



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичного заняття №5**

### **«ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕЗОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ»**

*з дисципліни «Інструментальні матеріали»*

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
зі спеціальності 131 Прикладна механіка  
(освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»)  
усіх форм навчання

Затверджено редакційно-видавничою  
секцією науково-методичної ради ДДТУ  
21.10.2021 р., протокол №8

Кам'янське  
2021

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено.

Методичні вказівки до практичного заняття №5 «Застосування лезових інструментів з надтвердих матеріалів» з дисципліни «Інструментальні матеріали» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка (освітньо-професійна програма «Прикладна механіка») усіх форм навчання. / Укладач: Музичка Д.Г. – Кам'янське, ДДТУ. – 2021р. - 13 стор.

Укладач: Музичка Д.Г., к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:  
Бельмас І.В., проф., д.т.н., зав. каф. ТМЗ

Рецензент: Чухно С.І., доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри ТМЗ  
(протокол №17 від 20.10.2021р.)

У методичних вказівках до практичних занять розглянуті питання про раціональні галузі та ефективність застосування інструментів з НМТ, вплив дії НТМ на мікроструктуру поверхонь обробки деталей та ін. Методичні вказівки також містять завдання до практичної роботи, перелік рекомендованої літератури та питання для самоперевірки.

**ЗМІСТ**

Застосування лезових інструментів з надтвердих матеріалів.....	4
Завдання.....	12
Питання для самоперевірки.....	12
Перелік посилань.....	12

## ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕЗОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

### (Практичне заняття №5)

Особливістю полікристалічних надтвердих матеріалів для інструмента є сполучення високих твердості і теплостійкості. По твердості полікристали на основі алмаза (карбонадо) і нітриду бора (композити) значно перевершують відомі інструментальні матеріали: швидкорізальну сталь, твердий сплав і мінералокераміку. Наприклад, композит 01 по мікротвердості перевершує мінералокераміку на  $5 \cdot 10^{10}$  Па.

При такому збільшенні твердості інструментального матеріалу можливе подальше зростання швидкостей різання при металообробці й остаточній обробці лезовими інструментами зі НТМ матеріалів високої твердості (загартованих сталей і твердих сплавів), що раніш можна було обробляти тільки абразивними інструментами.

Отже, лезові інструменти зі НТМ можна застосовувати замість абразивних, алмазних і ельборових кругів. Це дозволяє не тільки знижувати машинний час на якійсь групі операцій, але і зовсім по-новому в багатьох випадках будувати весь технологічний процес. Наприклад, можна виключити (чи скоротити) механічні операції до термообробки й одержати готову деталь із загартованої заготовки шляхом зняття припуску лезовим інструментом зі СТМ; можна також сконцентрувати всю попередню й остаточну обробку на одному устаткуванні.

Таким чином, поява лезових інструментів із НТМ – новий етап у розвитку технології металообробки.

Для ефективного впровадження інструментів з надтвердих синтетичних матеріалів необхідно насамперед правильно визначити область їхнього застосування. Вітчизняною промисловістю освоєне серійне виробництво різців із двох основних видів полікристалічних надтвердих матеріалів – ельбору-Р (на основі кубічного нітриду бора – КНБ) і карбонадо (алмаза). Кожний з них має свою область застосування, обумовлену фізико-механічними властивостями. По твердості карбонадо трохи перевершує ельбору-Р, але значно уступає йому по теплостійкості. Ельбор-Р хімічно інертний до чорних металів, а карбонадо має з ними хімічну спорідненість, що головним чином й визначає границю між областями застосування ельбору-Р і карбонадо.

Основний напрямок у застосуванні лезових інструментів з ельбору-Р – обробка загартованих сталей і чавунів. Установлено, що при обробці загартова-

них сталей зносостійкість різців з ельбору-Р значно вище, ніж зносостійкість різців із твердого сплаву і з мінералокераміки. Чим вище твердість сталі і швидкість різання, тим більше помітна перевага різців з ельбору-Р. Так, при точінні загартованих швидкорізальних сталей твердістю HRC 62-65 стійкість різців з ельбору-Р при  $V = 80 - 100$  м/хв вище стійкості різців із твердого сплаву Т30К4 у 20 – 30 разів, а з мінералокераміки – у 3-4 рази. При точінні більшості загартованих сталей твердістю HRC 45-50 стійкість ельбора-Р вище стійкості твердого сплаву Т30К4 у 3-5 рази.

