

УДК 621.793.21

М.В. Новіков, д.т.н., проф.
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Л.Г. Полонський, к.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ОБРОБКА РІЗАННЯМ ПОВЕРХОНЬ З НАПИЛЕНИМИ ГАЗОТЕРМІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ (досвід українських спеціалістів, 1980–2000 рр.)

Представлено здобутки українських спеціалістів із механічної обробки напилених газотермічних покриттів протягом 1980–2000 рр., які сприяли появі нової концепції їх поліпшення.

Поступове, але неухильне перетворення техніки напилення газотермічних покриттів (ГТП) у спеціалізовану галузь промисловості, яка забезпечує створення виробів з унікальним поєднанням властивостей, викликало наприкінці 70-тих – у першій половині 80-тих рр. ХХ ст. велику зацікавленість спеціалістів, які займалися проблемами обробки різанням, у першу чергу важкооброблюваних матеріалів. Цьому сприяло те, що тільки напиленням покриттів далеко не завжди вдається отримати необхідні форму та властивості поверхонь деталей машин. Із залученням у техніку напилення ГТП матеріалів спеціального призначення та висуненням її в розряд техніки відновлювального і зміцнювального призначення стало зрозумілим, що традиційні підходи до механічної обробки широко розповсюджених конструкційних матеріалів виявилися неприйнятними під час обробки поверхонь, сформованих газотермічним напиленням, і потребують перегляду.

Одними з перших, ще в 1970-ті роки, механічну обробку газотермічних покриттів у промислових масштабах впровадили деякі підприємства радіотехнічної галузі (обробці піддавалися в основному деталі стрічкопротяжних механізмів магнітофонів). Тоді ж над цією проблемою досить успішно почали працювати й українські спеціалісти [1], [2]. Техніка напилення ГТП у повному обсязі (а це, окрім підготовки поверхні під покриття, – власне напилення покриття і наступна його поліпшувальна або механічна, в основному різанням, обробка) була впроваджена в агро-, військово-промислового та машинобудівного комплексах, металургії, гірничо-добувній та інших галузях вітчизняної промисловості. Можна згадати такі підприємства, як Ремонтно-механічний завод Навоййського гірничо-збагачувального комбінату (Узбекистан), «Азовсталь» та «Криворіжсталь» (Україна), ремонтні заводи, нафто- і золотодобувні комплекси у Росії тощо [3]–[5].

У ці ж роки роботи з дослідження оброблюваності напилених ГТП були на високому науково-технічному рівні організовані в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля АП УРСР (ІНМ), Житомирському філіалі Київського політехнічного інституту (ЖФ КПІ), багатьох інших організаціях і вузах України.

Вивчення оброблюваності найбільш розповсюджених покриттів із порошків самофлюсівних сплавів системи Ni-Cr-B-Si в діапазоні твердості HRC_e 40...50 показало, що вони задовільно піддаються різанню інструментами з твердих сплавів типу ВК [5]. Для поліпшення техніко-економічних показників обробки ГТП твердістю HRC_e 50...62 більш ефективними виявились інструменти, оснащені полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ) – ельбором-Р, гексанітом-Р, киборитом та ін. [5]–[7].

В табл. 1 наведено рекомендації українських спеціалістів із застосування інструментальних матеріалів на основі кубічного нітриду бору (КНБ) при точінні напилених ГТП.

Таблиця 1

Працездатність ПНТМ на основі КНБ при точінні напилених покриттів [5], [6]

| Твердість покриття, HRC _e | Інструментальний матеріал | | |
|---|---------------------------|------------|---------|
| | Ельбор-Р | Гексаніт-Р | Киборит |
| 40...50 | + | ++ | +++ |
| 50...60 | - | + | +++ |

Примітка. Працездатність ПНТМ: «+++» – найліпша, «++» – висока, «+» – задовільна, «-» – незадовільна.

Схеми налагодження та кути різальних інструментів, оснащених твердими сплавами, для обробки напилених покриттів, запропоновані київськими та житомирськими дослідниками, наведені на рис. 1 і 2 [5], [7].

