

10. **М.В. Домнічев.** Вибухонебезпечні предмети сучасності, особливості навчання населення. **Домнічев М.В., Нестеренко О.В.** // Журнал «УкрНДІПБ» «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури» Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. – Київ, 2016. – С. 162-172.

11. **М.В. Домнічев.** Актуальність самооборони для молоді. Використання елементів статистичного дослідження. **Домнічев М.В., Макарук Л.О.** // «ЕКОЛОГІЯ ЗДОРОВ'Я». Збірник матеріалів регіональної науково-практичної конференції Автотранспортного коледжу ДВНЗ «КНУ» – Кривий Ріг. : 2018. – С 46-48.

Рукопис подано до редакції 09.04.2021

УДК621.9.04: 622.012

В.І. КЛЯЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Л.А. БУГАЙ, ст. викл.  
Криворізький національний університет

## **ВПЛИВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ПОЛІРУВАННЯ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОФІЛЕМ**

**Мета.** Метою даної роботи є дослідження магнітно-абразивного полірування на структуру приповерхневого шару деталей зі складним профілем.

**Методи дослідження.** На шахтах України разом з класичними вітчизняними конструкціями пневматичних переносних і телескопних перфораторів, масово купуються і впроваджуються в гірничодобувну галузь переносні і телескопні перфоратори моделей YT28, YT24, YT27, YSP45 (Китай). Ці моделі розроблені на давно відомих і традиційних для перфораторів принципах, у яких залежний поворот бурової штанги здійснюється за допомогою храпового механізму і пари гелікоїда. Ефективність роботи переносних і телескопних пневматичних перфораторів визначається конструктивними їх параметрами ударно-поворотного механізму, який є одним з основних вузлів перфораторів і визначає важливі його показники: величину енергії удару, швидкість обертання бура, момент, що крутить. Часті поломки і знос цих деталей, знижують технологічні показники переносних і телескопних пневматичних перфораторів. Були проведені металографічні дослідження структур приповерхневих шарів деталей зі складним профілем після магнітно-абразивного полірування (МАП). Експериментальні дослідження проводились на зразках деталей бурових перфораторів. Магнітно-абразивна обробка проводилась на універсальному токарному верстаті. Дослідження основані на виявленні впливу режимів обробки МАП на структурний аналіз приповерхневого шару деталей зі складним робочим профілем.

**Наукова новизна.** У результаті проведених досліджень були отримані дані про хімічний склад матеріалів зразків деталей зі складним профілем та їх металографією. Виявлені покращенні структурні зміни в приповерхньому шарі зразків деталей та їх параметрів твердості.

**Практичне значення.** Проведені дослідження дозволили виявити покращенні структурні зміни в приповерхневому шарі деталей шляхом підбору режимів різання МАП та фераабразивного порошку.

**Результати.** Встановлено, що після МАП у деталей зі складним робочим профілями, структурний аналіз приповерхневого шару дозволив покращити макро та мікроструктуру.

**Ключові слова.** Металографічне дослідження, магнітно-абразивне полірування, поверхневий шар деталі.

doi: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-130-133

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Гірничодобувне обладнання працює дуже у важких умовах, які призводять до раптовим зупинкам процесів буріння гірничих порід. На шахтах України разом з класичними вітчизняними конструкціями пневматичних переносних і телескопних перфораторів також впроваджуються в гірничодобувну галузь китайські пневматичні перфоратори моделей YT28, YT24, YT27, YSP45. За даними технічної документації по переносним пневматичним перфораторам [13] вказано, що найчастіше виходять із ладу деталі повітряним розподільно-ударним та поворотним механізмами. В роботі [12] описані структурні дослідження деталі «Гвинта поворотного», що входить до складу вузла поворотного механізму китайського пневматичного перфоратора моделі YT28. Працездатність цієї деталі в спряженні з іншими деталями вузла поворотного механізму, залежить від багатьох факторів, у том числі і від технологічних, а саме: геометричної точності поверхонь, шорсткості робочих поверхонь та властивостей поверхневого шару [14]. Ці вимоги до шорсткості, точності розмірів та форм зі складними профілями гвинтових робочих поверхонь та властивостей поверхневих шарів прецизійних деталей перфораторів забезпечуються на кінцевих операціях. Тому оптимізація технологічного методу фінішної обробки, який забезпечить вимоги до