У даний час при обробці загартованих сталей твердістю більш HRC 40-45 застосування інструментів з ельбору-Р значно ефективніше, ніж інструментів із твердого сплаву і мінералокераміки.

Застосування ельбору-Р дає можливість:

1) замінити операцію шліфування загартованих сталей чи обробку чавунів і важкооброблюваних матеріалів твердосплавним інструментом;

2) при заміні операції внутрішнього шліфування чи розточення твердосплавними різцями обробкою різцями з ельбору-Р збільшити продуктивність у 2-3 рази і підвищити якість обробки;

3) замінити різьбошліфування в деталях із загартованих сталей (типу різьбових калібрів, валиків чи гвинтів) точінням. Різці забезпечують підвищення якості і продуктивності обробки;

4) при заміні плоского шліфування торцевим фрезеруванням підвищити продуктивність праці в 1,8 – 2,5 рази.

Металографічний і рентгеноструктурний аналізи показали, що в поверхневому шарі загартованих сталей після обробки різцями з ельбору-Р у широкому діапазоні режимів різання не відбувається структурних змін, не дивлячись на досить високі (до  $1200^{\circ}\text{C}$ ) контактні температури. Це порозумівається малими площами контакту, а також тим, що велика частина тепла іде зі стружкою. Істотна перевага процесу точіння – у поверхневому шарі глибиною 50 – 70 мкм створюються стискаючі напруги (тоді як при шліфуванні – розтягуючі), що також підвищує експлуатаційні властивості деталей із загартованих сталей. Слід також зазначити, що при обробці різцями з ельбору-Р виключається шаржування поверхневого шару абразивом.

Різці з надтвердих полікристалічних матеріалів : кубічного нітриду бора (ельбора-Р, ПТНБ, гексаніту, ісміту) застосовують при точінні деталей тіл обертання і корпусних деталей із загартованих вуглецевих, легованих, нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів, замінюючи в деяких випадках чи зменшуючи трудомісткість операцій шліфування і доведення. Різці із синтетичних алмазів

типу карбонадо використовують при точінні деталей із силуміну типу АЛ2, АЛ9, кольорових сплавів, склопластиків, сплавів титана.

Геометричні параметри різців, оснащених надтвердими матеріалами, у залежності від типу дані в таблиці 1.

Таблиця 1 - Геометричні параметри різців, оснащених НТМ

Тип різця	Геометричні параметри, град.					r, мм
	$\gamma$	$\alpha$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\lambda$	
Прохідний	-12...-15	15	35	15	0	0,6...0,8
Розточувальний	-9	15...20	10	30	0	0,4...0,6
Підрізний	-5	9	50	50	0	0,4...0,6
Різьбовий	0	8	60	60	0	0,4

Досвід впровадження різних марок композита, з яких найбільш широке поширення знайшли композит 01 (ельбор-Р), композит 05 (КНБ) і композит 10 (гексаніт-Р), дозволили визначити області їхнього ефективного застосування. Ці матеріали розрізняються розмірами заготовок і фізико-механічних властивостей. Найбільшу твердість має ельбор-Р, а найбільшу міцність – гексаніт-Р. Заготовки всіх матеріалів мають циліндричну форму: діаметром до 4,5 мм – ельбор-Р, до 9,5 мм – гексаніт-Р і 8 мм – КНБ. Висота заготовок 4-3 мм.

При точінні загартованих швидкорізальних сталей твердістю HRC 62-64 стійкість різців з ельбору-Р при  $V = 80$  м/хв у десятки разів вище стійкості різців із твердого сплаву Т30К4 і ВК2 і в 3-5 разів вище стійкості різців з кераміки типу ВЗ. Шорсткість обробленої поверхні, що досягається – Ra 0,08-0,16 мкм, точність – 6-й квалітет. Зі зменшенням твердості оброблюваної сталі розходження в зносостійкості між різцями з твердого сплаву і композита зменшується.

