

1. Вальд А. Последовательный анализ. М., 1960; 2. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М., 1982. 3. Пальчевский Б.А. Применение структурного анализа для оценки технологичности конструкций изделия на этапе проектирования // Автоматизация производственных процессов в машиностроении и приборостроении: Респ. Межведомств. науч.-техн. сб. 1986. Вып.25. С.10-16. 4. Пальчевський Б.О. Функціональний і технологічний аналіз деталей виробу // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвідомч. наук.-техн. зб. 1998. Вип.33. С.102-112. 5. Пальчевський Б.О. Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва. Львів, 1994. 6. Пальчевський Б.О. Оптимізація структури автоматизованої технологічної системи // Вісн. ДУ «Львівська політехніка». 1998. № 321. С.67-73.

УДК 621.791

## МЕТОД ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ У ПОКРИТТЯХ, НАНЕСЕНИХ МЕТОДАМИ ГАЗОТЕРМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ

© Гриньов В.Ф., 1999

ДУ «Львівська політехніка», кафедра «Технологія машинобудування»

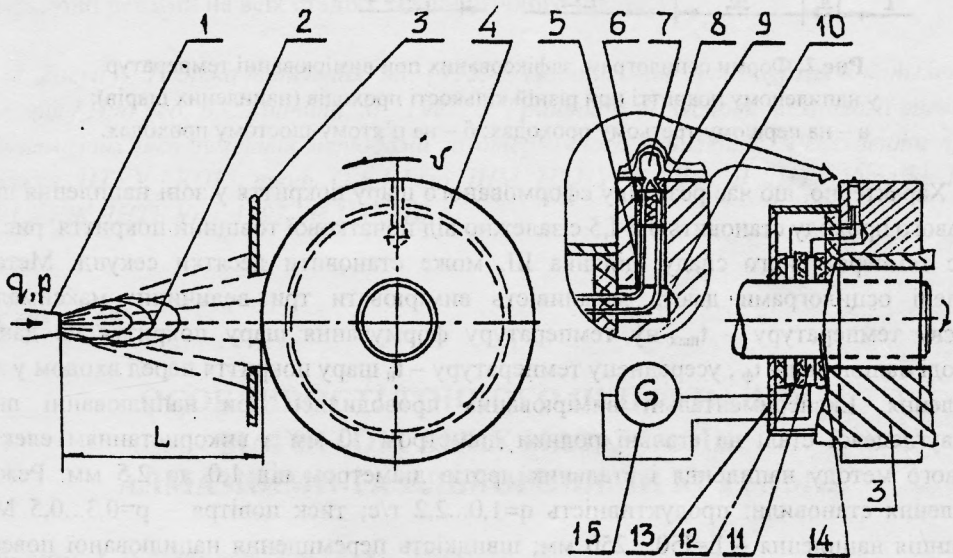
**Розглянуті переваги і недоліки методів визначення температур у покриттях, які формуються газотермічним напиленням. Показано схему пристрою для вимірювання температур у напилюваних покриттях за методом штучної термопари. Наведена математична модель для розрахунку температур в покриттях, яка враховує основні параметри напилення покриття.**

Технологічні параметри процесів газотермічного напилення значною мірою визначають властивості і експлуатаційну поведінку покриття та виробів, на які вони нанесені. Найважливішими параметрами, які впливають на якість покриття, є продуктивність і теплова потужність джерела напилення, тиск транспортуючого газу, дистанція і швидкість переміщення напилюваної поверхні відносно джерела напилення. Відомо [1], що із збільшенням тиску газорозпилювача збільшуються швидкості польоту частинок матеріалу і їх кінетична енергія, внаслідок чого утворюється щільне покриття. Разом з цим із підвищенням продуктивності напилення збільшується теплова потужність металогазового потоку і зростає кількість тепла, яку одержує напилювана поверхня. Ці обставини спричиняють короблення напиленого шару та погіршення експлуатаційних характеристик виробу.

Існуючі [1, 2] теоретичні і експериментальні методи і моделі для визначення температур під час формування напилюваних покриттів дають можливість кількісно оцінити переважно інтегральне тепло, яке переносить металогазовий потік. Цього недостатньо при напиленні композиційних покриттів складних і відповідальних виробів

таких, як, наприклад, алмазні інструменти. Часто потрібно точно знати і контролювати температурну динаміку формування алмазоносного шару, що напилюється.