шорсткості, точності розмірів та форм зі складними профілями гвинтових робочих поверхонь та властивостей поверхневих шарів прецизійних деталей перфораторів, має важливе практичне значення і є актуальним.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Технологічні вимоги, які застосовуються до фінішної обробки незалежно від технологічного методу обробки, точності розмірів, форм поверхонь, шорсткості та властивостям поверхневих шарів, є своєчасним відображенням процесів, що відбувалися при контакті інструмент та заготовка. Однак, формоутворення поверхонь складного профілю для фінішної абразивної обробки потребують виготовлення дорогого за вартістю спеціального інструменту, у яких профіль ріжучих лез повністю повинен відповідати профілю поверхонь деталі що обробляються. В результаті на окремих ділянках поверхонь, що обробляються виникають геометричні погрішності форми та різні величини параметрів шорсткості, що призводить до зниження показників якості та потребують доопрацювання. Використання гнучких інструментів, ріжучий контур яких формується в процесі обробки під дією магнітного поля, та розробці нових технологій, які дозволяють обробляти матеріали з високими механічними властивостями та без використання великих динамічних зусиль. До таких технологій відноситься магнітно-абразивна обробка (МАО), яка забезпечить отримання шорсткості  $Ra = 0,1 \dots 0,4$  мкм. Магнітно-абразивна обробка сприяє отриманню високої якості поверхні та структури приповерхневого шару за рахунок невисокої температури в зоні різання. Формування ріжучого контуру, що складається з частинок ферабразивного порошку при магнітно-абразивній обробці відбувається під дією магнітного поля. Дослідженням впливу магнітного поля на властивості матеріалів та структури їх приповерхневих шарів, були присвячені роботи вітчизняних та закордонних вчених [1, 2, 5-7, 14, 15]. Магнітно-абразивну обробку використовують на фінішних операціях виготовлення відповідальних деталей та ріжучих інструментів, для остаточного формування експлуатаційних властивостей їх поверхонь. В роботах [1, 2, 7, 14, 15] описані результати досліджень з виявлення впливу технологічних методів магнітно-абразивної обробки на експлуатаційні характеристики деталей з циліндричними, конічними, плоскими робочими поверхнями. Виявлені зміни в кристалічних структурах, хімічних складах при поверхневих шарах матеріалів деталей [3, 4, 6, 8-11]. Встановлено, що перераховані зміни призводять до підвищення твердості, напружений стан, до зниження коефіцієнта тертя та підвищення працездатності та зносостійкості деталей машин. На практиці реалізовані тільки схеми магнітно-абразивної обробки по обробці деталей з плоскими поверхнями та циліндричними. Не вирішена задача фінішної обробки в магнітному полі гвинтових та просторово - складних поверхонь деталей [7, 12].

**Постановка задачі.** Провести магнітно-абразивне полірування поверхонь деталей зі складним робочим профілем. Дослідити макроструктуру та мікроструктуру поверхонь деталей зі складним робочим профілем після магнітно-абразивного полірування.

**Викладення матеріалу і результати.** В якості об'єкта для досліджень вибрана деталь «Гвинт поворотний» зі шліцьовими гвинтовими канавками, профіль яких вказаний на рис. 1.

Деталь виготовлена зі сталі легованої 20Х. Магнітно-абразивне полірування деталі виконувалось на металорізальному верстаті моделі 16К20. Для магнітно-абразивного полірування деталі був виготовлений спеціальний пристрій з постійними індукторами. Призначені режими обробки при МАП: швидкість обертання деталі, 5м/с; робочий зазор між магнітними індукторами та деталлю – 1мм; абразивний порошок Fe-SiC з зернистістю ,120/80; ЗОР – олеїнова кислота; магнітна індукція 0.8Тл.; час обробки – 45хв.

Дослідження проводились на деталях двох зразків за номерами №1 та №2. Заміри твердості металу на зразках здійснювали на трьох шліцах вибірково в дванадцятьох точках. Отримані результати занесені до таблиці 1.

