

УДК 621.762.2

Ю.Ф. Терновий, докт. техн. наук, проф., Н.В. Лічконенко

Запорізька державна інженерна академія, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ СФЕРИЧНИХ МІКРОГРАНУЛ
БЕЗ САТЕЛІТІВ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ
ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВИРОБІВ**

Y.F. Ternovyi, Dr., Prof., N.V. Lichkonenko

**THE STUDY OF PROCESSES DEVELOPMENT OF MICROGRANULE OF
SPHERICAL FORM WITHOUT PARTICLE-SATELLITES FOR SURFACE-
PLASTIC DEFORMATION OF CRITICAL WARE**

Різновиди процесів розпилення з використанням газового потоку (енергоносія) широко застосовують для багатотоннажного отримання металевих порошків. Технологія розпилення інертними газами дає можливість отримувати порошки високої чистоти, із заданим фракційним складом і необхідною формою, з порівняно низькими енерговитратами, високою продуктивністю і технологічністю процесу [1].

Особливий інтерес викликає можливість використання порошків у виробках відповідального призначення. Так, в авіаційній промисловості широко використовують зміцнення поверхнево-пластичною деформацією (ППД) широкої номенклатури деталей [2]. Ідеальні робочі тіла для ППД - сферичні мікрокульки від приладових підшипників кочення. Але технологія їх виробництва трудомістка і характеризується низьким коефіцієнтом використання металу (не більше 0,3). Дешевше і продуктивніше отримувати робочі тіла методом розпилення. Отримані порошки мають бути кулястої форми без сателітів з максимальною монодисперсністю. Для отримання порошкових часток без сателітів у світі, наприклад, використовують REP-процес (НВО «ВИЛС», Росія) або газову сепарацію по розмірах в процесі розпилення («ASL», Англія) [3].

В зв'язку з цим метою роботи було вивчення закономірностей процесів формоутворення часток порошку при розпиленні газом і розробка процесу отримання сферичних мікрогранул без сателітів.

З практики розпилення розплавів інертними газами відомо, що основним формотворчим чинником є взаємні зіткнення часток при польоті [1], а також зіткнення крапель з екраном або стінками розпилювальної камери. У загальному випадку форма одиничних крапель, що виходять в результаті розпаду мікроструменів розплаву, залежить від співвідношення наступних величин: часу охолодження $\tau_{\text{охол}}$; часу сфероїдизації або часу загасання коливань навколо рівноважної кулястої форми $\tau_{\text{зат}}$; періоду коливань монотонного або коливального руху поверхні краплі до сферичної форми $\tau_{\text{кол}}$; часу руху крапель до екрану $\tau_{\text{прол}}$; часу кристалізації, коли рідка фаза є присутньою в частці разом з твердою і удар об екран може змінити її форму $\tau_{\text{кр}}$; часу вільного пробігу між окремими взаємними зіткненнями крапель у польоті $\tau_{\text{вп}}$.

Експериментальні дані і проведені оціночні розрахунки постійних часу, за виключенням $\tau_{\text{вп}}$, виконані з урахуванням властивостей сплавів на основі нікелю, кобальту і заліза, розпиленних аргонном при перегріванні [4] показують, що управляти параметрами $\tau_{\text{зат}}$, $\tau_{\text{кол}}$ і $\tau_{\text{кр}}$ практично неможливо при фіксованих швидкостях газового потоку, фізичних властивостях газу і розплаву. Активний вплив на величину $\tau_{\text{охол}}$ також є проблематичним, оскільки крім швидкості газового потоку і температури металу факторів впливу більше немає. Величина $\tau_{\text{прол}}$ визначається конструктивно, і при отриманні гранул її обирають такою, щоб у польоті забезпечувалося повне твердіння крапель.

У зв'язку з цим необхідно відмітити, що в стандартних процесах газового розпилення єдина можливість управляти формою часток закладена в регулюванні $\tau_{\text{вп}}$ за допомогою величин E_{21} і β'_2 , що визначають міру присутності часток-сателітів на поверхні великої частки. В свою чергу, ці величини можуть бути знижені при створенні обертання газового потоку навколо осі розпилення в радіальному напрямі. Така схема в принципі може дозволити добитися значення $\beta'_2 \rightarrow 0$, а $\tau_{\text{вп}} \rightarrow \infty$. Оскільки тоді $\tau_{\text{вп}} > \tau_{\text{охол}}$, що є кінцевою величиною, то може бути отриманий порошок ідеальної сферичної форми без сателітів.

Викладені вище теоретичні закономірності стали передумовами для розробки методу газоструменевого розпилення металевого розплаву із застосуванням газового поступально-обертального потоку із сталі марки ШХ15 і інших матеріалів. Вказаний спосіб передбачає подачу струменя розплаву в зону розпилення, формування потоку газу-енергоносія і диспергування струменя газовим потоком, що обертається. При цьому на струмінь розплаву впливають двома закрученими в різні боки спіралеподібними газовими потоками, спрямованими зверху вниз, у вигляді конусів, що розширюються. Це призводить до розширення зони дроблення металу, зниження прямої дії газу на рідкі металеві частки і, тим самим, дозволяє розділити в просторі рух дрібних і великих крапель.

Для визначення ефективності застосування отриманих робочих тіл виконували випробування із використанням для порівняння чистового точіння і робочих тіл для ППД виробництва ПАТ «Тулачермет» - визначали шорсткість поверхні, остаточні напруження стискання в поверхневому шарі, довговічність роботи оброблюваних матеріалів. Результати випробувань показали, що поверхнево-пластична деформація з використанням мікрокульок, виготовлених за запропонованою технологією, дає вагомі технічні і економічні переваги: збільшено на 10...30 % межу витривалості оброблюваних матеріалів; збільшена в 2...6 разів довговічність деталей; підвищено в 3 рази ресурс роботи виробів.

Література

1. Ничипоренко, О.С. Распыленные металлические порошки [Текст] / О.С. Ничипоренко, Ю.И. Найда, А.Б. Медведовский. – К.: Наукова думка, 1980. – 240 с.
2. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием [Текст]: справочник / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Распыление водой высокого давления для производства порошков различных металлов и сплавов [Электронный ресурс] / Интернет-сайт компании НЕТРАММ – Режим доступа: http://www.netramm.com/news_pm_2 НЕТРАММ.pdf.
4. Терновой, Ю.Ф. Получение микрогранул сферической формы без сателлитов при диспергировании металлических расплавов инертным газом. Сообщение 1. Теоретические основы формообразования гранул в процессе газового распыления [Текст] / Ю.Ф.Терновой, С.А.Воденников, Н.В.Личконенко // Металургія: Збірник наукових праць: – Вип. 1 (39). – Запоріжжя: ЗДІА, 2018. - С. 48-52