Нами розроблено метод оперативного вимірювання і контролю температури в напилюваному шарі покриття за допомогою штучної хромель-алюмелевої термопари, технічний пристрій якого показано на рис.1. З метою введення гарячого спаю термопари безпосередньо в шар покриття, що формується, на поверхні взірця або виробу 4 свердлять отвір 5 діаметром 1,5...2,0 мм. У цей отвір монтується фарфорова намистина 6 разом із спаєм 7 термопари. Дроти термопари виводять через отвір 10 на мідні кільця 11 струмознімача 12. Під час напилення покриття корпус виробу 4, струмознімач 12, захисний кожух 13 обертаються разом з валом 14 приводу. Коли спай 7 попадає в зону напилення теплового потоку 2, у замкненому колі термопари виникає мікроелектрострум, який реєструється гальванометром 15 осцилографа.



**Рис.1.** Схема пристрою для вимірювання температур у покритті, яке формується методом газотермічного напилення:

- 1 – джерело напилення; 2 – потік напилюваних частинок покриття; 3 – діафрагма; 4 – корпус, або виріб на поверхню якого напилюється покриття; 5 – отвір; 6 – фарфорова намистина; 7 – гарячий спай термопари; 8 – шари покриття, напиленого на спай термопари за декілька проходів; 9 – теплоізолюючий цемент; 10 – отвір для виводу дротів термопари; 11 – мідне контактне кільце; 12 – ізолятор; 13 – захисний кожух; 14 – вал приводу обертання корпусу; 15 – гальванометр осцилографа.

Форма температурних кривих (осцилограм) (рис.2) свідчить про те, що максимальна потужність теплового металогазового потоку спостерігається на перших проходах, коли спай термопари ще не захищений шаром покриття. Осцилограми температурних кривих мають чотири характерні ділянки (рис.2,а): I – температура перед входом у зону напилення; II – температурний підйом у зоні напилення; III – спад

температури після виходу спаю термопари із зони напilenня; IV – температура, при якій закінчилось формування покриття на даному проході.

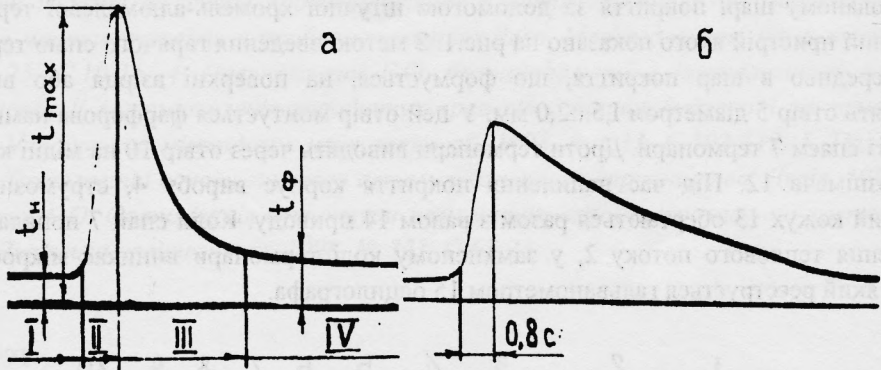


Рис.2. Форми осцилограм, зафіксованих при вимірюванні температур у напиленому покритті при різній кількості проходів (напилених шарів): а – на першому-третьому проходах; б – на п'ятому-шостому проходах.

Характерно, що час розігріву сформованого шару покриття у зоні напilenня після чергового проходу становить 0,5-1,5 с залежно від початкової товщини покриття, рис.2,б, а час температурного спаду, ділянка III, може становити десятки секунд. Метод і наведені осцилограми дають можливість вимірювати три величини: максимальну миттєву температуру –  $t_{\max}$ -ну температуру формування шару покриття на даному проході напilenня –  $t_{\phi}$ , усереднену температуру –  $t_n$  шару покриття перед входом у зону напilenня. Експериментальні вимірювання проводились при напилуванні шарів маловуглецевої сталі на сталіні роликів діаметром 70 мм з використанням електродугового методу напilenня і сталініх дровів діаметром від 1,0 до 2,5 мм. Режими напilenня становили: продуктивність  $q=1,0...2,2$  г/с; тиск повітря –  $p=0,3...0,5$  МПа; дистанція напilenня –  $L=150...250$  мм; швидкість переміщення напилуваної поверхні відносно джерела напilenня –  $V=0,02...0,06$  м/с. Залежно від величин варіювання наведеними режимами напilenня отримані такі результати:  $t_{\max} = 1700...700$  К;  $t_{\phi} = 700...400$  К;  $t_n = 400...350$  К.