При точінні чавунів перевага різців з ельбору-Р і КНБ по зносостійкості в порівнянні з різцями з твердого сплаву найбільше істотно виявляється при високих швидкостях різання. При  $V = 400 - 800$  м/хв стійкість різців з ельбору-Р і КНБ у 10-20 разів вище в порівнянні з різцями з твердих сплавів. При високих швидкостях різання зносостійкість ельбору-Р вище в 2-3 рази, чим зносостійкість сучасної мінералокераміки.

При точінні без удару загартованих сталей твердістю більш HRC 60 і чавунів високої міцності стійкість різців з ельбору-Р значно вище, ніж стійкість різців із КНБ і гексаніту-Р. Це основна область застосування інструментів з ельбору-Р. При точінні без удару сталей середньої твердості HRC 40-55 ці марки по стійкості мають незначне розходження. При HRC < 40-45 переважніше застосування КНБ. Цей матеріал також дуже ефективний для обробки чавунів

НВ 200-400.

Різці з гексаніту-Р ефективні при обробки з ударом загартованих сталей твердістю менш HRC 60 і чавунів різної міцності. Ці інструменти при обробці переривчастих поверхонь мають високу стійкість. У торцевих фрезах найбільше застосування знаходять ельбор-Р і гексаніт-Р.

Ефективність використання лезових інструментів зі НТМ значною мірою залежить від досконалості їхньої конструкції і прийнятих умов експлуатації. Глибина різання при точінні різцями з ельбору-Р не повинна перевищувати 1,2 мм і звичайно призначається в межах 0,2 – 0,5 мм.

Величина подачі залежить від необхідної шорсткості обробленої поверхні: при подачах 0,02 – 0,04 мм/об шорсткість  $R_a$  знаходиться в межах 0,32 – 0,63 мкм, а при подачах 0,04 – 0,08 мм/про  $R_a$  складає 0,32 – 1,25 мкм. Значення подач більш 0,12 мм/об відповідає напівчистовій обробці.

Глибина фрезерування не перевищує 0,5 мм. Цей припуск варто знімати за один прохід, тому що повторні проходи з малою глибиною різання не підвищують якості обробки. Знімання припуску в кілька проходів доцільний лише у випадку обробки нежорстких деталей.

При осьовому битті зубів фрези не більш 0,03 мм подача до 0,04 мм/зуб забезпечує одержання шорсткості:  $R_a$  0,32 мкм при обробці загартованої сталі HRC > 50; 0,65 – 1,25 мкм при обробці сталей HRC < 40. При обробці чавуна з подачею 0,04 мм/зуб досягається шорсткість поверхні  $R_a$  0,32 – 1,25 мкм.

Швидкість різання при обробці загартованих сталей твердістю HRC 40 повинна бути не більш 120 м/хв, а при обробці сталей HRC < 40 її можна збільшити до 250 м/хв.

Відмітною особливістю гексаніту-Р є здатність працювати в умовах ударних навантажень. Це дає можливість використовувати різці з гексаніту-Р на напівчистових і чистових операціях при обробці деталей з переривчастою поверхнею. Так, при зовнішнім подовжнім точінні вала зі сталі ХВГ (HRC 58-60), що має подовжній паз шириною 4 мм, стійкість різців складає 180 хв при зносі по задній поверхні  $h_z = 0,3$  мм.

Високі ріжучі властивості гексаніту-Р при переривчастому різанні дали підставу для застосування його в конструкціях зуборізних фрез, призначених для напівчистового фрезерування загартованих зубчастих коліс. Проведені дослідження показали, що в умовах зубофрезерування загартованих зубчастих коліс (HRC 58 – 60 при  $V = 90 – 150$  м/хв,  $S_0 = 2,5 – 5$  мм/хв і  $t = 0,2 – 0,4$  мм стійкість різців з гексаніту-Р складає в середньому від 60 до 300 хв. На стійкість різців головним чином впливає глибина різання. Стійкість твердосплавного ін-

струмента (Т15К6 і ВК8) в аналогічних умовах не перевищує 15 хв.

