

продуктов дроблення лома РЭА. – Запорожье, ЗГИА, Металлургия, №13, 2005, с41-48.  
4. Козин В.З. Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых / М.:Недра,1984.-117с. 5. Разработка и внедрение опытно-экспериментальных участков по переработке сложных отходов, содержащих драгоценные металлы. Отчет о НИР (Т.1 - Разработать и внедрить технологию переработки плат РЭА, в т.ч. деталей на керамической основе) / Донецкий гос. науч.-исслед. и проект. ин-т цв. металлов. Рук. Козловский К.П. - Донецк., 2006. - Отв. исполн. Пластовец А.В., Шуляк Т.И. - № ГР0105у007235.

Сдано в редакцию 20.05.08

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАКЛЕПУ ПРИ МАГНІТО-АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

Гавриш А.П., Мельник О.О., Гавриш О.А. (НТУУ «КПІ», Київ, Україна)

*In this article are presented the results of research parameters of peening at magnetic abrasive finishing of the high-alloyed nickel-based alloys. A research method, principle of work of the research setting, is presented and there were the analysed influences of the modes of cutting on quality of superficial layer of detail. A job result it is been recommendation on the choice of the cutting settings.*

**Вступ** В теперішній час сучасні методи формоутворення дозволяють отримати заготовки по формі і розмірам близьким до готових деталей. Багато в чому остається невирішене питання подальшого формування заданих фізико-механічних і експлуатаційних властивостей поверхневого шару, остаточної доводки поверхні деталі.

Однак, особливі якості важкооброблюваних магнітомяких сплавів потребують вдосконалення існуючих і розробку нових методів оброблення поверхонь.

Одним із перспективних методів оброблення являється метод магніто-абразивного оброблення.

**Мета** даної роботи є дослідження параметрів наклепу при магніто-абразивній обробці високолегованих нікелевих сплавів.

На жаль, у науково-технічній літературі, незважаючи на велику кількість публікацій по дослідженню параметру наклепу при алмазно – абразивного шліфування і доводці [1], практично немає відомостей про вивчення параметрів наклепу при магніто-абразивному обробленні (МАО).

Відомо, що наклеп суттєво впливає на кінцеві параметри якості поверхні.

Тому, дослідження параметру наклепу при магніто-абразивному обробленні безумовно є актуальним питанням, що спонукало до відповідного вивчення і підготовки даної статті.

Дослідження цього питання виконується в рамках науково-дослідної роботи «Розробка технології отримання і обробка композиційних підшипникових матеріалів для важких умов експлуатації» (Державна науково-технічна програма МОН України № 2140-п).

**Методика** Магнітно-абразивна обробка є процесом обробки деталей в середовищі композиційного феромагнітного абразивного порошку, утримуваного силами магнітного поля в робочій зоні. Магнітно-абразивний матеріал розташовується між полюсами електромагнітів, створюючи ріжучий інструмент («щітки»), щільністю якого можна варіювати в широких межах, змінюючи напруженість магнітного поля в

зазорах. Принципова схема МАО показані на рис. 1,2. При русі деталі через робочу зону абразивний порошок охоплює оброблювану деталь, чинячи тиск на неї в кожній точці поверхні.

