

УДК 621.791

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЫПУЧИХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОРОШКОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВИБРОДОЗАТОРОВ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

И. В. ГРИНКЕВИЧ⁺, Г. В. ПЕТРИШИН, Е. Н. ДЕМИДЕНКО, С. В. РОГОВ

УО «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель, Беларусь.

Проведен анализ основных факторов, влияющих на подачу порошка: время работы устройства, гранулометрический состав порошка. Исследовано влияние формы частиц порошка на стабильность работы вибродозаторов при электромагнитной наплавке.

Введение

На долговечность машин оказывает значительное влияние состояние трибосопряжений, а в них – состояние рабочих поверхностей [1]. Одним из широко используемых способов создания рабочего поверхностного слоя с заданными свойствами является метод электромагнитной наплавки (ЭМН). Нанесение износо-, коррозионно-стойких, теплоизоляционных и других порошковых покрытий позволяет резко сократить расход дорогостоящих легированных материалов и дает возможность существенно повысить надежность деталей машин и оборудования [2–5].

Технологические параметры процесса ЭМН оказывают различное влияние на формирование наплавляемого слоя. Наибольшее влияние на процесс ЭМН и характеристики наплавляемого слоя оказывает равномерность подачи ферромагнитного порошка. Под подачей понимается количество порошка в единицу времени, вводимого в зону наплавки. Возможность регулирования подачей, т. е. управление и прогнозирование этим технологическим параметром зависит от работы конкретного бункерного дозирующего устройства, что подтверждается исследованиями проведенными в работе [6].

Цель данного исследования – изучить влияние формы частиц порошка на стабильность работы вибродозаторов при электромагнитной наплавке износостойких покрытий.

Методика эксперимента

В работе была использована схема электромагнитного бункерного устройства, описанная в работе [6].

Исследования проводились на порошке ферробор ФБ-3 ГОСТ 14848–69 (размер частиц 315...400 мкм) и порошках бористого чугуна БЧ-1, БЧ-2 (размер частиц 315...400 мкм). Порошки БЧ-1, БЧ-2 разработаны кафедрой «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого. Химический состав порошков приведен в табл. 1.

Масса (величина подачи) подаваемого порошка определялась взвешиванием на аналитических весах ВЛК-500. Время подачи определялось секундомером. Величину подачи порошка определяли усреднением результатов пяти опытов.

Результаты исследования и их обсуждение

При воздействии вибрации в сыпучих телах происходят изменения, особенности которых обу-

Таблица 1. Химический состав исследуемых ферромагнитных порошков

Порошок	Содержание элементов, мас. %									
	В не менее	Al	Si	Cr	Mn	Ni	C	S	P	Cu
Ферробор ФБ-3	9,0	8,2	8,22	–	–	–	–	0,01	0,02	0,04
Бористый чугун БЧ-2	6–8	2–4	0,8–1,2	8–10	1–3	4–6	2,6–2,8	0,05	0,05	0,04
Бористый чугун БЧ-1	10–12	2–4	0,8–1,0	12–15	2–4	2–4	3,2–3,4	0,02	0,02	0,04

⁺ Автор, с которым следует вести переписку.

словливаются интенсивностью вибрации. По мере увеличения интенсивности вибрации, в пределах амплитудных ускорений, не превышающих ускорения свободного падения, сыпучее тело приобретает подвижность, псевдотекучесть. Такое состояние сыпучего тела принято называть состоянием псевдооживления. В этом состоянии сцепление между частицами ослабевает, достигается более плотная укладка частиц, сыпучее тело уплотняется, уменьшается число пор. Наибольшее уплотнение достигается при амплитудных ускорениях колебаний, близких к ускорениям свободного падения [4, 5].