Характер зносу різців зі НТМ залежить від важкооброблюваного матеріалу. Так, при гостринні стали 30ХГСА (HRC 47) різців з гексаніту-Р переважає знос різця по передній грані у виді лунки, розташованої на відстані 0,01 – 0,02 мм від різальної кромки.

Інтенсивність радіального зносу коливається в межах від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $5 \cdot 10^{-4}$  мм/хв.

Відомо, що знос різців по передній грані відбувається при обробці пластичних матеріалів зі стійким наростом, що захищає крайку, що ріже, від безпосереднього впливу стружки на поверхню різання. Такий же характер зносу спостерігається при обробці різцями з гексаніту-Р сплаву ЕП-637 (HRC 52). Так, за 20 хв. роботи різця ( $V = 75$  м/хв,  $S = 0,07$  мм/про і  $t = 0,2$  мм) знос по задній грані склав 0,03 мм, а по передній грані – 0,26 мм. При подальшій роботі нарости, що утворюються на передній кромці різця, приводили до появи сколов і втраті здатності ріжучого різця.

При обробці сталей, що володіють значною зтираючою здатністю й особливо схильністю до наклепу, коли в процесі деформації виділяється карбідна фаза, спостерігається одночасний знос передньої і задньої граней різця. Такий характер зносу мають різці при точінні сталі 40ХНМ (HB 150) на режимах:  $V = 150$  м/хв,  $S = 0,07$  мм/об,  $t = 0,2$  мм без застосування МОР. При цьому стійкість різців з гексаніту-Р до перезаточення перевершує стійкість різців із твердого сплаву ВК8 у 7,5 рази.

Знос різців по передній і задній гранях супроводжується зміною радіуса заокруглення робочої ріжучої кромки. У щойно заточеного різця в початковий момент радіус заокруглення складає 4 – 5 мкм. Після приробляння протягом 10-20 хв. радіус збільшується до 10 – 12 мкм і залишається в цих межах до повного затуплення інструмента. У деяких випадках радіус збільшується до 34-37 мкм.

Проведеними дослідженнями встановлено, що різці з гексаніту-Р за певних умов, маючи меншу мікротвердість, чим різці з ельбору-Р, показують велику зносостійкість. Причина такого характеру зносу різців з гексаніту-Р – його відмінність у структурній будівлі. Перевага різців з гексаніту-Р у порівнянні з різцями з ельбору-Р виявляються і при обробці загартованих сталей твердістю HRC (60-64). Так, у процесі точіння загартовані сталі 5ХНМ (HRC 60) різці з гексаніту-Р при порівнянних умовах показали стійкість у 3 рази вище, ніж різці з ельбору-Р. Однак зі збільшенням твердості оброблюваного матеріалу (при точінні цементованої сталі 12ХНЗА твердістю HRC 64) за тих самих умов обробки стійкість різців з гексаніту-Р перевищувала стійкість різців з ельбору-Р усьо-



го на 33 %. При подальшому збільшенні твердості оброблюваного матеріалу різці з ельбору-Р показують більшу стійкість, ніж різці з гексаніту-Р.

При точінні загартованих сталей, чавунів й інших матеріалів різцями з гексаніту-Р у період приробляння (15-20 хв.) спостерігається менш інтенсивний знос різця. Це дає можливість обробляти різцями з гексаніту-Р деталі 5-6 квалітету.

Застосування інструмента зі НТМ дозволяє:

а) знизити шорсткість обробленої поверхні до 0,08 мкм і досягти точності обробки 5-6 квалітету;

б) усунути структурні зміни в поверхневому шарі оброблюваних матеріалів;

в) змінити традиційний технологічний процес виготовлення деталей із загартованих сталей (побудувати його за схемою: прецизійні заготівельні операції – термообробка – фінішна обробка);

г) підвищити продуктивність обробки в 2-5 разів у порівнянні зі шліфуванням;

д) замінити тверді сплави, що містять вольфрам, на операціях чистового і напівчистового точіння.

Порівняльні іспити показали, що різці з ельбору-Р, белбору та ісміту практично не відрізняються по експлуатаційним властивостям, незважаючи на те, що технологія їхнього одержання трохи відрізняється.

