

УДК 621.923

Т.А. Роїк, д.т.н., проф., с.н.с.

Національний технічний університет України «КПІ»

ВПЛИВ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ПРИ ШЛІФУВАННІ ДЕТАЛЕЙ З КОМПОЗИЦІЙНИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Стаття присвячена питанням дослідження впливу мастильно-охолоджуючих рідин на якість поверхонь деталей з композиційних антифрикційних матеріалів при тонкому шліфуванні.

Вступ. У сучасних конструкціях машин застосовуються деталі пар тертя, які здебільшого виготовляють зі спеціальних антифрикційних матеріалів.

Від показників їх зносостійкості, значень коефіцієнтів тертя значною мірою залежать показники надійності машин, зокрема довговічність, працездатність, ремонтоздатність та частота відказів.

Для умов експлуатації (температури до 900 °С, питомі тиски до 8 МПа) відомі литі антифрикційні матеріали непридатні.

Тому науковцями-металургами були створені нові марки композиційних антифрикційних матеріалів [1–6], властивості яких відповідають високим умовам створення і експлуатації нового покоління машин і приладів. Це порошкові сплави типу ЕП975 + 4 % CaF₂, ЕП975 + 6 % CaF₂, ЕП975 + 8 % CaF₂.

Постановка задачі і мета досліджень. Відомо, що робочі параметри якості деталей пар тертя значно залежать від якості їх поверхонь після механічної обробки, зокрема методами тонкого шліфування.

Незважаючи на те, що у наукових виданнях є достатньо відомостей про процеси шліфування високолегованих важко-оброблюваних сплавів [7–9], публікацій з особливостей застосування мастильно-охолоджуючих речовин при шліфуванні композиційних антифрикційних матеріалів практично немає. Це призводить на практиці до появи у виробництві найрізноманітніших технологічних процесів, які у більшості своїй є далеко не оптимальними і найчастіше призначені для виконання певних технічних задач.

Тому всебічне дослідження особливостей застосування мастильно-охолоджуючих рідин для забезпечення якості поверхонь деталей з композиційних антифрикційних матеріалів методами тонкого шліфування є актуальним питанням, позитивне вирішення якого має як наукове, так і незаперечне практичне значення.

Саме це і є метою дослідження, результати якого стали змістом даної статті.

Дослідження цього питання виконувалося у рамках науково-дослідної роботи "Розробка технології високопродуктивної алмазно-абразивної обробки спеціальних високолегованих матеріалів" (Державні науково-технічні програми 05.43.04.04 ДКНТ та Міністерства науки України 1995–1999 р.р.).

Методика та експериментальні дослідження. Як відомо, якість поверхні деталей після шліфування залежить від теплових і силових факторів, які діють у зоні обробки. Інтенсивність цих факторів можна суттєво зменшити, а отже, і стабілізувати якісні параметри матеріалів, що шліфуються, за допомогою раціонального використання мастильно-охолоджуючих рідин (МОР).

Для виявлення резервів підвищення продуктивності та якості обробки шліфуванням поверхонь проведене дослідження ефективності нових МОР (табл. 1).

Експериментальні дослідження процесу круглого зовнішнього тонкого шліфування із поздовжньою подачею зразків, які імітують робочу поверхню тертя, проводили на модернізованому верстаті 3В642. Верстат оснащений гідроприводом поздовжньої подачі стола, механізованим приводом кочення оправки зі зразками, системою подачі та очищення МОР.

Таблиця 1

МОР для проведення експериментів

Умовний номер МОР	Клас МОР	Вихідний продукт	Концентрація вихідного продукту
1	Емульсія	ЕТ-2	16,7
2	Емульсія	НГЛ-205	16,7
3	Емульсія	“Укринол-1”	5,0
4	Синтетична	“Аквол-10”	2,0
5	Синтетична	“Аквол-10”	5,0

Закінчення табл. 1

Умовний номер МОР	Клас МОР	Вихідний продукт	Концентрація вихідного продукту
6	Синтетична	“Аквол-10”	7,0
7	Синтетична	“Cindolibe 173Ep”	1,7
8	Синтетична	“Укринол-12”	5,0
9	Вуглеводна (масло)	“Укринол-14”	100,0

Як показали попередні випробування (ряди ранжування у табл. 2), кращі результати за основним критерієм (R_a) забезпечують нові вітчизняні МОР № 5 і 3, які і були відібрані для проведення подальших досліджень.