При дальнейшем увеличении интенсивности колебаний частицы сыпучего тела начинают терять контакт с вибрирующим рабочим органом, уменьшаются и периодически нарушаются связи между частицами; сыпучее тело переходит как бы в состояние кипения. Это состояние, называемое виброкипением, характеризуется разрыхлением сыпучего тела и усиленной циркуляцией составляющих его частиц. В стадии виброкипения можно выделить два характерных состояния - сегрегации частиц и интенсивного перемешивания. Второй режим виброкипения реализуется при более интенсивных режимах вибрации.

Переход от виброоживления к виброкипению происходит либо при сообщении сыпучему телу ускорений колебаний определенного уровня, либо при достижении определенного энергетического уровня. Первый критерий более применим к грубодисперсным системам, второй - к микрогетерогенным. Переход от виброоживления к виброкипению осуществляется, как правило, при ускорениях, превышающих ускорение свободного падения. Критические ускорения и энергозатраты зависят от свойств сыпучего тела, толщины слоя, сил сцепления между частицами и других факторов.

пленения между частицами и других факторов.

На процесс виброобработки мелкодисперсных сыпучих тел в значительной степени влияет газовая и жидкая фазы. Из-за плохой воздухопроницаемости сыпучее тело подвергается большим аэродинамическим нагрузкам. В пространстве между поверхностью рабочего органа и нижним монослоем сыпучего тела при подбрасывании возникает разрежение, а при падении - повышение давления. Уравновешивание колебаний давления происходит через поры, в слое сыпучего тела. Поэтому на частицы мелкодисперсного тела действует пульсирующий аэродинамический напор, противоположный их перемещению [7].

В результате наличия взаимной подвижности частиц достигается более плотная упаковка мелких частиц в пространстве между крупными, а также наблюдается «более экономное» взаимное расположение крупных частиц - уменьшается число пор, т. е. сыпучее тело уплотняется [8].

При воздействии вибрации на мелкодисперсные сыпучие тела вследствие наличия значительных сил сцепления между частицами приходится применять значительно более интенсивные режимы колебаний, чем при обработке грубодисперсных сред.

Закономерности уплотнения порошков при воздействии вибрации рассмотренные в работах [7-9], позволяют сделать вывод о том, что расчеты, проведенные с использованием различных моделей сыпучей среды, учитывают только часть явлений, и достичь полного совпадения, как правило, не удается.

Поэтому рассмотрим результаты натурных испытаний. На рис. 1 и 2 приведены результаты исследования процесса вибротранспортирования порошков различного гранулометрического состава.

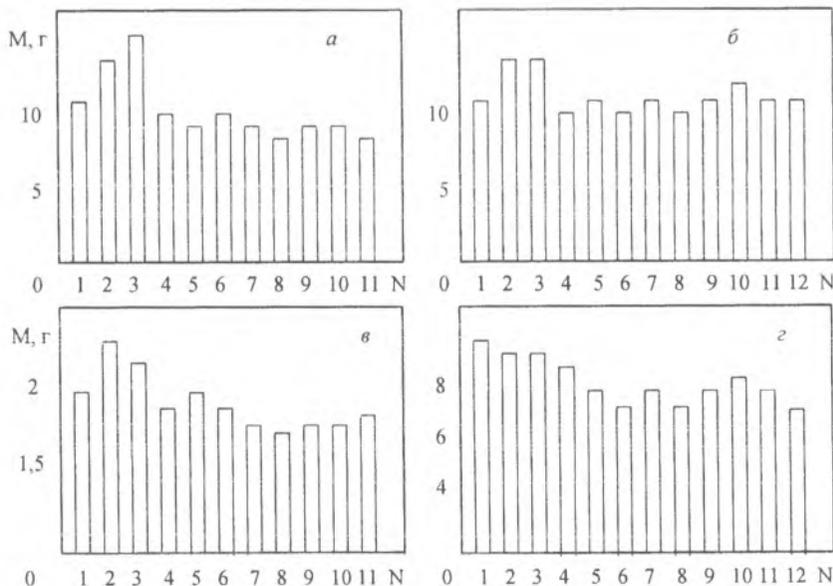


Рис. 1. Диаграмма стабильности величины подачи порошка M от количества циклов N работы дозатора: а - ФБ-3 (400); б - ФБ-3 (315); в - БЧ-1 (400); г - БЧ-2 (315). Интервал одного цикла 20 с. Цифра в скобках указывает на номинальный размер частиц порошка в мкм, т. е. на размер отверстий сита, через которое просеивается 95% порошка [7].

