

**Рис. 1.** Технологічна схема збагачення зливу класификатора і доподрібнених пісків ЦГА

Часткове виділення концентрату у першій стадії збагачення може бути перспективним для подальшого впровадження на збагачувальних фабриках.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Отже, для підвищення вмісту заліза у магнетитових концентратах при переробці магнетитових кварцитів доцільно використовувати технологію з частковим виділенням концентрату у першій стадії збагачення з використанням відцентрово-гравітаційного апарату. Актуальним є випробування відцентрово-гравітаційних апаратів різних діаметрів у схемах класифікації магнітних промпродуктів другої та третьої стадії.

#### Список літератури

1. Яременко В.П. Сучасний стан магнітної класифікації магнетитових кварцитів / В.П. Яременко // Вісник КТУ, 2006. – №3.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка и промышленные испытания технологии, обеспечивающей повышение качества магнетитовых концентратов РОФ-1 ИнГОКа» / В.В.Кривенко, А.А.Ширяев, Б.М.Малый, Г.И.Ногович // ОАО Научно-исследовательский и проектный институт по обогащению и агломерации руд черных металлов «Механобрчермет». – Кривой Рог, 1998.
3. Зайцев Г.В. Современные направления развития техники и технологии производства высококачественного железорудного концентрата с высокими

технико-экономическими показателями / Г.В. Зайцев // Каталог-справочник Горная Техника, 2005.

4. Отчет о научно-исследовательской работе «Изыскание и разработка технологии и аппаратуры, обеспечивающей выделение готового концентрата в I-й и промежуточных стадиях обогащения» / Г.В. Губин, В.П.Николаенко, М.Г.Курочкин, Х.У.Ковальчук, А.Я.Гоц // Научно-исследовательский и проектный институт по обогащению и агломерации руд черных металлов «Механобрчермет». – Кривой Рог, 1976. - 95 с.

5. Гилязетдинов М.М., Курочкин М.Г. Новый гравитационный аппарат для обогащения мелких руд / М.М.Гилязетдинов, М.Г.Курочкин // Сб. Обогащение полезных ископаемых – №4. Недра, 1976.

Рукопис подано до редакції 25.02.12

УДК 621.92.004.93

С.С. ДУБРОВСЬКИЙ, Д.А. АРТАМОНОВА, кандидати техн. наук, доценти,  
 І.І. ХРАМОВА, студентка, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ОБРОБЦІ

Проведено комплексний аналіз методів технологічного забезпечення якості поверхонь при обробці. Розглянуто зміну залишкових напружень в поверхневому шарі зразка при магнітно-абразивній обробці поверхонь.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями** Проблема забезпечення ресурсу і підвищення надійності машин є частиною загальної проблеми безпеки і ефективності їх використання. Саме від надійності роботи деталей машин залежить економічна ефективність підприємств експлуатантів. Тому вирішення питання надійності та довговічності на протязі багатьох років залишається актуальним.

Забезпечення високої надійності в першу чергу залежить від якості складових будь якого механізму. Підвищення якості продукції машинобудівних підприємств вимагає вирішення багатьох

ох проблем, з яких технологічні питання відносяться до основних, так як їх успішне вирішення визначає експлуатаційні показники навіть досконало спроектованих механізмів.

На сьогодні домінуючим є забезпечення високої точності деталей, проте, питанням шорсткості поверхонь, на наш погляд, приділяється значно менше уваги. Хоча, шорсткість є однією з основних характеристик мікрогеометрії поверхні деталей, що здійснює значний вплив на експлуатаційні показники. Так, знос тертьових поверхонь, зародження тріщин, втоми, змінання, корозійне і ерозійне руйнування, руйнування в результаті кавітації значною мірою залежить саме від якості поверхневого шару. Природно, що підвищення якості поверхонь деталей сприяє суттєвому підвищенню показників якості машин в цілому і, в першу чергу, показників надійності.

Якість поверхневого шару деталей машин значною мірою залежить від раціонального визначення методів та параметрів їх механічної обробки [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** У даному напрямку проведено значну кількість досліджень [1-4]. Розроблено велику кількість різних технологічних методів підвищення якості поверхонь деталей. Найбільш розповсюджені хімічні, гальванічні методи нанесення покриттів, напилення, лазерна обробка. Дані методи підвищують експлуатаційні властивості та в той же час є екологічно небезпечними та складними при утилізації.