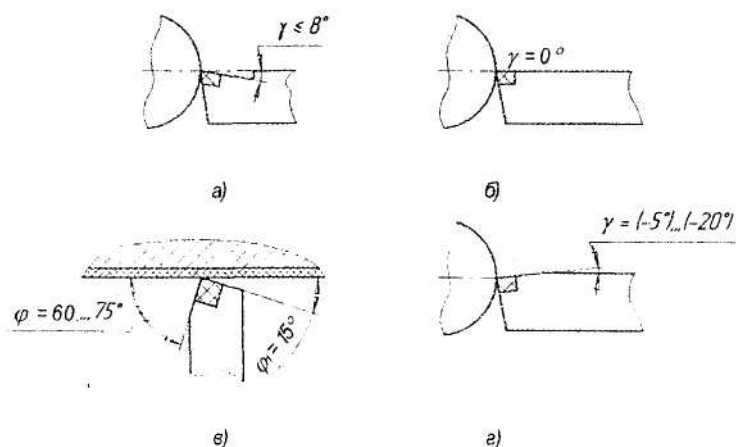


Рис. 1. Кути та установка твердосплавних різців для обробки ГТП: а) з позитивним переднім кутом $\gamma \leq 8^\circ$; б) з кутом $\gamma = 0^\circ$; в) при обробці на прохід (φ – головний кут у плані, φ_1 – допоміжний кут у плані); г) з від’ємним кутом γ

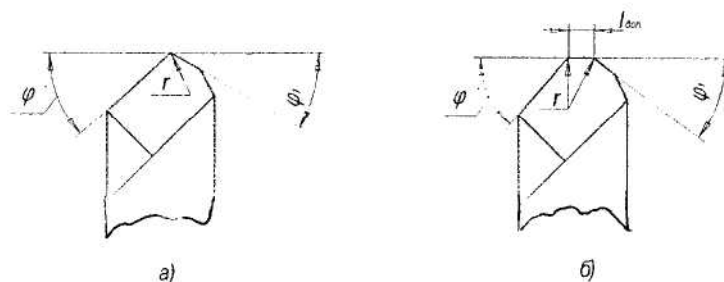


Рис. 2. Кути заточування різців для обробки газотермічних покриттів (рекомендації ЖФ КПІ, 1985 р.): а) гострозаточений ($\gamma = 0^\circ \dots (-5^\circ)$, $r = 0,1 \dots 0,2$ мм – радіус при вершині різця); б) з додатковою різальною кромкою $l_{дон} = 0,4 \dots 0,6$ мм ($\varphi_0 = 0^\circ$ – кут у плані на додатковій різальній кромці)

Режими точіння покриттів системи Ni-Cr-B-Si, розроблені українськими спеціалістами, наведені в табл. 2 [5].

Таблиця 2

Режими точіння порошкових напилених ГТП системи Ni-Cr-B-Si (v – швидкість різання, S – подача, t – глибина різання)

| Матеріал різця | Вид обробки | Різці гострозаточені | | | Різці з додатковою різальною кромкою | | |
|----------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| | | v , м/с | S , мм/об | t , мм | v , м/с | S , мм/об | t , мм |
| Тверді сплави | Чорнова | 0,33...0,42 | 0,15...0,20 | 0,30...0,40 | 0,30...0,33 | 0,30...0,40 | 0,30...0,40 |
| | Чистова | 0,42...0,50 | 0,10...0,15 | 0,15...0,20 | 0,33...0,42 | | 0,15...0,20 |
| Гексаніт-Р | Чорнова | 1,33...2,00 | 0,15...0,20 | 0,20...0,30 | 1,33...2,00 | 0,20...0,30 | 0,30...0,40 |
| | Чистова | 1,67...2,50 | | 0,15...0,20 | | | 1,67...2,50 |
| Ельбор-Р | Чистова | 2,00...2,50 | 0,10...0,15 | 0,10...0,15 | 2,00...2,50 | 0,15...0,20 | 0,12...0,20 |

У наступні роки багато результатів досліджень українських спеціалістів, які значно поглибили уявлення про різання покриттів та привнесли певні цінності у практику їх обробки, були захищені авторськими свідоцтвами СРСР, патентами Російської Федерації (РФ) та України.

У 1991 р. запропоновано спосіб визначення оптимальної швидкості різання, реалізація якого дозволяє мінімально змінювати вихідну пористість покриття [8]. Погім (1994 р.) цей спосіб було вдосконалено Житомирським регіональним фондом підтримки підприємництва і розвитку конкуренції запатентовано в РФ (рис. 3) [9].