Таблиця 2

Ряди ранжування МОР

Матеріал зразка	Критерій ефективності МОР	Умовний номер МОР за табл. 1				Ряд ранжування МОР
		1	2	3	7	Ка
ЕП975 + 6CaF ₂	R_a , мкм	0,220	0,350	0,240	0,230	5, 9, 1, 7,
	R_a , мкм	0,034	0,026	0,023	0,019	3, 2
Сплав № 538	R_a , мкм	0,210	0,270	0,210	0,220	5, 3, 1, 7,
	R_a , мкм	0,049	0,032	0,032	0,011	2, 9
Сплав № 546	R_a , мкм	0,170	0,270	0,220	0,260	1, 5, 3, 9,
	R_a , мкм	0,027	0,032	0,031	0,012	7, 2
МНАМЦ-С-46-3-2-1	R_a , мкм	0,250	0,250	0,220	0,240	5, 3, 7, 1,
	R_y , мм/хв	0,047	0,039	0,031	0,019	2
ЕП975+6CaF ₂	R_a , мкм	0,190	0,230	0,200	0,200	1, 3, 7, 5,
	R_y , мм/хв	0,042	0,038	0,019	0,023	2

Шліфувати зразки однакових розмірів зі сплавів ЕП975 + 4 % CaF₂, ЕП975 + 6 % CaF₂, ЕП975 + 8 % CaF₂, МНАМЦС-46-3-2-1, двох сплавів на основі міді з домішками Ni, Al, Cr, Mn (сплави № 538, НВ 290-310 та № 546, НВ 176-196), а також комбіновані (складені) зразки зі сплаву № 546 з прокладками і зі сплаву МНАМЦС-46-3-2-1 з прокладками із пермалою ЕП975 + 6%CaF₂. Шліфування виконували кругами 63СМ14СМ2Г1 і АСМ14Бр1 100 % зі швидкістю $V_k = 30-35$ м/с при частоті качання оправки зі зразками по $n_0 = 60$ кач/хв і поздовжній подачі стола $S_{позд} = 2$ м/хв. Поперечну подачу круга $S_{поп}$ змінювали від 0,0025 до 0,01 мм/подв.хід. У зону обробки МОР подавали поливом з витратами 2 л/хв. Основними критеріями, за якими робили висновки про ефективність МОР, є: шорсткість шліфованої поверхні (середнє відхилення профілю R_a , мкм); мікротвердість поверхневого шару H_q , що вимірюється на приладі ПМТ-3 при навантаженні 0,5 Н; ступінь наклепу поверхневого шару $K_n = H_q/H_0$, де $H_0 = 1790$ МПа – мікротвердість зразка у початковому стані. Додатково оцінку ефективності МОР виконували за оптичним розмірним зношуванням круга ΔR_y , радіальною P_y та тангенціальною P_z складовими сили різання, контактною температурою у зоні шліфування Q , коефіцієнтом $K = P_y/P_z$. Складові сили різання P_z та P_y вимірювали за допомогою динамометричних центрів і записували на шлейфовому осцилографі.

Одночасно на стрічку осцилографа записували теплові імпульси, що виникли у зоні обробки.

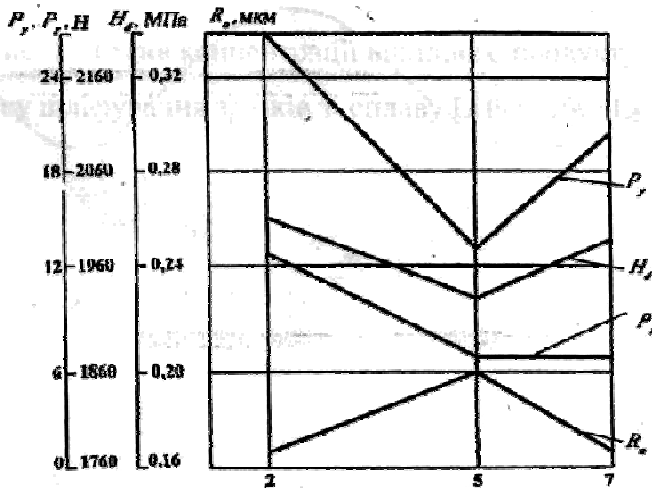


Рис. 1. Вплив концентрації вихідного продукту "Аквол-10" на показники процесу шліфування зразків зі сплаву ЕП975 + 6 % CaF₂ кругом 63СМ14СМ2ГЛ: $V_{кр} = 30 м/с$; $S_{пон} = 0,005 мм/подв.хід$; $n_0 = 60 кач/хв.$; $S_{позо} = 2 м/хв$

