

## ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ

*В данной статье рассмотрен новый метод измерения температуры в зоне резания при магнитно-абразивной обработке для магнитно-мягких материалов. С помощью этого метода возможна фиксация и измерение температур в зоне обработки в диапазоне 70-200°C. Особенностью нового метода является применение хромель-алюмелевых термопар.*

*In this article, presented the new method of measuring of temperature in the area of cutting at magnetic-abrasive treatment for non-retentive materials. By this method, fixing and measuring of temperatures is possible in the area of treatment in a range 70 – 200 °C. The feature of new method is application of chromel-alumel thermocouples.*

Однією з невирішених проблем сучасного машинобудування є недосконалість існуючих та відсутність надійних, та ефективних методів вимірювання температур безпосередньо в зоні контакту оброблюваної деталі та різальних кромek інструменту. Ця задача особливо актуальна на завершальних фінішних операціях технологічного процесу оброблення деталей з різних матеріалів. В рамках науково-дослідної роботи (Державна науково-технічна програма МОН України № 2140-п) було передбачено проведення досліджень процесів при високих температурах, при шліфуванні магнітно-м'яких сплавів, які є високолегованими, важкооброблюваними сплавами на основі нікелю і до складу яких входять лігатури – залізо, вуглець, вольфрам, хром, молібден, титан, алюміній, кобальт, ванадій, бор, церій, фторид кальцію та інше.

Ці матеріали застосовуються у машинобудуванні та приладобудуванні при виготовленні деталей зі спеціальними властивостями для виробів бортових систем аерокосмічної техніки (ресуратори та накопичувачі інформації, датчики, спеціальні магніти, мініатюрні трансформатори, деталі ЕОМ), блоки приладів електронного керування верстатами з ЧПК та виробництво підшипників ковзання газотурбінних систем, що працюють при високих температурах і навантаженнях на повітрі при терті без змащування.

При абразивних методах обробки поверхонь деталей з цих матеріалів (шліфування, доводка, суперфініш, хонінгування) у поверхневих шарах утворюється наклеп, що знижує робочі характеристики готових виробів. Як відомо. Наклеп є результатом сукупної дії сил різання та миттєвих контактних температур, що, в залежності від режимів абразивної обробки, сягають значень 500 – 1000°C.

При магнітно-абразивному обробленні розміри стружок досить малі і не перевищують значень площі перерізу у розмірі 5 – 10 мкм<sup>2</sup>, що веде до виникнення мінімальних температур у зоні оброблення, які звичними методами виміряти неможливо. Одним з методів які використовують сьогодні на етапах фінішного оброблення є спосіб вимірювання температур запропонований в [1].

Суті цього способу полягає в тому, що на поверхню яка обробляється, вводять хромель – алюмінієву термопару. При шліфуванні цієї поверхні фіксують температуру гарячої стружки.

Недоліком відомого способу є те, що температура стружки не повністю ідентична температурі на поверхні деталі. Крім того, при умові зрізання надтонких стружок з площею перерізу 5-10 мкм<sup>2</sup>, наприклад, при магнітно-абразивній обробці в магнітному полі, метод вимірювання термопарою не дозволяє взагалі зафіксувати хоч якісь мінімальні значення температур. Крім того, даний метод також не задовольняє умовам магнітно-абразивної обробки магнітно-м'яких матеріалів на основі нікелю.

Суть методу магнітно-абразивної обробки: 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. Принципові схеми MAO показані на Рис. 1-2. При русі деталі через робочу зону абразивний порошок охоплює оброблювану деталь, чинячи тиск на неї в кожній точці поверхні. Наявність тиску, що становить, на деталь з боку порошку по нормалі (магнітного походження) і тангенціальній складовій, обумовленій переміщенням виробу щодо порошку, приводить до знімання металу і згладжування мікронерівностей на поверхні деталі.