**Постановка завдання.** Не дивлячись на велику кількість досліджень проведених у цьому напрямі, питання технологічного забезпечення заданого рівня параметрів стану поверхневого шару залишається достатньо актуальним [1-3]. Тому метою роботи являється комплексний аналіз методів обробки поверхонь деталей та їх вплив на мікрогеометрію поверхневого шару деталей.

**Викладення матеріалу та результати.** У даній роботі проаналізовано чистові методи технологічного забезпечення шорсткості як: алмазне вигладжування, електрохімічне полірування, магнітно-абразивна обробка.

*Алмазне вигладжування.* Цю операцію виконують шляхом ковзання по оброблюваній поверхні алмазного інструменту. Поверхня деталі після цього має високу зносостійкість при утворенні пар тертя і високу втомну міцність. Особливо важливе значення цього процесу при виготовленні рухомих пар гідроушільнень, в яких при невисокій твердості поверхневого шару, для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей повинна бути забезпечена висока чистота обробки поверхні. Оскільки деталі гідроушільнень не піддаються термічній обробці то забезпечення необхідної твердості забезпечується під час алмазного вигладжування сирової заготовки.

Алмазний інструмент є кристалічним алмазом, закріпленим в спеціальній державці.

Наявність у державки пружинячих пристроїв забезпечує постійність зусилля вантаження при випрасовуванні поверхні. Відхилення в положенні алмазного інструменту при вигладжуванні фіксуються індикаторною голівкою.

На точність обробки деталі алмазне вигладжування здійснює не значний вплив, але значно знижує шорсткість поверхні з доведенням її до Ra 0,1 - 0,025 мкм. Мікротвердість поверхні при цьому підвищується на 50-60 %.

*Електрохімічне полірування.* Електрохімічне полірування - операція, що полягає у вирівнюванні мікронерівностей поверхні металу анодним травленням. У результаті нерівномірного розподілу щільності струму відбувається інтенсивне розчинення мікровиступів. При цьому в мікрозападинах і поглибленнях з'являється пасивна плівка, яка перешкоджає розчиненню металу. Це приводить до згладжування мікронерівностей поверхні і появи блиску. Електрохімічне полірування застосовують для зняття дрібних задирок з штампованих деталей, для декоративної обробки деталей складної форми. При електрохімічному поліруванні поверхневий шар металу не деформується, не має абразивних матеріалів, не порушує структуру наклепом, що властиво при механічному способі підготовки поверхні.

Найбільший ефект електрополірування досягається при значних параметрах шорсткості поверхні. При грубійшій обробці поверхня металу набуває блиску, але наявні на ній дефекти у вигляді мікротріщин та залишкових напруження зберігаються. Корозійна стійкість електрополірованої поверхні вища, ніж у механічно полірованої, проте хімічна дія на поверхню значно зменшує область використання даного методу.

Для успішного проведення процесу необхідно створення умов, в яких існувала б рівновага між швидкостями утворення окисної плівки і швидкістю її хімічного розчинення з тим, щоб товщина плівки підтримувалася незмінною, що значно підвищує складність процесу.

*Магнітно-абразивна обробка.* Серед різновидів абразивної обробки все більшого поширення набуває магнітно-абразивна обробка (МАО). Проведені дослідження по підвищенню якості поверхонь деталей, пов'язані з застосуванням фінішної магнітно-абразивною обробкою [5] показали наявність значних резервів щодо забезпечення більш високої працездатності деталей машин.

Використання магнітно-абразивної обробки, як фінішної, у комбінації з методами нанесення спеціальних покриттів, зокрема іонно-плазмового, дозволяє істотно підвищити надійність і довговічність деталей. Універсальність абразивного інструменту дозволяє виконувати обробку деталей із різноманітних матеріалів, навіть таких як тврдосплавний різальний інструмент з різноманітним покриттям, а також деталей із складною просторовою формою, наприклад, таких як лопатки газотурбінних двигунів ГТД. Підвищення експлуатаційних характеристик пов'язане з особливостями методу МАО, оскільки він об'єднує в собі як ударну взаємодію абразивних частинок порошку і оброблюваної поверхні, так і ефекти, які виявляються при фрикційному контакті [4].