Подальшу оптимізацію складу вибраних МОР проводили з вимірюваннями складових сил різання, контактної температури і ступеня наклепу поверхневого шару шліфованої поверхні зразка зі сплаву ЕП975 + 6 % CaF₂. Практичний інтерес має дослідження впливу концентрації початкового продукту у рідині на ефективність процесу шліфування сплаву ЕП975 + 6 % CaF₂ (рис. 1). Зміни концентрації вихідного продукту "Аквол-10" у воді від 2 до 7 % несуттєво впливають на шорсткість оброблюваної поверхні зразків. Але мінімальні рівні наклепу поверхневого шару і сили різання P_z та P_y відмічені при 5%-й концентрації. Тому можна рекомендувати цю концентрацію, як найбільш раціональну. Аналогічна картина спостерігається і для МОР на основі емульсолу "Українол-1".

Був вивчений вплив режимів шліфування та характеристик кругів на шорсткість, мікротвердість поверхневого шару і теплосилову напруженість процесу на прикладі сплаву ЕП975 + 6 % CaF₂ (рис. 2 та 3). Дослідження показали, що при роботі кругом на еластичній зв'язці (рис. 2) з використанням майже всіх МОР при збільшенні подачі круга

S_n відмічене збільшення шорсткості шліфованої поверхні зразків, при цьому кращі результати забезпечує МОР № 5.

Контактну температуру при шліфуванні кругом 63СМ14СМ2Гл із застосуванням МОР записати за допомогою напівштучної термопари технічно складно внаслідок поганого утворюваного контакту "константан–оброблюваний сплав", що пов'язано з особливостями гліфталевої зв'язки. Запис вдалося отримати лише при шліфуванні із застосуванням МОР № 1 та № 5 сплаву ЕП975 + 8 % СаF₂ і пари ЕП975 + 8 % СаF₂. При шліфуванні сплаву ЕП975 + 8 % СаF₂ з використанням МОР № 5 контактна температура дещо вища, ніж при шліфуванні з МОР № 1 (рис. 2). Але необхідно відмітити, що у режимах шліфування, що розглядаються, контактна температура незначна і несуттєво впливає на зниження початкових магнітних властивостей сплаву ЕП975 + 8 % СаF₂. Швидше навпаки, збільшення контактної температури до певної межі (нижче точки Кюрі) позитивно впливає на збереження початкових магнітних властивостей сплаву ЕП975 + 8 % СаF₂: зменшення іде інтенсивніше і мікроструктура поверхневого шару суттєво не змінюється під впливом силового фактора. Дане припущення деякою мірою підтверджується експериментами з дослідження мікротвердості (ступеня наклепу) поверхневого шару зразків зі сплаву ЕП975 + 8 % СаF₂ (рис. 2, в).