Особливостями методу магнітно-абразивної обробки є:

1) безперервний контакт абразиву з поверхнею виробу, що знижує циклічні навантаження на систему станок - пристрій - інструмент - деталь (СПД) і сприяє поліпшенню точності геометричних розмірів і форми оброблюваної поверхні;

2) відсутність жорсткого кріплення абразивного зерна в зв'язці, що сприяє мимовільній нівеляції ріжучого інструменту щодо складної геометрії оброблюваної поверхні, що знімає вірогідність появи в зоні різання критичного тиску і температур, збільшує стійкість зерна, підвищує фізико-механічні показники якості поверхневого шару матеріалу виробу;

3) можливість управління жорсткістю абразивного інструменту в осьовому і подовжньому напрямках і за рахунок цього, регулювання знімання металу з формують поверхні виробу і поєднання чорнової, чистої і фінішної обробки без зміни технологічних баз і переустанови деталі;

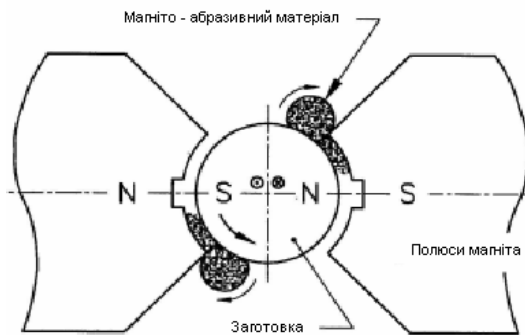


Рис 1 Схема магнітно-абразивної обробки



Рис. 2 Магнітно-абразивна обробка циліндричної заготовки

4) відсутність тертя зв'язки об поверхню виробу, що істотно знижує сталу температуру абразивної обробки;

5) можливість різання завжди найбільш гострою кромкою абразивного зерна (при цьому відпадає необхідність періодичної перезаточки абразивного інструменту);

6) проникнення стружки диспергованого металу, між абразивними зернами, що знімає вірогідність засалювання абразивного інструменту і виключає процес припрацювання (припинення різання);

7) забезпечує знімання матеріалу протягом всього періоду обробки і дозволяє шліфувати високолеговані та важкооброблювані і не термооброблені матеріали (магнітно-м'які, магнітно-тверді сплави, мідь, алюміній, титан, не термооброблену сталь і т. д.);

8) можливість зміцнення поверхневого шару матеріалу виробу, дроблення елементів кристалічної решітки з утворенням дрібнодисперсних фаз і зниження залишкової розтягуючої напруги (отриманих на попередній операції шліфування кругом, брусом, абразивною стрічкою) з перетворенням їх в стискаючі;

9) отримання гравюри на товстолистовому виробі або рельєфного зображення заданого малюнка на тонких пластинках;

10) здійснення розмірної або безрозмірної (декоративної) обробки, що забезпечує за 10-120с знімання металу 0,002-0,5 мм на діаметр; зниження шорсткості з  $Ra=1,25-0,32$  мкм до  $Ra=0,08-0,01$  мкм або  $Ra=10-2,5$  мкм до  $Ra=0,32-0,08$  мкм; збереження геометричних розмірів в межах допуску, залишеного для операції шліфування [2, 3].

Тому виходячи із суті методу магнітно-абразивного методу постала необхідність у вдосконаленні існуючих методів вимірювання температури в зоні контакту ріжучих зерен та оброблюваного матеріалу.

Основною метою при розробці нового методу вимірювання температур була фіксація невеликих температур в діапазоні 70-200°C. Поставлена задача вирішується тим, що штучно утворюють термопару

шляхом поєднання електроду хромелевого дроту з матеріалом оброблюваної деталі, що слугує другим електродом, причому хромелевий електрод через отвір у деталі вводять у зону магнітно-абразивної обробки, а гарячий спай штучної термопари утворюється розігрітою від оброблення стружкою.

На Рис. 3. показано застосовану схему вимірювання. Деталь 1 – з магнітного сплаву на основі нікелю, плоску поверхню 2 яку обробляють магнітно-абразивним методом, закріплюють на столі 3 відповідного верстата. Між магнітом 4 і деталю 1 утворюється магнітне поле з індукцією  $B$ , яке міцно утримує у зазорі  $\delta$  між магнітом 4 і поверхнею оброблення 2 фероабразивні зерна 5. Завдяки дії магнітного поля зерна 5 завжди орієнтовані своєю гострою ріжучою кромкою до поверхні обробки.

З початком зворотного-поступового руху стола 3 зі швидкістю  $V_d$ , і обертанням магніту 4 з окружною швидкістю  $V_m$  відбувається зняття з плоскої поверхні деталі припуску товщиною  $t$ , при цьому зрізаються мікростружки 6, які завдяки малій зернистості фероабразивного мікропорошку (20-70 мкм) і невеликих

глибинах різання  $t$  у межах 0,1 – 0,5 мкм, здебільшого мають площу перерізу у діапазоні 5 -10 мкм<sup>2</sup>.