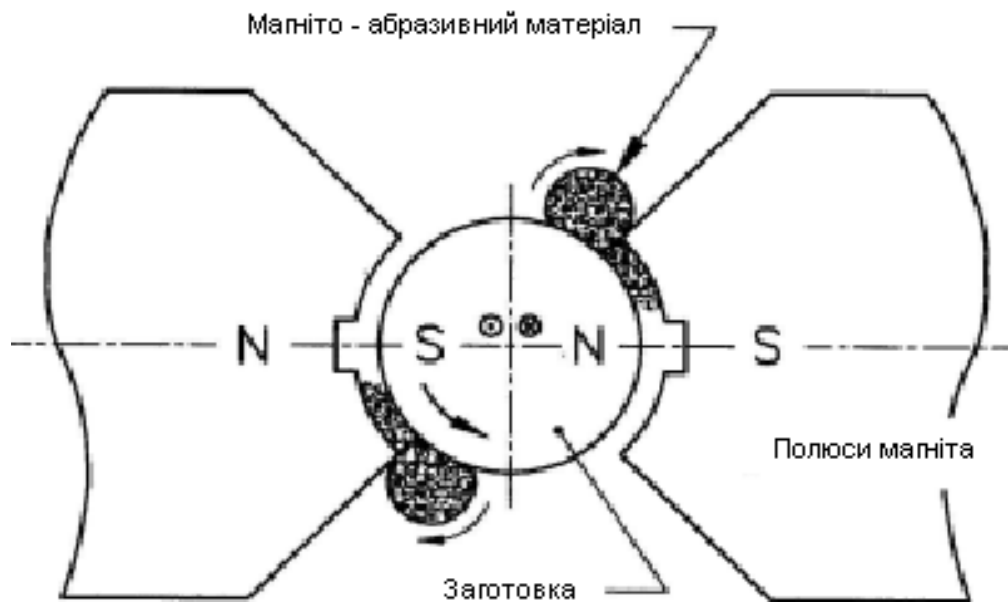


Рис 1. Схема магніто-абразивної обробки



Рис 2. Магніто-абразивна обробка циліндричної заготовки

Оброблення проводилося на матеріах, що мають широку гамму легуючих елементів, на основі нікелю.

**Результати проведеної роботи** У якості порошку використовувались феромагнітний абразивний порошок зернистістю 60 мкм. Обробка виконувалась на супорті універсального верстата К162М: полірувальний супорт установлювався на верстат (рис. 3).

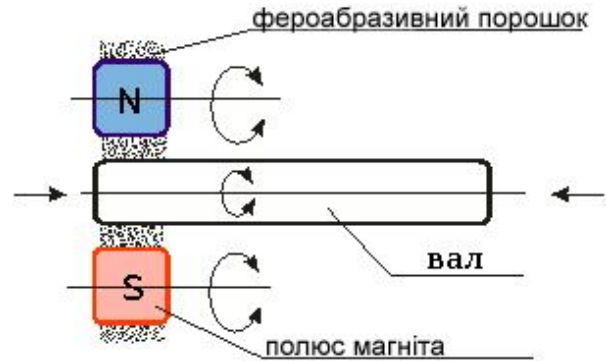


Рис 3. Фотографія верстата та схема оброблення деталі

Режими різання змінювалися у діапазоні:

Довжина зазору 1мм

Швидкість деталі 40-45 м/хв

Магнітна індукція 0.5-2.5 В/м<sup>2</sup>

Температури у зоні оброблення досліджувались з допомогою термоактивних фарб, що під дією температур змінюють свій колір, наприклад, з зеленого ( $\approx 80^{\circ}\text{C}$ ) на жовтий ( $\approx 100^{\circ}\text{C}$ ) [3].

Дослідження закономірностей утворення наклепу проводилось із врахуванням сучасних методів вимірювань:

1. рентгеноструктурного аналізу;
2. металографічного аналізу;
3. високочастотного зондування.

1. Рентгеноструктурне дослідження наклепу виконане на іонізаційній установці фірми "Комеса" (Франція) в  $\alpha - \text{Fe}$  випромінюванні [4].

Як параметри для визначення наклепу використовувались спотворення II роду  $\Delta a/a$  та уширення інтерференційної лінії  $V_{(311)}$ , мм.

Рентгеноструктурна зйомка виконувалась при швидкості обертання зразка 0,5 град/хв і швидкості переміщення діаграмної стрічки 1200 мм/год.

За таких умов рентгенівської зйомки і у відповідності з паспортними характеристиками установки, інструментальна похибка вимірювань складає: по параметру  $V_{(311)}$  - 0,000011 мм, по параметру  $\Delta a/a$  - 0,00001.

Для визначення глибини наклепаного шару виконувалось пошарове травлення (електрополірування) зразків із кроком 1-2 мкм [4].

Товщина знятого шару вимірювалась на вертикальному оптичному мікрометрі JBТ з ціною поділки 1 мкм.