Маса заготовок цих полікристалів близько 0,8 карата. Різці з них, в основному, застосовуються при безупинній (без удару) тонкій і чистовій обробці деталей із загартованих сталей твердістю HRC 55 – 70, високоміцних і вибілених чавунів твердістю до HB 500 – 600, твердих сплавів BK15, BK20 і BK25 твердістю HRA 89 – 90. Глибина різання, як правило, складає 0,1 – 0,3 мм і не перевищує 0,8 – 1,0 мм. Різцями з ельбору-Р оснащуються також багатозубцеві торцеві фрези. Заготовки КНБ і гексаніту-Р мають діаметр до 8 мм, висоту близько 6 мм і масу близько 4 каратів. Ці композиційні матеріали по твердості уступають ельбору-Р і ісміту. Перевага КНБ у тім, що розміри полікристалів дозволяють вести не тільки чистову і тонку, але і напівчистову обробку з глибинами різання до 2,5 – 3 мм. Це істотно розширює можливості застосування різців з цього матеріалу замість твердосплавних.

Заточення інструмента, оснащеного полікристалами синтетичних надтвердих матеріалів, може вироблятися на універсально-заточувальних верстатах (наприклад, мод. 3В642) у триповоротних тисках алмазними чашковими колами зернистістю 100/80 на органічній зв'язці Б1 100%-ний концентрації з наступним

доведенням граней алмазним чашковим кругом зернистістю 28/20 на еластичній органічній зв'язці БР. Режими заточування і доведення дані в таблиці 2.

Таблиця 2 – Режими обробки інструменту з НТМ

Вид обробки	Режими різання		
	$V$ , м/с	$S_{пр}$ , м/хв	$t_p$ , мм/дв.ход
Заточування	20 – 30	1,0 – 3,0	0,01 – 0,02
Доведення	25 – 35	1,0 – 2,0	0,005

Орієнтовані режими різання інструментами, оснащеними полікристалами надтвердих матеріалів для груп матеріалів без обліку вимог по точності до оброблюваних деталей, приведені в таблиці 3.

Таким чином, у даний час лезові інструменти із НТМ найбільш ефективно застосовуються для виконання наступних операцій:

1) розточування (особливо координатного) отворів діаметром 6-30 мм у деталях із загартованої сталі і чавуна типу плит, шаблонів, кондукторів, втулок, калібрів-кілець і т.п.;

2) розточування отворів з одночасним підрізанням торців у деталях із загартованих сталей, чавунів і твердих сплавів (прес-формах, роликах і довбачах і т.п.);

3) точіння багатоступінчастих деталей (типу шпинделів) з одночасним підрізуванням торця і зняттям фасок;

4) обробка деталей з високоміцних сталей, що працюють у тяжких умовах при значних знакозмінних навантаженнях;

5) попередньої обробки деталей із загартованих сталей і твердих сплавів, коли потрібно зняти значний припуск;

6) прецизійної обробки (точіння, розточування, підрізання торців) деталей з чавуна різної твердості;

7) чистового і тонкого фрезерування площин деталей із загартованих сталей і чавунів на фрезерних і розточувальних верстатах (особливо складних багатоступінчастих деталей на верстатах із ЧПУ);

8) фрезерування деталей із загартованої сталі і чавуна значної довжини;

9) фрезерування площин комбінованих деталей, зібраних з елементів високої твердості;

10) обробки деталей із загартованої сталі і чавуна на токарних, розточувальних і фрезерних верстатах із ЧПУ;

11) напівчистового і чистового зубофрезерування загартованих зубчастих коліс замість зубошліфування.

