами й колами з кубічного нітриду бору (КНБ). Як правило, при знятті більших припусків застосовують кола з електрокорунду. Для доведення й видалення малих припусків використовують кола із КНБ. Рекомендації із заточування сталевих інструментів втримуватися в літературі [3, 6]. Але сталевий інструмент, у силу малої зносостійкості, мало застосовується для обробки композиційних матеріалів, тому приділимо увагу виготовленню (заточуванню) інструмента, оснащеного важкооброблюваними інструментальними матеріалами.

Чорнове заточування твердосплавного інструмента призначене для зняття основної частини припуску з максимально припустимою інтенсивністю знімання й підготовки оброблюваних поверхонь до чистового заточення й доведенню. Процес заточування твердосплавних фрез полягає в шліфуванні різальних пластин з обох торців до одержання номінального розміру по висоті фрези із припусками на чистове шліфування. Потім ведеться чорнове шліфування передньої й задньої поверхонь із кутами, збільшеними на 2...40 по порівнянню із заданими.

Для чорнового заточування твердосплавного інструмента, як правило, застосовуються шліфувальні кола з карбіду кремнію зеленого. Тому що чорнова обробка дозволяє вести інтенсивне знімання матеріалу, те можливе використання грубозернистих кіл (F46...F60) на керамічному зв'язуванні (V), середньом'якої групи твердості (K, L) і середньоплотної структури (№ 5, 6). Пропонуються наступні режими обробки: швидкість кола 12...15 м/с, поздовжня подача 1,5...2,5 м/хв, глибина шліфування 0,08...0,12 мм [38, 55, 170]. Заточування колами з карбіду кремнію зеленого рекомендується при рясному охолодженні, яке усуває можливість перегріву, місцевих прижогів і утвору мікротріщин і поліпшує якість поверхні, що заточується.

Чистове заточування різальних поверхонь інструмента виконується при необхідних кутах зі збереженням мінімальних припусків на доведення інструмента й призначене для підвищення точності розмірів і зменшення шорсткості оброблюваної поверхні.

Однак, традиційно рекомендовані технології формоутворення твердосплавних різальних елементів, на наш погляд, мають рядом недоліків. Так кола з карбіду кремнію зеленого, традиційно використовувані у виробничих умовах для чорнового заточування інструмента, оснащеного твердим сплавом, наносять серйозні дефекти інструментальному матеріалу у вигляді відколів, макро- і мікротріщин (рисунк 1). Це пояснюється високими силовими й температурними навантаженнями, що виникають у зоні обробки в процесі заточування.

При експлуатації інструмента такі дефекти обробленої поверхні, як правило, приводять до руйнування твердого сплаву, появи відколів, а, отже, до передчасного виходу з ладу різального інструменту.

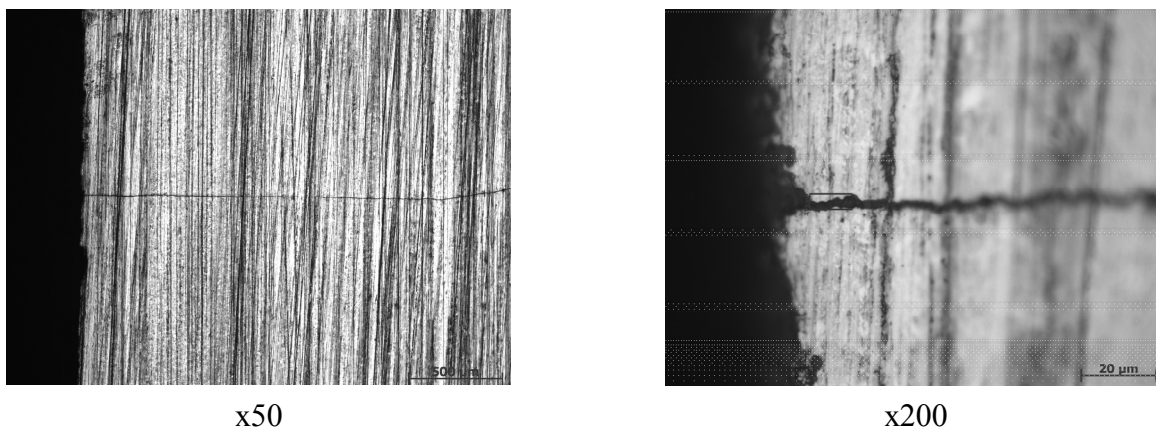


Рис. 1 – Загальний вид передніх поверхонь твердого сплаву марки ВК8 після заточування колами з карбіду кремнію

Використання при чистовому заточуванні твердосплавних інструментів абразивних кіл із синтетичних алмазів дозволяє частково розв'язати ці проблеми. На практиці знайшли застосування алмазні кола з керамічними й органічними зв'язуваннями. Але, у силу особливих властивостей цих зв'язувань, такі кола також інтенсивно й нерівномірно зношуються, швидко втрачають геометричну форму профілю. Вони в основному використовуються для доведення твердосплавних інструментів.