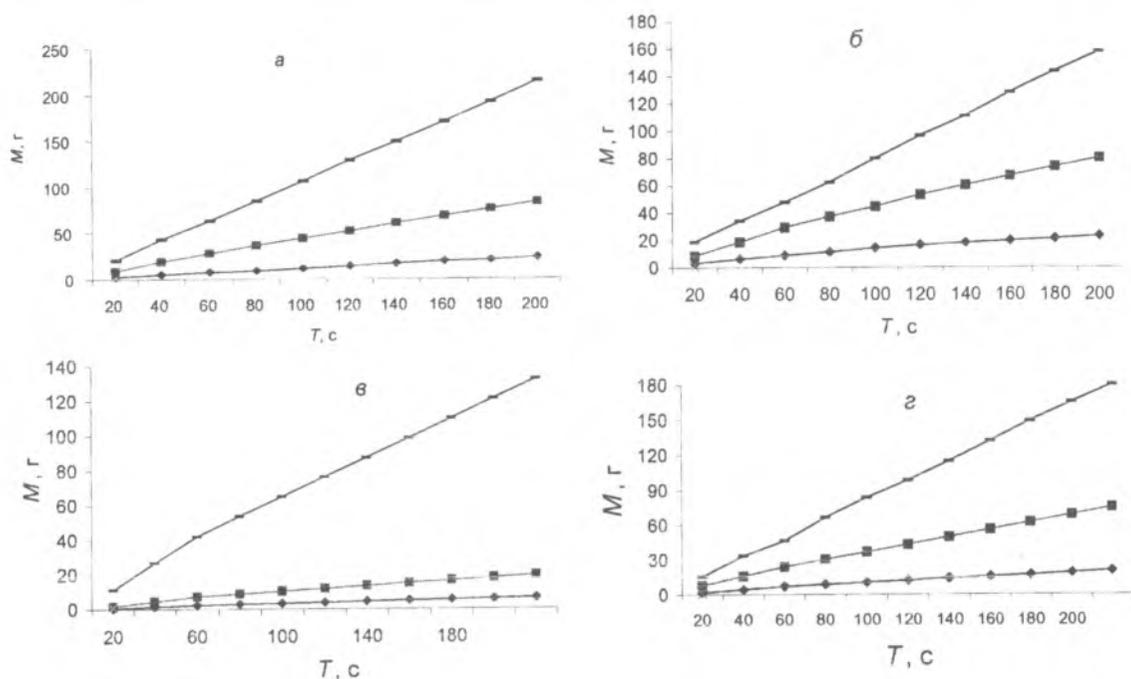


Рис. 2. Зависимость величины подачи (M) от времени (T) работы устройства и угла наклона лотка устройства α : а – ФБ-3 (315 мкм); б – ФБ-3 (400 мкм); в – БЧ-1 (400 мкм); г – БЧ-2 (315 мкм); 1. $\alpha = 10^\circ$; 2. $\alpha = 30^\circ$; 3. $\alpha = 50^\circ$; ромбический маркер – 1; прямоугольный маркер – 2; линейный маркер – 3

Видно, что с увеличением размера частиц увеличение подачи порошка у грубодисперсных фракций не подчиняется линейному закону: на рис. 1 можно видеть, что при увеличении размера частиц до 400 мкм наблюдается уменьшение подачи порошка, а не прогнозируемое увеличение, что характерно как для ФБ, так и для БЧ. Хотя по результатам исследований, проведенных в работе [10] четко видна зависимость массы подаваемого порошка от размера частиц в интервале 160–315 мкм.