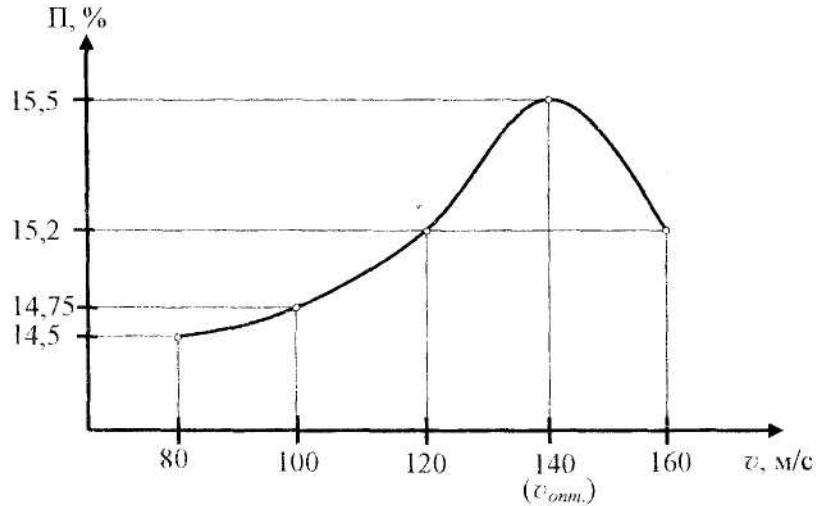


Рис. 3. Криві „ $v - P$ – пористість поверхні P ” при обробці порошкового покриття ПГ 12Н 02 ($S = 0.07$ мм/об; $t = 0,5$ мм; $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$)

У цьому ж році Асоціацією технологів-машинобудівників України, також у Росії, запатентовано і спосіб визначення оптимальної довжини додаткової різальної кромки інструментів, які використовуються для різання ГПП [10], а в 1995 р. патент РФ видано на спосіб визначення оптимального припуску на механічну обробку напилених покриттів [11]. У 1997 р. спосіб визначення сумарного припуску чорнового та чистового проходів при обробці деталей, напилених матеріалами системи Ni-Cr-B-Si, запатентовано в Держпатенті України [12].

Протягом цих років також розроблено конструкції токарних різців, різальної пластини, інструментів, що працюють шляхом суміщення різання з поверхневим пластичним деформуванням (ШД), призначених спеціально для обробки напилених покриттів.

Різець з механічним кріпленням різальної пластини (а. с. 1660853 СРСР, 1991 р.) дозволив за рахунок оригінального виконання пристрою для кріплення різальної пластини збільшити стійкість інструмента [13]–[15]. Він містить (рис. 4) державку 1, на опорній поверхні гвізда якої встановлена різальна пластина 2, розташована між виступами сепаратора 3.

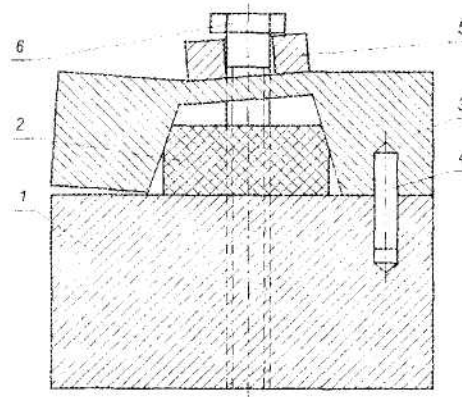


Рис. 4. Різець з механічним кріпленням різальної пластини для обробки напилених покриттів (вид зверху, розріз): 1 – державка; 2 – різальна пластина; 3 – сепаратор; 4 – штифт; 5 – прихват

Один із цих виступів кріпиться до державки за допомогою штифта 4. Виступи сепаратора з'єднані пружною перетинкою, розташованою між прихватом 5 та різальною пластинною з зазором відносно останньої. На виступах сепаратора та бокових сторонах різальної пластини виконано скоси, що взаємодіють при закріпленні за допомогою гвинта 6. Кут скосу на виступі сепаратора, з'єднаного з державкою штифтом, виконано рівним куту скосу на боковій стороні різальної пластини. Кут скосу на другому виступі сепаратора менший кута скосу на боковій стороні різальної пластини на величину, що не перевищує кута самогальмування. При цьому вказаний останнім виступ сепаратора виконано із зазором відносно опорної поверхні гнізда державки.

При затиску різальної пластини пружно деформується перетинка сепаратора. Внаслідок цього скоси на її бокових сторонах щільно притискаються до скосів на виступах сепаратора, забезпечуючи не тільки надійне кріплення в напрямку, перпендикулярному опорній поверхні гнізда державки, а й у дотичному напрямку до цієї поверхні, що дозволяє поліпшити стійкість різця. Разом з цим конструкція інструмента дає змогу встановлювати за допомогою одного прихвата різці за формою пластини одного типорозміру.

В 1992 р. розглянутий різець було вдоскопалено в ІНМ за рахунок ліквідації можливості провертання сепаратора 1 навколо штифта 2 (рис. 5) [16].