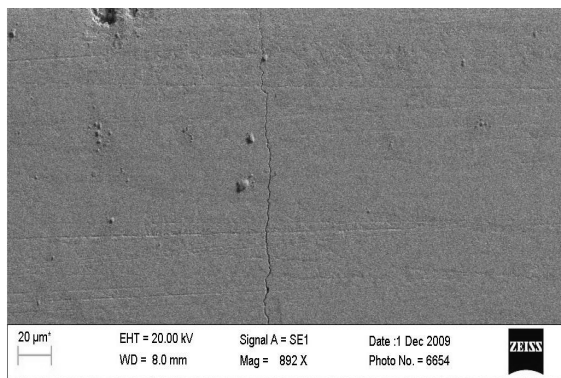
Але й алмазні кола в процесі заточування залишають на поверхні твердого сплаву поле обробки дефекти, як правило, у вигляді тріщин.

Верстати та інструменти

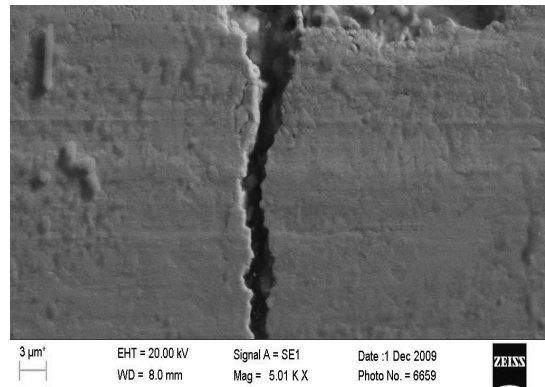
Такі дефекти на робочих поверхнях інструмента слабо видні неозброєним оком, однак, при більш детальному вивченні з використанням растрової електронної мікроскопії вони чітко прослідковуються й мають розмірність до 3...4 мкм (рисунок 2).

Високі температури утворюються в зоні контакту кола із твердим сплавом, локалізація їх у верхніх шарах останнього викликає виникнення напруг.

Стан заточених поверхонь після традиційного алмазного заточування додатково досліджувалося також із застосуванням методів оптичної інтерферометрії з використанням комплексу для вивчення топографії поверхні Zygo Newviewtm 7300, призначеного для визначення параметрів мікрорельєфу й структури об'єктів технічного й біологічного походження.



x890



x5000

Рис. 2 – Стан поверхні твердого сплаву марки ВК8 після алмазного заточування колами на органічному зв'язуванні

Дослідження топографії поверхонь інструментів для обробки композиційних неметалічних матеріалів, оснащених різними марками інструментальних твердих сплавів (рисунки 3-4), заточених традиційними методами алмазного шліфування, зняті уздовж ділянки різальної крайки, також підтверджують низька якість заточених поверхонь і різальної крайки інструмента.

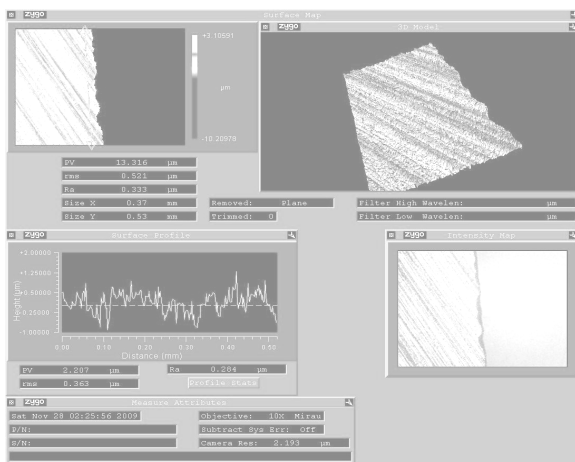


Рис. 3 – Результати топографічного дослідження якості інструмента, оснащеного твердим сплавом марки ВК3М після традиційного алмазного заточування

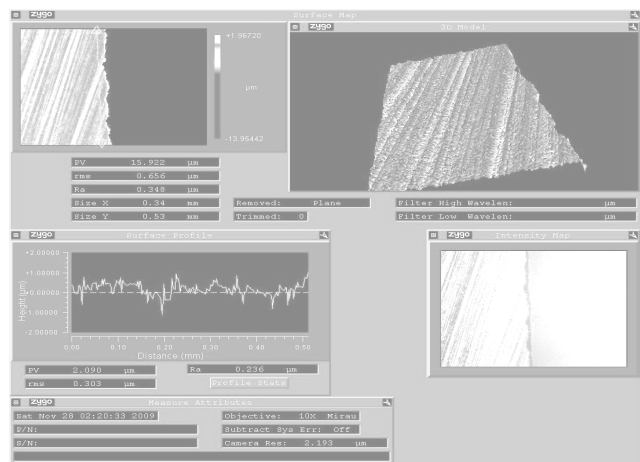


Рис. 4 – Результати топографічного дослідження якості інструмента, оснащеного твердим сплавом марки ВК8 після традиційного алмазного заточування

Втрата геометричної форми профілю, інтенсивне й нерівномірне зношування алмазного інструмента на керамічній і органічній зв'язуваннях, до того ж, негативно позначається на розмірній і геометричній точності оброблюваних різальних елементів, знижує якість заточених поверхонь і

Дану проблему могли б розв'язати алмазні кола на металевих зв'язуваннях. Але заточування твердосплавного інструмента таким абразивним інструментом представляє певні труднощі, зв'язані втратою різальної здатності алмазних кіл уже в перші хвилини роботи.