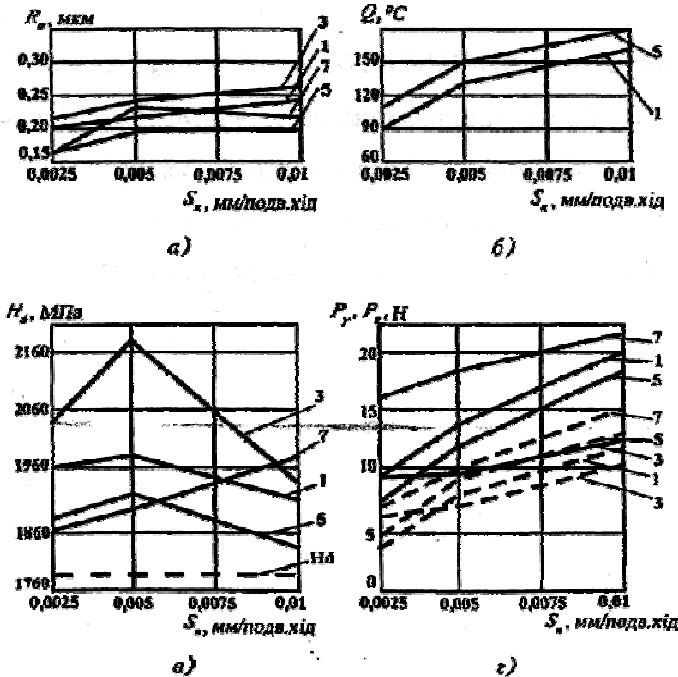


Рис. 2. Вплив S_{non} кругів 63СМ14СМ2Гл на показники шліфування зразків зі сплаву ЕП975 + 8 % CaF₂ з використанням різних МОР: а – на шорсткість поверхні; б – на контактну температуру; в – на мікротвердість поверхневого шару; г – на сили різання (P_v ; P_z); 1, 3, 5, 7 – номер МОР за табл. 1; $n_0 = 60$ кач/хв.; $S_{позд} = 2$ м/хв

При шліфуванні з подачею $S_n = 0,0025$ мм/подв.хід кращі результати мікротвердості поверхневого шару (рис. 2, в) показали МОР № 7 та № 5. Ступінь наклепу із застосуванням МОР № 7 дорівнює 4 % ($K_n = 1,04$), при шліфуванні з МОР № 5–6 % ($K_n = 1,06$), МОР № 1 забезпечує ступінь наклепу 9 % ($K_n = 1,09$).

При шліфуванні з подачею $S_{non} = 0,05$ мм/подв.хід МОР № 7 та № 5 показали практично однакові результати (відповідно $K_n = 1,06$ та $K_n = 1,07$), при використанні МОР № 1 ступінь наклепу підвищився до 10 % ($K_n = 1,1$). При збільшенні подачі круга до 0,01 мм/подв.хід кращі результати по ступеню наклепу дає використання МОР № 5 ($K_n = 1,03$). Застосування в тих же умовах МОР № 7 і № 1 дає ступінь наклепу, рівний відповідно 10 та 7 %. На всіх подачах круга

максимальний наклеп поверхневого шару відмічений при шліфуванні з МОР № 3 ($K_n = 1,1-1,2$), хоча по силах різання P_y та P_z (рис. 2, *з*) ця рідина дає кращі результати. Цікаво відмітити, що при збільшенні подачі круга до 0,01 мм/подв.хід (рис. 2, *в*) мікротвердість поверхневого шару зразків при шліфуванні з МОР № 7 – збільшується.

Таким чином, при шліфуванні зразків зі сплаву ЕП975 + 8 CaF₂ абразивним кругом на еластичній зв'язці за шорсткістю, ступенем наклепу поверхневого шару і температурно-силовим критерієм необхідно визнати кращою рідиною МОР № 5 на основі "Аквол-10". Її використання базової МОР № 1 та закордонного аналогу МОР № 7 дозволяє збільшити подачу круга з 0,0025 до 0,005–0,01 мм/подв.хід без погіршення якості поверхневого шару зразків із ЕП975 + 8 % CaF₂.

При шліфуванні в тих же умовах зразків зі сплаву ЕП975 + 8 % CaF₂ високопористими кругами кращі результати за ступенем наклепу і температурно-силовим критерієм також отримані при застосуванні МОР № 5.

Встановлено (рис. 3, *а*), що збільшення подачі круга від 0,0025 до 0,01 мм/подв.хід веде до вирівнювання ефективності різних МОР за шорсткістю оброблюваної поверхні зразків. Майже при всіх подачах максимальний наклеп поверхневого шару відмічений у випадку використання закордонної МОР № 7 ($K_n = 1,04-1,12$). Закордонний аналог МОР № 7 при шліфуванні сплаву ЕП975 + 8 % CaF₂ поступається за ефективністю новим вітчизняним рідинам.