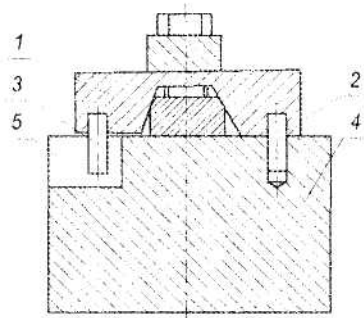


Рис. 5. Вдоскопалена конструкція різця з механічним кріпленням різальної пластини (а.с. 1757775 СРСР): 1 – сепаратор; 2 – штифт; 3 – штифт; 4 – державка; 5 – паз

Це було досягнуто шляхом застосування ще одного штифта 3, який входить у паз 5 на державці 4, відкритий у напрямку, перпендикулярному її поздовжній осі. Реалізація цього технічного рішення дозволила приблизно на 8...12 % поліпшити стійкість інструмента і на 15 % – розмірну точність обробки поверхонь з покриттями.

У 1994 р. Комітетом РФ з патентів і товарних знаків було видано патент на різець з поліпшеною надійністю кріплення різальної пластини (рис. 6), який добре зарекомендував себе в умовах значних контактних напруг, характерних для обробки високотвердих покриттів [17].

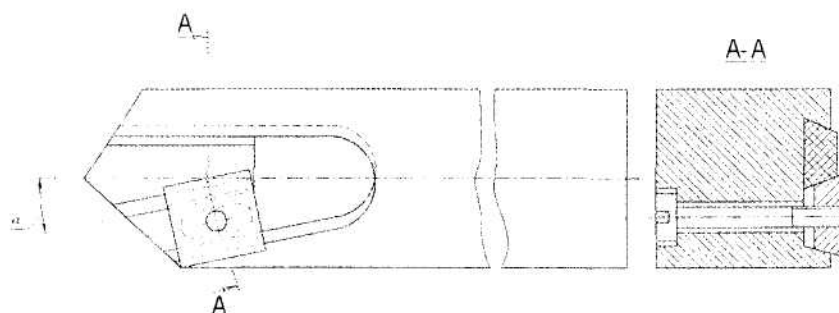


Рис. 6. Різець з поліпшеною надійністю кріплення різальної пластини для обробки газотермічних напшених покриттів (пат. 2016710 РФ)

Поліпшення оброблюваності досягається за рахунок того, що бокові поверхні паза у вигляді «застівчинного хвоста» для установки різальної пластини за допомогою прихвата виконуються не паралельними, а під гострим кутом α . Розміщення вершини цього кута зі сторони державки створює умови, за яких у процесі обробки складова сили різання заклинює різальну пластинку.

Розроблена в 1997 р. різальна пластина (пат. 2082562 РФ) з асиметричними боковими неробочими поверхнями 1 (рис. 7), які виключають ймовірність її зсуву при обробці нерівномірно зміцнених матеріалів (що характерно і для покриттів) дозволила досягти поліпшення ресурсу інструмента [18].

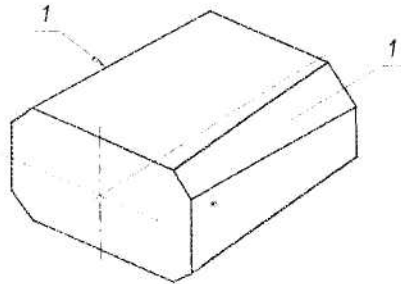


Рис. 7. Різальна пластина з поліпшеним ресурсом для обробки газотермічних покриттів:
1 – бокові неробочі поверхні

У 2002 р. сконструйовано інструмент для викінчувально-зміцнювальної обробки покриттів шляхом суміщення різання з ППД [19].

Для уцілювання та вирівнювання товщини покриттів розроблено інструменти серії УБРЮ, що дозволяють вести обробку шляхом суміщення ППД у супроводі тертя з різанням [20], [21].

Головним наслідком всестороннього дослідження механічної обробки покриттів є те, що після проникнення її в техніку напилення ГТТ та освоєння інструментів із ПНТМ змінилася структура цієї техніки, яка поповнилася надійними засобами остаточного формування покриттів.

Широке застосування ПНТМ і узагальнення результатів проведених протягом останніх тридцяти років досліджень також сприяли виникненню нової, комплексної концепції розвитку газотермічних покриттів, яка передбачає поліпшення їх технологічних властивостей із врахуванням можливостей наявних або спеціально розроблених для їх остаточної обробки інструментальних матеріалів.