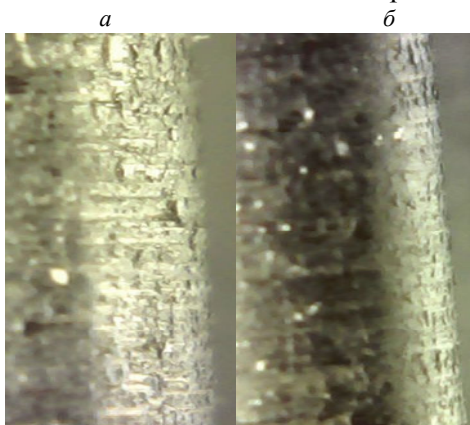
Крім того, своєрідний абразивний інструмент при МАО є рухомо скоординованим і дозволяє локально впливати на окремі частини оброблюваної поверхні деталей [4], а також місця їх пошкоджень попередніми методами обробки в наслідок виробничої спадковості. При цьому можна значно зменшити ступінь впливу отриманих пошкоджень, тобто зниження концентрації напруги в цих дефектах, і формувати в поверхневому шарі матеріалу сприятливої стискуючої залишкової напруги на глибину 200 мкм і більше.

Для магнітно-абразивної обробки поверхонь зразків використовуються різноманітні установки створені на базі металообробних верстатів. Поздовжня та поперечна подачі верстату дозволяють здійснювати переміщення магнітної системи тим самим змінювати її положення відносно оброблюваної деталі. Зміна відстані між оброблюваною деталлю та магнітами дозволяє регулювати напруженість магнітного поля в зазорах. Що впливає на зміну щільності магнітно-абразивного матеріалу. Необхідний режим обробки досягається поздовжнім переміщенням магнітної системи та часом обробки. А ефективність процесу залежить від частоти обертання деталі, щільності магнітного поля та характеристик магнітно-абразивного інструменту.

Дослідження проводились на зразках циліндричної форми, виконаних у відповідності з ГОСТ 1497-84, з метою визначення впливу магнітно-абразивного шліфування на шорсткість та напружено-деформований стан поверхневого шару. Матеріал зразків Сталь 45 та 40. У якості магнітно-абразивного матеріалу використовували суміш порошку карбіду бора  $B_4C$  (з розміром часток F120, 115 мкм) та заліза Fe (з розміром часток 24 мкм), що має універсальні абразивно-поліруючі властивості, володіє широким комплексом хімічних, фізичних та механічних властивостей. Володіє високою твердістю та застосовують для матеріалів різноманітних класів, із різноманітною твердістю, в'язкістю, складом і т.ін. [6].

У результаті обробки за оптимальними режимами МАО отримано шорсткість поверхні зразків на рівні  $Ra=0,2-0,25$  мкм.

Поверхні зразків до та після магнітно-абразивної обробки зображено на рис. 1. Як видно з (рис. 1а) поверхня зразка до магнітно-абразивної обробки має порівняно велику шорсткість  $Ra=0,8\div 0,9$  мкм, більш різкі та нерівномірні переходи (виступи та впадини мікронерівностей). Як видно з рисунку (рис. 1б), поверхня зразка після короткого часу магнітно-абразивної обробки більш гладка з плавними переходами та меншою шорсткістю  $Ra=0,4\div 0,5$  мкм.

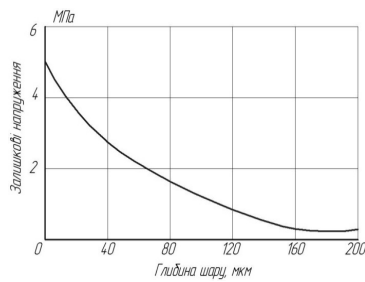


**Рис. 1.** Поверхня зразка до а та після б магнітно-абразивного шліфування збільшена в 200 крат

Аналіз результатів вимірювання мікрогеометрії поверхні зразків показав, що зі збільшенням швидкості різання та часу обробки зменшується шорсткість поверхні, в основному за рахунок зменшення висоти мікровиступів  $R_{max}$ . Але при значному збільшенні швидкості обертання зразку шорсткість поступово погіршується, із-за збільшення температури в зоні обробки та підвищення швидкості переміщення магнітно-абразивного матеріалу, що ускладнює процес обробки.