Также четко прослеживается влияние формы частиц на процесс вибротранспортирования: у порошков со сферической формой частиц (БЧ) вследствие наличия значительных сил сцепления между частицами приходится применять значительно более интенсивно режимы вибрации, в отличие от порошков, полученных механическим измельчением, в результате имеющих форму частиц менее правильной формы (ФБ) (рис. 1).

Существует временной интервал, необходимый системе сыпучего тела на переход от состояния неустойчивой случайной структуры укладки, полученной в результате свободной засыпки, к состоянию «псевдооживления». Этот интервал составляет 60 с, что подтверждается аналогичными исследованиями других авторов [7–9] (рис. 2).

На рис. 2 также четко прослеживается у порошков различного гранулометрического состава зависимость подачи от угла наклона дозатора. При прочих равных условиях можно дополнительно к регулированию амплитудой вибрации дозатора применять регулирование углом наклона лотка дозатора, и, следовательно, более плавно

изменять величину подачи порошка: с увеличением угла наклона лотка увеличивается подача.

Заключение

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать некоторые выводы: порошки со сферической формой частиц (БЧ) требуют более интенсивных режимов вибрации при вибротранспортировании, в отличие от порошков, имеющих форму частиц менее правильной формы (ФБ). Таким образом, управлять величиной подачи легче у порошков с частицами менее правильной формы.

Обозначения

M – масса подаваемого порошка; T – время работы дозатора; α – угол наклона лотка бункерного дозирующего устройства.

Литература

1. Мышкин, Н. К. Трибология. Принципы и приложения / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – Гомель. ИММС НАН Беларуси, 2002. – 310 с.
2. Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригака: Пер. с яп. В.Н. Попова – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
3. Пантелеенко, Ф. И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них / Ф. И. Пантелеенко. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 300 с.
4. Кожуро, Л. М. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей машин ЭМН / Л. М. Кожуро. Дис. д-ра техн. н. – Мн.: Бел. аграр. техн. ун-т, 1985.
5. Ящеричин, П. И. Алмазно-абразивная обработка и уп-

- рочение изделий в магнитном поле / П. И. Ящерицын [и др.]. – Мн: Навука і тэхніка, 1998.
6. Гринкевич, И. В. Устройство для электромагнитной наплавки наружных цилиндрических поверхностей / И. В. Гринкевич, М. П. Кульгейко, С. В. Рогов // *Материалы, технологии, инструменты*, 2000. – № 2, С. 100–102.
 7. Блехман, Н. И. Что может вибрация?: О «вибрационной механике» и вибрационной технике / Н. И. Блехман. – М.: Наука, 1988.
 8. Лихтман, В. И. О вибрационном уплотнении в порошковой металлургии / В. И. Лихтман [и др.] // *Докл. АН СССР*. – 1960. – Т. 134. – № 5. – С. 1150–1152.
 9. Алабужев, П. М. Выбор оптимальных вибровоздействий при уплотнении сыпучих материалов в замкнутом сосуде / П. М. Алабужев [и др.] // *Вопросы динамики и прочности*. – 1989. – Вып. 51. – С. 93–100.
 10. Гринкевич И. В. Вибротранспортирование ферромагнитных порошков при электромагнитной наплавке / И. В. Гринкевич // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2001. – № 4, С. 71–74.

Grinkevich I. V., Petrishin G. V., Demidenko E. N., and Rogov S. V.

Effect of content of friable ferromagnetic powders on stability of operation of vibrational batchers at electromagnetic facing of wear-resistant coatings.

The paper analyzes the main factors affecting the powder feed, i.e. the device operation duration and the powder granularity. The effect of the shape of powder particles on the stability of the operation of vibrational batchers at electromagnetic facing is studied.

Поступила в редакцию 20.06.2005.

© И. В. Гринкевич, Г. В. Петришин, Е. Н. Демиденко, С. В. Рогов, 2007.