На кожному з травлених рівнів виконувався повний цикл рентгено-структурних вимірювань. Травлення продовжувалось до досягнення глибинних шарів з параметрами необробленого зразка.

Для електрополірування використовувався наступний склад електроліту: фосфорна кислота - 85 %, хромовий ангідрид - 15 %. Режим електрополірування: температура ванни - 80 °С, щільність струму - 1,7 А/см<sup>2</sup>, відстань між катодом і зразком - 40 мм, розташування електродів - вертикальне, час травлення - 15 с.

2. Суть методу металографічного аналізу полягає у визначенні наклепу по вимірюванню мікротвердості шарів, які лежать на різній глибині від рівня механічно обробленої поверхні. Мікротвердість шарів, далеко віддалених від поверхні, можна визначити за допомогою косих, прямих чи паралельних зрізів.

Метод косих зрізів може внести деякі неточності в отримані результати, оскільки у процесі доводки косого зрізу досліджувана поверхня піддається додатковому наклепу, внаслідок чого мікротвердість може додатково підвищуватись на 10-15 кг/мм<sup>2</sup> (98-147 Н/мм<sup>2</sup>).

Неприйнятним для вимірювань глибини наклепу магнітном'яких матеріалів є і метод прямих зрізів, який можна використовувати тільки при глибинах наклепу 500 мкм, що приблизно у 50—100 разів перевищує глибину наклепу, утвореного при тонкому шліфуванні магнітном'яких матеріалів.

Таким чином, єдиним прийнятним методом металографічного аналізу для вимірювання глибини наклепу магнітном'яких матеріалів є метод паралельних зрізів з оцінкою мікротвердості на мікротвердометрі ПМТ-3.

Вимірювання глибини наклепу за допомогою металографічного аналізу виконувались наступним чином.

Вимірювалася мікротвердість відпалених необроблених зразків. Потім визначалась мікротвердість досліджуваної поверхні. Знімаючи пошарно наклепані шари з кроком 1-2 мкм, вимірювали мікротвердість на різних рівнях наклепаної зони.

Також з вимірюванням мікротвердості визначався ступінь наклепу  $\frac{H_o}{H_o}$ , де  $H_o$  - мікротвердість необроблених зразків.

3. Високочастотний електромагнітний метод використовує деякі особливості проникнення та розповсюдження електромагнітного потоку високої частоти у різних матеріалах. Для дослідження товщини наклепу, а також товщини різних покриттів на магнітній, немагнітній та непровідній основах створений ряд приладів [5].

Принцип роботи приладів базується на тому, що високочастотний електромагнітний потік, який випромінюється датчиком, індукує у поверхневому шарі досліджуваного об'єкта вихрові струми, які є причиною виникнення протидіючого електромагнітного потоку і втрат потужності у поверхневому шарі. Послаблений електромагнітний потік повертається у датчик. Будь-яке послаблення магнітного поля викликає підсилення електричного потоку у котушці датчика, що генерувала магнітний потік. Цей електричний струм підсилюється та вимірюється.

При дослідженні закономірностей утворення наклепу вимірювались величини наклепу у порівнянні з параметрами необробленого відпаленого зразка (табл. 1-4).

Таблиця 1 Параметри наклепу на різних рівнях наклепаної зони при механічній доводці і магніто-абразивному обробленні

| Метод доводки                                    | Початкові значення                 |                               | Стравлено 5 мкм                    |                               | Стравлено 10 мкм                   |                               |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                                                  | $\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-4}$ | $\sigma_{\frac{\Delta a}{a}}$ | $\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-4}$ | $\sigma_{\frac{\Delta a}{a}}$ | $\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-4}$ | $\sigma_{\frac{\Delta a}{a}}$ |
| Чавунний диск, мікропорошки ММ5, ММ3, ММ1        | 12,8                               | 0,28                          | 7,16                               | 0,17                          | 0,25                               | 0,1                           |
| Фінішна доводка, олов'яний диск мікропорошок ММ1 | 11,9                               | 0,51                          | 5,8                                | 0,24                          | 0,1                                | 0,05                          |
| МАО                                              | 5,3                                | 0,21                          | 2,27                               | 0,05                          | 0,04                               | 0,03                          |