Через точний отвір у деталі 2 на поверхню оброблення вводять хромелевий дріт 8, який міцно закріплюють і який утворює один електрод штучної термопари, що застосовується для вимірювання температур у зоні оброблення. До деталі 2 міцно (наприклад, з допомогою лазерного зварювання) кріплять струмопровідник 9 у вигляді тонкого дроту чи стрічки. У цьому випадку деталь 2, що обробляється, являє собою другий електрод штучно створеної термопари. Обидва струмопровідника підключають до вимірювального приладу 10. Під час оброблення утворюється стружка 6, яка, завдяки пластичним деформаціям металу, нагрівається до певної температури,

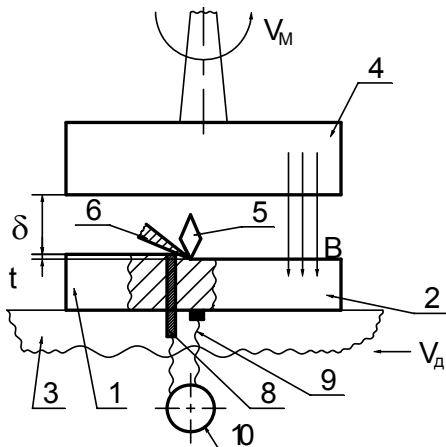


Рис 3 Схема вимірювання контактних температур при магнітно-абразивному обробленні

значення якої залежать від сукупної дії режимних параметрів різання ( $V_d$ ,  $V_m$ ,  $B$ ,  $\delta$  та інше). Розігрітий елемент стружки замикає хромелевий електрод з деталлю обробки 2, утворюючи гарячий спай штучної термопари. В результаті дії усіх факторів виникає ЕРС, яку фіксує прилад 10. Провівши відповідне тарування штучної термопари за показниками вимірювального приладу (наприклад, стрілочний гальванометр, чи шлейфовий осцилограф) можна фіксувати миттєві контактні температури, що виконують у зоні різання під час оброблення. Спосіб вимірювання миттєвих контактних температур у зоні магнітно-абразивної обробки високолегованих сплавів на основі нікелю у порівнянні з відомим [1] забезпечує отримання надійних показників температур (табл. 1, 2).

Використання винаходу дозволяє забезпечити надійну реєстрацію значень миттєвих контактних температур у зоні оброблення. Встановлюючи необхідні режими різання при магнітно-абразивній обробці, гарантувати оброблення мінімальних значень параметрів наклепу у поверхневому шарі деталі, що обробляється. Це також зменшує брак при обробці, попереджуючи виникнення у процесі виробництва деталей з високолегованих сплавів на основі нікелю кристалічних температур, що не повинні перевищувати значень точки Кюрі (100-350°C) з урахуванням марок матеріалів деталей, що оброблюються.

Таблиця 1

Залежність миттєвої контактної температури  $T$  поверхні від індукції при магнітно-абразивній обробці деталей зі сплаву 81НМТ

Індукція $B$ , Тл	Температура $T$ , °C
0.5	50
1.0	70
1.5	100
Тонке абразивне шліфування (найближчий аналог)	Не фіксується

Таблиця 2

Вплив індукції  $B$  у робочому зазорі при магнітно-абразивній обробці деталей з композиційного сплаву ХН55ВМТКЮ на миттєві контактні температури  $T$  у зоні оброблення

Індукція $B$ , Тл	Температура $T$ , °С
0.5	50
1.0	70
1.5	100
Тонке абразивне шліфування (найближчий аналог)	Не фіксується

**Висновок:** В ході проведених досліджень було запропоновано новий метод вимірювання миттєвих контактних температур в зоні магнітно-абразивної обробки. Ці результати були оформлені та подані у вигляді заявки на отримання охоронного документу [4] (заявка на Патент України), що отримала позитивне рішення.

### Список літератури

1. Гавриш А.П., Мельничук П.П. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів. Вид-во ЖДТУ: Житомир – 2004.-552с.
2. Shinmura, T., Wang Feng Hui and Aizawa, T., “Study on a New Finishing Process of Fine Ceramics by Magnetic Abrasive Machin -ing – On the Improving Effect of Finishing Efficiency Obtained by Mixing Diamond Magnetic Abrasives with Ferromagnetic Particles”, J. of JSPE (in Japanese), Vol.59, No.8, pp.1251-1256, 1993
3. Yamaguchi, H., Shinmura, T., “Study of an internal magnetic abrasive finishing using a pole rotation system Discussion of the characteristic abrasive behavior”, Precision Engineering Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, 24, pp. 237-244, 2000
4. Заявка на Патент України № u 2008 12679.