На жаль, незважаючи на очевидну перспективність застосування газотермічних напилених покриттів та значну кількість визнаних на рівні винаходів розробок у галузі їх різання, впровадження досягнутих за цим напрямком результатів гальмується загальним станом промисловості як в Україні, так і в інших країнах СНД.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Применение плазменных покрытий в лентопротяжных механизмах аппаратуры магнитной видеозаписи / А.Д. Калужный, О.В. Шульга, Д.М. Каршинос, В.Г. Зильберберг // Порошковая металлургия. – 1979. – № 12 – С. 57–59.
2. Использование плазменных покрытий в узлах лентопротяжных механизмов видеомагнитофонов / Д.М. Каршинос, В.Г. Зильберберг, А.М. Вьяльцев и др. // Высокотемпературная защита материалов. – Л.: Наука, 1981. – С. 152–155.
3. Максимович Б.И. Газотермическое напиление деталей горно-шахтного оборудования // Восстановление и упрочнение деталей машин методами покрытий и наплавки износостойкими порошками: Матер. науч.-практической конф. на базе Навоийского горно-металлургического комбината; май 1984 г. – Навои: Б. и., 1984. – С. 42–50.
4. Левченко Н.В., Гикало А.Д. Обработываемость износостойких покрытий // Внедрение прогрессивных методов восстановления изношенных сельскохозяйственных машин: Тез. докл. обл. науч.-практической конф.; 1982 г. – Ровно: Б. и., 1982. – С. 14–15.
5. Левченко Н.В., Данильчук Н.И., Полонский Л.Г. Повышение производительности механической обработки изделий с износостойкими газотермическими покрытиями. – Инф. листок ЖЦНТИ № 60–85. – 1985. – 4 с.

6. Лезвийный инструмент из сверхтвёрдых материалов: Справ. / Н.П. Винников, А.И. Грабченко, Э.И. Гриценко и др.; Под общ. ред. акад. АН УССР И.В. Новикова. – К.: Техника, 1988. – 118 с.
7. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справ. / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская. – К.: Наук. думка, 1987. – 544 с.
8. А. с. 1748956 СССР. Способ определения оптимальной скорости резания. – Бюл. изобр. – 1992. – № 27.
9. Пат. 2022722 РФ. Способ определения оптимальной скорости резания. – Бюл. изобр. – 1994. – № 21.
10. Пат. 2023543 РФ. Способ определения оптимальной длины дополнительной режущей кромки. – Бюл. изобр. – 1994. – № 22.
11. Пат. 2026771 РФ. Способ определения оптимального припуска. – Бюл. изобр. – 1995. – № 2.
12. Пат. 5507 України. Способ определения суммарного припуска чернового и чистового проходов. – Бюл. винаходів. – 1994. – № 7-1.
13. Полонский Л.Г., Муковоз Ю.А., Клименко С.А. Устройство для крепления режущей пластины. – Инф. листок ЖЦНТИ № 90-5. – 1990. – 3 с.
14. А. с. 1660853 СССР. Резец с механическим креплением режущей пластины. – Бюл. изобр. – 1991. – № 25.
15. Инструмент для точения упрочняющих покрытий / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, Г.И. Рудник, Л.Г. Полонский // Повышение эффективности использования нового режущего инструмента и оснастки в машиностроении: Матер. краткосрочного науч.-техн. семинара, 5-6 марта 1991 г. – Л.: Об-во „Знание” РСФСР, Ленингр. организация – ЛДНТП, 1991. – С. 7-8.
16. А. с. 1757775 СССР. Резец с механическим креплением режущей пластины. – Бюл. изобр. – 1992. – № 32.
17. Пат. 2016710 РФ. Резец Полонских. – Бюл. изобр. – 1994. – № 14.
18. Пат. 2082562 РФ. Режущая пластина. – Бюл. изобр. – 1997. – № 18.
19. Декларацийний пат. 46439А України. Інструмент для викінчувально-зміцнювальної обробки. – Бюл. винаходів. – 2002. – № 5.
20. Декларацийний пат. 49435А України. Інструмент УБРЮ-1 для ущільнення та вирівнювання товщини газотермічних напилених покриттів і наплавлень. – Бюл. винаходів. – 2002. – № 9.
21. Декларацийний пат. 54673Ф України. Інструмент УБРЮ для ущільнення та вирівнювання товщини газотермічних напилених покриттів. – Бюл. винаходів. – 2003. – №3.

НОВИКОВ Микола Васильович – доктор технічних наук, професор, академік НАН України, директор Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- створення та дослідження властивостей полікристалічних надтвердих матеріалів;
- історія науки і техніки.

ПОЛОНСЬКИЙ Леонід Григорович – кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка різанням напилених газотермічних покриттів;
- історія техніки напилення газотермічних покриттів.

E-mail: pol@ziet.zhitomir.ua