\*1. Матеріал - 81НМТ

2. Режими різання: швидкість різання - 7 м/хв; питомий тиск - 0,56 кг/см- (5,5 Н/см<sup>2</sup>)

3. Режими МАО: : індукція  $B=1,5$  В/м<sup>2</sup>, довжина робочого зазору 1-1.2 мм, зернистість феромагнітного абразивного порошку 60 мкм, швидкість деталі 45 м/хв, повздовжня швидкість деталі 0,3-0,5 м/хв

4.  $\frac{\Delta a}{a}$  - середнє арифметичне значення спотворень II роду

5.  $\sigma_{\frac{\Delta a}{a}}$  - середнє квадратичне відхилення  $\frac{\Delta a}{a}$

Таблиця 2 Залежність мікротвердості оброблюваної поверхні від магнітної індукції

| Індукція, В/м <sup>2</sup> | Мікротвердість, Н/мм <sup>2</sup> |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 0,5                        | 1680                              |
| 1                          | 1750                              |
| 1,5                        | 1820                              |
| 2,5                        | 1900                              |
| Необроблений зразок        | 1650                              |

Зі збільшенням індукції в робочому зазорі мікротвердість обробленої поверхні зростає (табл. 1) Також зі збільшенням індукції від 0,5 до 2,5 В/м<sup>2</sup> (тобто в 5 раз) мікротвердість збільшується всього на 20%. Ця закономірність може бути пояснена сукупністю діючих силових та температурних факторів оброблення. З одної сторони, збільшення індукції обумовлює різке збільшення складових сил різання, що в свою чергу приводить до зміцнення поверхневого шару. З іншого боку, виникає значне зростання температур в зоні оброблення. Все це сприяє відпочинку поверхневого шару і зниженню зміцненню оброблюваної поверхні.

Збільшення числа обертів оброблюваної деталі обумовлює деяке зменшення мікротвердості оброблюваної поверхні.

Таблиця 3 Залежність мікротвердості оброблюваної поверхні від числа обертів оброблюваної деталі

| Швидкість деталі, м/хв | Мікротвердість, Н/мм <sup>2</sup> |
|------------------------|-----------------------------------|
| 35                     | 1780                              |
| 90                     | 1850                              |
| 150                    | 1950                              |
| Необроблений зразок    | 1650                              |

Виявлена закономірність пояснюється тим, що зі збільшенням числа обертів деталі зменшується силова дія зерен на оброблювану деталь.

Зменшення числа обертів деталі приводить до росту струму, деякому погіршенню «чистоти» обробки і збільшенню складових сил різання. Не дивлячись на те, що при цьому температура в зоні обробки зростає, розміщення повністю не знімає зміцнення.

Таблиця 4 Вплив режимів різання магніто-абразивної обробки на якість поверхневого шару деталі

| Режими оброблення              |                              | Шорсткість ГОСТ – 2789-73, Ra мкм | Мікротвердість, Н/мм <sup>2</sup> | Ренгеноструктурні параметри наклепу                  |                                                         |                  |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|
| Число обертів магніта п, об/хв | Індукція В, В/м <sup>2</sup> |                                   |                                   | Уширення лінії рентгенограми В <sub>(311)</sub> , мм | Напруження 2-го роду $\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-4}$ | Блоки мозаїки Да |
| 300                            | 1,6                          | 0,32                              | 1700                              | 31,3                                                 | 0,5                                                     | 440              |
| 300                            | 1,8                          | 0,16                              | 1780                              | 34                                                   | 2,9                                                     | 520              |
| 380                            | 1,6                          | 0,08                              | 1750                              | 34,1                                                 | 0,8                                                     | 510              |
| 380                            | 1,8                          | 0,04                              | 1800                              | 31,4                                                 | 3,7                                                     | 665              |
| Необроблений зразок            |                              |                                   | 1650                              | 26                                                   | -                                                       | -                |

Аналіз процесу показує, що при обробленні має місце мікрорізання і пластична деформація поверхневого шару деталі, який супроводжується виникненням залишкових напружень стиснення величиною 50-70 Н/мм<sup>2</sup>, що поширюється на глибину 1.5-2 мкм. Це приблизно в 2-3 рази краще, ніж при абразивному шліфуванні чи доводці.