Порівняння ефективності роботи кругів (рис. 4) при шліфуванні зразків зі сплаву ЕП975 + 8 % CaF₂ із застосуванням МОР № 1 (рис. 4, *а*), МОР № 5 (рис. 4, *б*) та закордонної МОР № 7 (рис. 4, *в*) показує, що кращі результати по шорсткості поверхні, ступеню наклепу показує круг 63СМ14СМ2Гл з використанням МОР № 5. Ступінь наклепу при роботі кругом на гліфталевій зв'язці (рис. 4, *б*) дорівнює 3–7 %, а при шліфуванні високопористим кругом в тих же умовах вона досягає 4–12 %, причому в обох випадках зі збільшенням подачі до 0,01 мм/подв.хід ступінь наклепу дещо знижується, оскільки при досить малих глибинах різання (0,0025–0,005 мм/подв.хід) превалюють процеси пластичного деформування та полірування, що протікають без суттєвого нагрівання поверхневого шару. Зі збільшенням подачі круга зростає глибина мікрорізання та частка корисної роботи на видалення металу (коефіцієнт K зростає), а витрати на тертя та руйнування знижуються, що і веде до деякого зниження наклепу поверхневого шару.

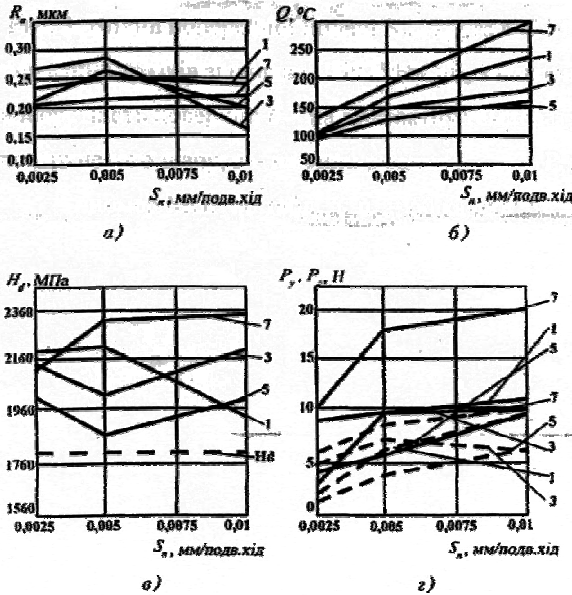


Рис. 3. Вплив поперечної подачі $S_{\text{пн}}$ круга 63СМ14СМ2Гл на показники шліфування зразків зі сплаву ЕП975 + 8 СаF₂ з використанням різних МОР: а – на шорсткість поверхні;

б – на контактну температуру; в – на мікротвердість поверхнього шару; г – на сили різання (P_1 ; P_2); 1, 3, 5, 7 – номер МОР за табл. 1 $n_0 = 60$ кач/хв; $S_{\text{ном}} = 2$ м/хв

За температурно-силовим критерієм у тих же умовах суттєву перевагу має високопористий круг 63СМ40СМ220К. Необхідно відмітити, що при застосуванні МОР № 1 (рис. 4, а) та № 5 (рис. 4, б) високопористий круг має більш високу різальну здатність у порівнянні з кругом 63СМ14СМ2Гл (коефіцієнт К для високопористого круга більший). Обернена картина (рис. 4, в) відмічена при використанні закордонної МОР № 7: круг 63СМ14СМ2Гл працює в режимі самозаточування (коефіцієнт К зі збільшенням подачі зростає), а при застосуванні високопористого круга – в режимі затуплення (коефіцієнт К зі збільшенням подачі круга зменшується).

Відмічені закономірності та висновки про ефективність МОР і кругів підтверджені при шліфуванні комбінованих зразків зі сплавів (ЕП975 + 8 % СаF₂) + сплав 546 і (ЕП975 + 6 % СаF₂) + МНАМцС-46-3-2-1. Крайні результати за температурно-силовим

критерієм та різальною властивістю абразивів отримані при застосуванні МОР № 5, причому при шліфуванні пари (ЕП975 + 8 % CaF₂) + сплав 546 кращі показники забезпечує круг на гліфталевій зв'язці, а при шліфуванні пари (ЕП975 + 6 % CaF₂) + МНАМцС-46-3-2-1 – високопористий круг.