Проведені дослідження залишкових напружень в зразках після магнітно-абразивної обробки (рис. 2)

показали, що в поверхневому шарі зразків виникають стискуючі залишкові напруження. Дане явище позитивно впливає особливо при подальшому нанесенні покриттів.



**Рис. 2.** Зміна залишкових напружень в поверхневому шарі зразка при магнітно-абразивній обробці

**Висновок.** Використання магнітно-абразивної обробки, як методу технологічного забезпечення якості поверхні деталей дає змогу значно підвищити якість поверхнього шару, знизити вплив негативних факторів, що виникають при обробці іншими методами, а також зміцнити поверхневий шар. Що дає змогу значно підвищити зносостійкість, корозійну стійкість та інші експлуатаційні властивості деталей машин.

Проте вимагають подальшого розвитку дослідження направлени на зміни параметрів мікровпадин поверхні, які являються концентраторами напруги і місцем розвитку корозії, та здійснюють значний вплив на міцність деталей машин.

#### Список літератури

1. **А.В. Кузнецова, Т.Г. Ивченко** Повышение эффективности обработки деталей инструментами из сверхтвердых материалов на основе оптимизации режимов резания. ИНЖЕНЕР: студенческий научно-технический журнал// Донецк: ДонНТУ, 2007. №8. - С. 55-57.
2. **С.Д. Базієвський, В.Ф. Дмитришин** Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Підручник. - К.: Видавничий Дім "Слово", 2006. - 504 с.
3. **В.С. Кобчикова** Технология магнитно-абразивного полирования изделий из твердых сплавов. Автореф. ... канд. техн. наук. Л.:ЛПИ, 1983. -16 с.
4. **В.Т. Трошенко, Г.В. Цыбанев, Б.А. Грязнов, Ю.С. Налимов.** Влияние состояния поверхности и контактного взаимодействия поверхности. Киев. ИПП, 2009. – 664 с.
5. **В.С. Майборода** Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь. Дис. докт.техн.наук. - Київ, 2001. – 404 с.
6. **В.Е. Оликер.** Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. Металургия, М.,176 с. - (1990).

Рукопис подано до редакції 29.03.12

УДК 621.515

О.В. ЗАМЫЦКИЙ, д-р техн наук, доц., А.Ю. КРИВЕНКО, канд. техн. наук  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### МОДЕЛЬ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТУРБОКОМПРЕССОРА С КОНТАКТНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Разработан алгоритм модели термогазодинамических процессов многоступенчатого турбокомпрессора с контактной системой охлаждения, включающий процессы во впускном коллекторе, ступенях сжатия и воздухоохлаждителях.

**Турбокомпрессор, контактная система охлаждения, модель, термогазодинамические процессы.**

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для выбора рациональных параметров контактной системы охлаждения шахтного турбокомпрессора может быть использована математическая модель, отражающая реальные физические процессы, протекающие в компрессоре. Наиболее сложной является задача получения газодинамической характеристики ступени вновь проектируемого турбокомпрессора из-за сложности математического описания потерь в проточной части. Для выбора рациональных параметров аппаратов контактной системы охлаждения турбокомпрессора может быть использована модель с эмпирическим описанием потерь в проточной части, что существенно упрощает ее решение.

**Анализ исследований и публикаций.** Результаты исследований по разработке такой модели применительно к турбокомпрессорам с воздухоохлаждителями поверхностного типа опубликованы в работах [1,2]. В то же время существенным недостатком штатных воздухоохлаждителей является склонность к загрязнению теплообменных поверхностей накипными загрязнениями приводящая к снижению эффективности охлаждения воздуха и как следствие увеличению энергозатрат. От этих недостатков свободны контактные воздухоохлаждители работающие при непосредственном контакте сжатого воздуха и циркуляционной воды. Такие воздухоохлаждители представляют собой аппарат со-