Температури  $t_{\max}$ ,  $t_{\phi}$ ,  $t_n$  тісно пов'язані між собою і є функціями відгуку теплофізичної системи в якій формується покриття. Очевидно високим максимальним температурам  $t_{\max}$ , які характеризують теплову потужність процесу при визначених умовах напilenня, будуть відповідати і високі середні значення температур  $t_{\phi}$ ,  $t_n$ . До основних технологічних чинників системи, які з найбільшою імовірністю впливатимуть на значення температурних показників, належать такі: температура плавлення матеріалу, що напилується –  $T_{пл}$ , і усі елементи режиму напilenня – продуктивність –  $q$ , тиск розпилюючого газу –  $p$ , дистанція напilenня –  $L$  і швидкість переміщення напилуваної поверхні –  $V$ . Усі виділені змінні піддаються кількісному вимірюванню під час досліджень, зокрема і  $T_{пл}$ , якщо напilenня проводити різними матеріалами, є можливість відносно точного стабілізування цих змінних. Використовуючи методи математичної статистики оброблення експериментальних даних, нами отримана

формула для прогнозування і попередніх розрахунків максимальних миттєвих температур, які виникають у напилюваному шарі покриття безпосередньо в зоні напилення.

$$t_{\max} = \frac{1,43 \cdot 10^{-4} \cdot T_{\text{пл}}^2 \cdot q^{1,7} \cdot p^{0,2}}{L \cdot V^{1,4}}$$

Точність наведеної формули становить від 5 до 30% залежно від умов напилення. Ця формула використовувалась при розрахунках температур формування напилених алмазозносних шарів при виготовленні алмазних інструментів методами газотермічного напилення [3].

Розроблена методика вимірювання температур може бути використаною як в наукових дослідженнях, так і у відповідальних виробничих процесах, де треба точно знати температурну динаміку формування напилюваного матеріалу і контролювати температурні режими на всіх стадіях технологічного процесу.

1. Хасуй А. Техника напилення. М., 1975. 2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Под ред. Б.С.Митина. М., 1987. 3. Гриньов В.Ф. Основи технології виготовлення алмазних інструментів методами газотермічного напилення / Рецензенти проф. П.Р.Родін, НТУУ "КПІ", проф. О.Е.Шило. ІНМ, НАНУ, К., Деп. В ДНТБ України 1996, № 791 // РЖ ДНТБ Укр. 1997. № 1. С.210.

УДК 681.84.083

## ОСОБЛИВОСТІ ТОНКОГО ШЛІФУВАННЯ МАГНІТОМ'ЯКИХ МАТЕРІАЛІВ АЛМАЗНИМИ ТА ЕЛЬБОРОВИМИ КРУГАМИ

© Гавриш А.П.\*, Ібрагім Аль-Рефо, 1999

Національний технічний університет України ;

\*Київський політехнічний інститут, кафедра "Технологія машинобудування"

Наведені результати експериментального дослідження тонкого алмазного та ельборового шліфування магнітом'яких матеріалів. Показані переваги опрацювання ельборовими кругами. Описано методику вимірювання електромагнітних утрат. Розроблено практичні рекомендації для опрацювання магнітних головок.

При сучасній технології виготовлення виробів з магнітом'яких матеріалів все більше значення отримує якість поверхневого шару [3]. Для осердь магнітних головок широко використовуються магнітом'які сплави: пермалої й алфеноли. Тому вивчення закономірностей тонкого шліфування магнітом'яких сплавів є актуальним завданням. У даний час у промисловості для шліфування виробів із магнітом'яких сплавів (зокрема й