#### Висновки

1. Для досягнення мінімальних параметрів наклепу можуть бути рекомендовані такі режими оброблення: індукція В=1,5 В/м<sup>2</sup>, довжина робочого зазору 1-1.2 мм, зернистість феромагнітного абразивного порошку 60 мкм, швидкість деталі 45 м/хв, повздовжня швидкість деталі 0,3-0,5 м/хв.
2. Доцільним у подальших дослідженнях є комплексне вивчення від магніто-абразивної обробки на оптимізацію параметрів шорсткості поверхні у поєднанні з параметрами наклепу, із урахуванням взаємодії силового і температурного полів у зоні оброблення.

**Список літератури:** 1.Захаренко И.П Алмазные инструменты и процессы обработки.- К: Техника, 1980. – 216с. 2.Композиційні підшипникові матеріали для підвищення умов експлуатації: Монографія / Роїк Т.А., Киричок П.О., Гавриш А.П. – К.: НТУУ «КПІ», 2007.-404с. 3.ГОСТ 801.10.86-73 Краски термоактивные светочувствительные. (Состав, свойства, условия эксплуатации). 4.Гавриш А.П.,

Мельничук П.П. Технологія обробки магнітних матеріалів: Навчально-довідниковий посібник для студентів спеціальностей 7.090202 «Технологія машинобудування» 7.090203 «Металорізальні верстати та системи».- Житомир:ЖДТУ, 2004.-484с.  
5.Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. – М.: Машиностроение, 1974.-280с.

Сдано в редакцию 21.05.08

## ГИБКАЯ МОДУЛЬНАЯ СБОРОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**Григорьева Н.С.** (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина)

*Description of assembling technology which from traditional differs by the module and flexibility is expounded. Essence of such technology is that a technological assembling process is arranged from the separate well worked modules. The technological modules sneak up on the requirements of the automatic assembling and jointness Advantages of assembling technology consist in its universality, upgrading and competitiveness of assembling, and also reduction of time of development.*

*Постановка проблемы.* Поскольку сборка изделий в разных отраслях промышленности занимает от 15 до 90% общей трудоемкости его изготовления, является последним наиболее сложным и ответственным этапом производства, формирует показатели качества, то структуризация технологических сборочных процессов (ТСП) весьма важна, как в плане повышения производительности, надежности, точности изделий, так и снижения технологической себестоимости, упрощения организации производства, технической подготовки и высвобождения рабочей силы.

Из анализа ТСП - сборочное оборудование - организация сборки следует, что: отмечается большая разница между сроком выпуска изделий и эксплуатации технологического оборудования, на котором оно собирается; ТСП в большинстве случаев не отвечают этой противоречивой ситуации, что усложняет сборочный процесс и увеличивает технологическую себестоимость сборки; организация сборочных работ не использует все возможности такого производства.

Так как сборочное оборудование серийно не выпускается, то каждое сборочное оборудование и оснащение является уникальным, предназначенным для конкретного или подобного изделия. Для выпуска нового изделия чаще всего возникает необходимость в использовании другого сборочного оборудования. При сборке часто используются типовые или групповые ТСП, которые даже в первом приближении не являются оптимальными. Их структуризация выполнена по схеме: операция – установка – позиция – переход, которая не может хоть как-то быть использованной при переходе на сборку другого типа изделия. Потребуется разработка новых ТСП. Организация и управление сборочными работами следует из имеющейся технологии и сборочного оборудования и при каждом изменении объекта сборки, особенно автоматической, необходимы новые технологии и оборудование, обеспечивающие с минимальными затратами требуемое качество изделий и производительность.

*Анализ исследований.* Из создавшегося положения есть два выхода: ручная сборка или переход на компьютерно-интегрированное производство CIM (Computer Integrated