Таблиця 3 - Орієнтовні режими різання інструментами, оснащеними НТМ

Матеріал		Режими різання			Шорсткість по- верхні, R <sub>a</sub> , мкм	Примітка, вид обробки
оброблюваний	інструментальний	t, мм	S, мм/об	V <sub>p</sub> , м/хв		
АЛ2, АЛ9	Кабонадо	0,1 – 0,2	0,02 – 0,03	500 – 700	0,32 – 0,16	Точіння
АМГ, АМГС		0,1 – 0,2	0,02 – 0,03	400 – 500	0,32 – 0,16	
Титанові сплави		0,05 – 0,1	0,02 – 0,04	80 – 100	0,63 – 0,32	
Склопластики		0,5 – 0,6	0,04 – 0,05	400 – 500	0,63 – 0,32	
Мідь та її сплави		0,1 – 0,2	0,01 – 0,05	300 – 400	0,32 – 0,16	
Сталі та сплави (HRC ≥ 45)	Кубічний нітрид бору	0,2 – 0,8	0,08 – 0,16	80 – 100	1,25 – 0,32	Точіння, фрезерування
Сталь ХВГ (HRC 62)		0,1 – 0,5	0,02 – 0,20	50 – 150	0,63 – 0,32	
Сталь 30ХГСА (HRC 46-48)	Гексаніт-Р	0,1 – 0,5	0,02 – 0,10	75 – 300	0,63 – 0,32	Точіння
Чавун СЧ 21-40 (HB 180 – 210)		0,1 – 0,8	0,02 – 0,10	150 – 300	2,5 – 0,63	
Твердий сплав ВК20 (HRA 84)		0,05 – 0,15	0,02 – 0,10	25 – 30	0,63 – 0,16	
Сталь загартована (HRC 48-66)	Белбор	0,02 – 0,75	0,02 – 0,12	60 – 100	1,25 – 0,32	Точіння, фрезерування
Чавун сірий (HB 200)		0,05 – 0,2	0,04 – 0,10	350 – 600	2,5 – 1,25	
Загартовані сталі (HRC 55-65)	Ельбор-Р	0,05 – 0,07	0,02 – 0,10	60 – 120	0,63 – 0,08	Розточування
Чавуни (HB 200-600)		0,05 – 0,1	0,04 – 0,16	350 – 600	1,25 – 0,63	
Загартовані сталі (HRC 55-65)		0,05 – 0,6	0,02 – 0,16	60 – 160	0,63 – 0,08	
Чавуни (HB 200-600)		0,05 – 0,8	0,04 – 0,10	350 – 600	1,25 – 0,63	
Загартовані сталі (HRC 50-65)		0,05 – 0,2	2,0	20 – 60	0,32 – 0,16	
Сталь (HRC 58-65)		0,2 – 0,6	0,04 – 0,08	60 – 100	2,5 – 1,25	
Чавуни (HB 200-600)		0,2 – 1,0	0,04 – 0,10	200 – 300	3,0 – 1,25	
Сталь (HRC 58-65)	0,1 – 0,4	25 – 80	80 – 160	1,25 – 0,32	Торцеве фрезерування	
Чавуни (HB 200-600)	0,1 – 0,6	25 – 160 *	200 – 600	2,5 – 0,63		

\* Значення наведені в міліметрах за хвилину.

## **ЗАВДАННЯ**

Надати характеристику та визначити область застосування наступних марок надтвердих матеріалів: белбор; карбонадо; кубічний нітрид бору; ельбор-Р; гексаніт-Р.

## **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ**

1. Назвіть головну особливість, яка властива НТМ?
2. Галузь застосування ельбору-Р?
3. Де використовуються різці з НТМ?
4. Від чого залежить ефективність використання лезових інструментів з НТМ?
5. Що є відмінною особливістю гексаніту-Р?
6. Перелікуйте основні переваги використання інструменту з НТМ.
7. Параметри заточування інструменту з НТМ та використовуване обладнання.
8. На яких операціях доцільно використовувати інструменти з НТМ?

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Инструментальные материалы. Мойсеенко О.И., Чкалова О.Н. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 196 с.
2. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. Ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.

**НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

Методичні вказівки до практичного заняття №5 «Застосування лезових інструментів з надтвердих матеріалів» з дисципліни «Інструментальні матеріали» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка (освітньо-професійна програма «Прикладна механіка») усіх форм навчання. / Укладач: Музичка Д.Г. – Кам'янське, ДДТУ. – 2021р. - 13 стор.

Укладач: Музичка Діана Геннадіївна

Підписано до друку – 21.10.2021р. Формат – А4  
Обсяг – 0,54 друк. арк. Тираж – 50 екз. Замовлення – 240  
51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2