Результати досліджень виявили: мікроструктура металу на головках та бокових поверхнях шліців має структуру відпущеного мартенситу, мілких глобулярних карбідів рівномірно розпо-

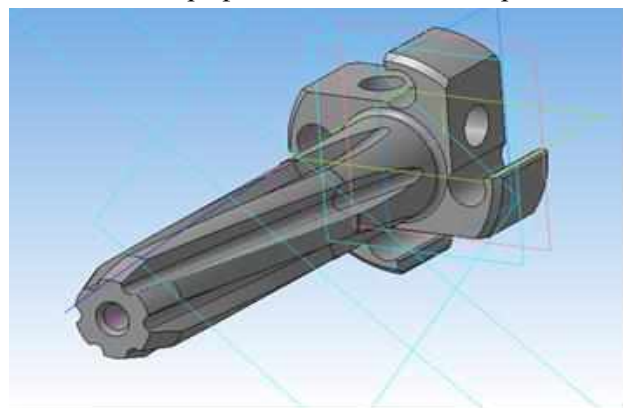


Рис. 1. Деталь «Гвинт поворотний»

ділених по перерізу, а також крупних карбідів у вигляді розірваної сітки, яка оцінена 4, 5 балами за ДСТУ 3953-200 (ГОСТ 5950-2000) «Прутки, полоси и мотки из инструментальной легированной стали»; твердість металу, яка заміряна на шліцах деталі представлена в табл. 1.

Таблиця 1  
Значення твердості трьох шліцах на деталях  
двох зразків за номерами №1 та №2

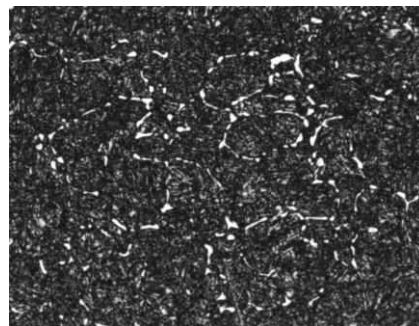
№ проби	№ шліці (умовне маркування)	Значення твердості, HRC
1	1	60, 64, 59, 59
	2	61, 61, 58, 56
	3	62, 57, 62, 62
2	1	60, 57, 60, 58
	2	58, 58, 58, 52
	3	58, 61, 61, 56

оцінена 4, 5 балами ДСТУ 3953-2000 (ГОСТ 5950-2000) «Прутки, полоси и мотки из инструментальной легированной стали» (рис. 3).



x3

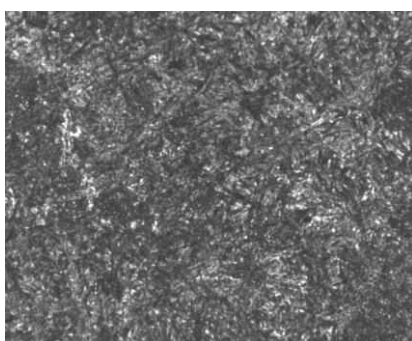
Рис. 2. Макроструктура металу деталі проби №1



x500

Рис. 3. Мікроструктура металу на поверхні деталі проби №1 до глибини  $\approx 0,70$ мм

Дослідження виявили до глибини  $\approx 1,20$  мм незначні включення мілких глобулярних карбідів, які рівномірно розподілені по перетину шліців (рис. 4). В перехідній зоні структура металу складається з відпущеного мартенситу та часточок бейніту (рис. 5).



x500

Рис. 4. Мікроструктура металу деталі проби №1 до глибини  $\approx 1,20$ мм



x500

Рис. 5. Мікроструктура металу в перехідній зоні деталі проби №1

Із приведених результатів досліджень зразків шліцьових поверхонь магнітно-абразивне полірування (МАП) змінило структуру металу, твердість та внутрішні напруження приповерхневих шарів. Відносно малий тиск порошку-інструменту на оброблюємою поверхню та незначний нагрів деталі під час МАП сприяло формуванню поверхневих шарів з мінімальною кількістю дефектів структур.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Застосування в технологічний процес при виготовленні деталей операції магнітно-абразивне полірування, як доповнення до операції шліфування призводить до підвищення зносостійкості поверхонь деталей. Вибір нових режимів різання та умов МАП потребують продовження досліджень.