Втрата різальної здатності приводить до погіршення умов обробки, значному зростанню температури й сили різання, що спричиняє різке погіршення якісних показників поверхневого шару, що заточується твердосплавного різального елемента.

Отже, процес втрати різальної здатності алмазних кіл на металевому зв'язуванні при шліфуванні твердого сплаву вимагає детального вивчення.

Висновки

За результатами виявлено, що для заточування з гарантованою якістю алмазним абразивним інструментом різальних елементів з інструментальних твердих сплавів, що мають специфічні геометрію і габаритні розміри, характерні для інструмента, який займається обробкою композиційні матеріали, рекомендується використання методів і умов обробки, що забезпечують сили різання, що не перевищують 100 Н, в діапазоні швидкостей від 33 м/с до 45 м/с.

Список використаних джерел:

1. Абраzumов В. В. Износостойкость режущего инструмента при обработке композиционных материалов на древесной основе: автореф. ... д-ра техн. наук / Абраzumов Владимир Владимирович. – М., 2009. – 34 с.
2. Абрамов Ю. А. Применение информационно-поисковой системы САПР для изготовления специального режущего инструмента / Ю. А. Абрамов, Ю. Б. Сажин // Известия вузов. – 1985. – № 8. – С. 111-114.
3. Амалитский В. В. Исследование режущих свойств керамики при фрезеровании ЦСП / В. В. Амалитский, В. В. Абраzumов, Т. Д. Квачадзе // Процессы резания, оборудование и автоматизация в деревообработке: сб. науч. тр. – М. : МЛТИ, 1991. – Вып. 236. – С. 5-10.
4. Напряженно-деформированное состояние и прочность режущих элементов инструментов / Е. В. Артамонов, И. А. Ефимович, Н. И. Смолин, М. Х. Утешев; под ред. М. Х. Утешева. – М. : Недра:Бизнесцентр, 2001. – 199 с.
5. Артамонов Е. В. Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов / Е. В. Артамонов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2003. – 192 с.
6. Артамонов Е. В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, М. Х. Утешев; под общ. ред. М. Х. Утешева. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с.
7. Андреев В. Н. Совершенствование режущего инструмента / В. Н. Андреев. – М. : Машиностроение, 1993. – 240 с.
8. Баранчиков В. И. Обработка специальных материалов в машиностроении: справочник. Библиотека технолога / В. И. Баранчиков, А. С. Тарапанов, Г. А. Харламов. – М. : Машиностроение, 2002. – 264 с.
9. Баранчиков В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания материалов : справочник / В. И. Баранчиков. – М. : Машиностроение, 1990. – 400 с.

References

1. Abrazumov, V 2009 'Iznosostoykost rezhushchego instrumenta pri obrabotke kompozitsionnykh materialov na drevesnoy osnove', Doct.tekhn.n. abstract, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet lesa, Moskva.
2. Abramov, Yu & Sazhin, Yu 1985, 'Primeneniye informatsionno-poiskovoy sistemy SAPR dlya izgotovleniya spetsialnogo rezhushchego instrumenta', Izvestiya vuzov, no. 8, pp. 111-114.
3. Amalitskiy, V, Abrazumov, V & Kvachadze, T 1991, 'Issledovaniye rezhushchikh svoystv keramiki pri frezerovanii TsSP', Protsessy rezaniya, oborudovaniye i avtomatizatsiya v derevoobrabotke, iss. 236, pp. 5-10.
4. Artamonov, E, Efimovich, I, Smolin, N, & Uteshev, M 2001, Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye i prochnost rezhushchikh elementov instrumentov, Nedra: Biznessentr, Moskva.
5. Artamonov, E 2003, Prochnost i rabotosposobnost smennykh tverdosplavnykh plastin sbornykh rezhushchikh instrumentov, TyumGNGU, Tyumen.
6. Artamonov, E, Pomigalova, T & Uteshev, M 2011, Raschet i proektirovaniye smennykh rezhushchikh plastin i sbornykh instrumentov, TyumGNGU, Tyumen.
7. Andreyev, V 1993, Sovershenstvovaniye rezhushchego instrumenta, Mashinostroyeniye, Moskva.
8. Baranchikov, V, Tarapanov, A & Kharlamov, G 2002, Obrabotka spetsialnykh materialov v mashinostroyenii, Mashinostroyeniye, Moskva.
9. Baranchikov, V 1990, Progressivnyye rezhushchiye instrumenty i rezhimy rezaniya materialov, Mashinostroyeniye, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 17 квітня 2018 р.