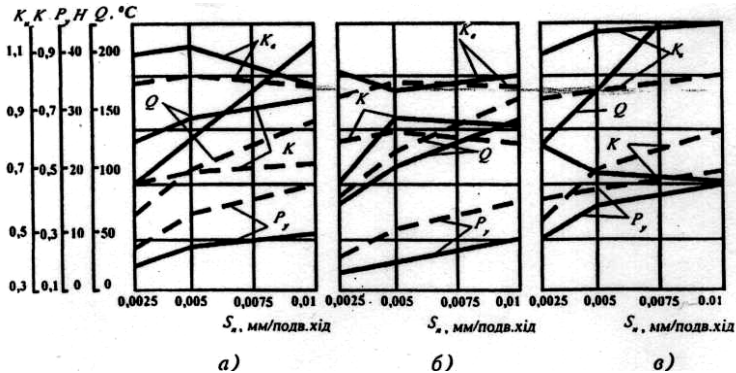


Рис. 4. Порівнювана ефективність складів МОР та абразивних кругів при шліфуванні зразків зі сплаву ЕП975 + 8 % CaF₂:

а – МОР № 1; б – МОР № 5; в – МОР № 7 високопористий круг 63СМ40СМ220К; круг 63СМ14СМ2Г; $V_{кр} = 30-35$ м/с; $n_0 = 60$ кач/хв; $S_{позд} = 2$ м/хв

Виробничі випробування МОР № 5 при плоскому і зовнішньому круглому тонкому шліфуванні магнітних головок підтвердили отримані експериментальні результати. Застосування МОР № 5 несуттєво впливає на зміни параметрів якості оброблених поверхонь.

На основі викладених результатів можна рекомендувати для виробництва синтетичні МОР типу 5 %-го водного розчину вітчизняного продукту "Аквол-10".

Висновки:

1. На основі аналізу експериментальних даних по тонкому шліфуванню антифрикційних порошкових матеріалів пар тертя поліграфічних машин із застосуванням охолоджуючо-мастильних рідин встановлено, що необхідні параметри якості поверхонь можна забезпечити застосуванням синтетичних рідин типу 5 %-го водного розчину вітчизняного продукту "Аквол-10".

2. Для виробничої практики слід рекомендувати такі режими шліфування виробів з антифрикційних порошкових композитів:

швидкість шліфувального круга $V_{кр} = 30 \div 35$ м/с, число коливань – $n_0 = 60 \div 65$ кач/хв, поздовжня подача – $S_{позд} = 2$ м/хв, глибина шліфування – $t = 0,005 - 0,010$ мм, шліфувальний круг – 63СМ14СМ2Гл.

3. У подальшому раціональним є проведення досліджень з впливу на параметри якості поверхонь деталей з антифрикційних матеріалів тонкого шліфування з застосуванням абразивних інструментів із сучасних синтетичних надтвердих матеріалів – алмазів, кубонітів, ельбору та боразону.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Патент України № 59768А, МКИ С22С 33/02. Антифрикційний композиційний матеріал на основі сталі (Роїк Т.А. № 20021210134; Заявл. 16.02.02; Опубл. 15.09.03; Бюл. № 9, 3 с.
2. Роик Т.А. Подшипниковые высокотемпературные материалы на основе металлических порошков-отходов / ТЕМА, 1999. – № 1. – С. 3–7.
3. Шевчук Ю.Ф., Роик Т.А. Триботехнические материалы для экстремальных условий работы // Сб. трудов междунар. конф. „Новейшие технологии в порошковой металлургии и керамике” / Под ред. акад. НАНУ В.В. Скорохода. – К. – 2003. – С. 177–178.
4. Проволоцкий О.Е., Роик Т.А. Новые порошковые антифрикционные композиты на основе силумина // Вісті Академії інженерних наук України (Машинобудування). – 2002. – № 4. – С. 13–18.
5. Роик Т.А. Инженерия антифрикционных композитов с никелевой матрицей // Вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут" (Машинобудування). – 2000. – Вып. 39. – С. 111–115.
6. Роїк Т.А. Спечені композити для високих температур тертя / Вісник Житомирського інженерно-технічного інституту. – 1999. – № 11. – С. 77–81.
7. Роїк Т.А. Тонка обробка композиційних антифрикційних матеріалів абразивними і алмазними кругами / Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 2 (29). – С. 38–52.
8. Хрульков В.А. Механическая обработка изделий из магнитных материалов. – М.: Машиностроение, 1986. – 198 с.
9. Гавриш А.П., Мельничук П.П. Технологія обробки магнітних матеріалів. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 560 с.

РОЇК Тетяна Анатоліївна – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри фізики металів Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- синтез нових порошкових матеріалів для жорстких умов експлуатаційних машин;
- технологічні методи обробки деталей з порошкових матеріалів.

E-mail: viq@voliacable.com.

Подано 25.02.06