#### *Список літератури*

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработки изделий и режущих инструментов Л.: Машиностроение. -1986. -172 с.
2. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С.Хомич. – Мн.: БНТУ, 2006. – 218с.
3. Болховитинов Н. Б. Атлас макро и микроструктур металлов и сплавов. /Болховитинова Е.Н. - М.: Машиностроение..1964. 162с.
4. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986 – 544с.
5. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин – М.: Машиностроение. 1988. - 240 с.
6. Мешков Ю.Я. Сравнительный анализ двух моделей прочности твердых тел. / Ю.Я. Мешков – Металлофизика и новейшие технологии. Институт металлофизики им. Г.В.Курдюмова НАН Украины, том 27, № 3 март 2005. - 291 с.
7. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. Минск: Наука и техника, 1981.-328с.
8. Структурний аналіз металів. Металогія. Фрактографія: Підручник – К.: Політехніка, 2006. – 328с.
9. Пахольок А.П., Пахольок О.А. Основы материаловедения и конструктивные материалы: Посібник – Львів: Світ, 2005 – 172с.
10. Чердиченко В.С. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст]: учебн. пособие для вузов / под ред. В.С.Чердиченко. – М.: Омега – Л. 2009. – 752с.
11. Гуляев А.П. О прочности./ А.П. Гуляев – Металловедение и термическая обработка металлов – М.: Машиностроение, №7 1993.- 2с.
12. Л.А. Бугай Исследование потери эксплуатационных свойств деталей поворотных механизмов переносных и телескопных перфораторов эксплуатируемых в шахтных условиях / Бугай Л.А., Нечаев В.П.// Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2015. – Вип. 40. – С135-138.
13. Хоменко О.Є. Гірничі обладнання для підземної розробки рудних родовищ: Довідковий посібник./ О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, Д.В. Мальцев - Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 340 с.
14. Бойко Н.И. Ресурсосберегающие технологии повышения качества поверхностных слоев деталей машин: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. / под. ред. Н.И.Бойко. – М.: Маршрут, 2006. – 198с.
15. Барон Ю.М. Влияние магнитной и магнитно-абразивной обработки на фазовый состав и структуру поверхностного слоя инструментальных сталей. Научный журнал «МЕТАЛЛООБРАБОТКА» №4(70): Издательство «Политехника» Санкт-Петербург, 2012 – 12-17с.

Рукопис подано до редакції 09.04.2021

УДК 004.896:681.3:621.311

І.А. КОТОВ, канд. техн. наук, доц.  
Криворізький національний університет

### **МОДЕЛІ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОТИВАРІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ**

**Мета.** Виклад результатів розробки математичних структурно-логічних моделей продукційної форми подання диспетчерських компетенцій в інтелектуальних системах, які використовуються для автоматизації протиаварійного керування режимами електроенергетичних систем. Аналіз показав, що на сьогоднішній день відсутній єдиний підхід до реалізації універсального засобу подання диспетчерських компетенцій для різних професійних середовищ. Можна констатувати, що потрібна розробка такого формального апарату подання продукційних знань, який забезпечить ефективність рішень і простоту програмної реалізації.

**Методи дослідження** полягають в об'єднанні математичної моделі електричної мережі і моделі функціонування програмної системи підтримки рішень. У роботі використані методи теорії множин, математичної логіки, теорії автоматів, електроенергетичних систем, теорії графів, математичної статистики. Отримана модель подання продукційних знань має розвинений математичний апарат і теоретичну базу і може бути застосована для аналізу і прогнозування безлічі станів продукційної системи.

**Наукова новизна** полягає в новій моделі подання продукційних знань, яка заснована на структурі кластерів семантичних мереж. Новизна полягає в нових структурних і логічних моделях продукцій, що забезпечує побудову баз професійних компетенцій у вигляді продукційних мереж. За основу продукції взята модель онтології семантичної мережі. Розроблені правила генерації як елементарних продукцій, так і їх мереж на основі репрезентації семантичних мереж. Розроблено синтаксис продукцій і їх формально-лінгвістичний базис.