

УДК 621.791

ВИБРОТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКЕ

И. В. ГРИНКЕВИЧ

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

Описана схема электромагнитного вибрационного бункерного дозирующего устройства. Проведен анализ основных факторов, влияющих на подачу порошка: время работы устройства, гранулометрический состав порошка. Исследовано влияние превращений, происходящих в сыпучих телах под действием вибрации, на стабильность работы дозирующего устройства.

Введение

В условиях ограниченности сырьевой базы Республики Беларусь все большую актуальность приобретают ресурсосберегающие, восстанавливающие и ремонтные технологии. Нанесение износ-, коррозионно-стойких, теплоизоляционных и других порошковых покрытий позволяет резко сократить расход дорогостоящих легированных материалов и дает возможность существенно повысить надежность деталей машин и оборудования. Одним из наиболее перспективных методов нанесения порошковых покрытий является электромагнитная наплавка (ЭМН) [1–3].

Постановка задачи

Для правильного выбора технологических параметров процесса ЭМН необходимо знать характер их влияния на формирование наплавляемого слоя. Основные технологические параметры, оказывающие влияние на показатели формирования наплавляемого слоя приведены в табл. 1.

Одним из наиболее важных параметров про-

цесса ЭМН является подача наплавляемого ферромагнитного порошка [1].

Ранее проведенные исследования показали, что масса покрытия пропорциональна изменению подачи порошка [2]. Возможность регулирования подачи, т. е. управление этим технологическим параметром и его прогнозирование зависят от работы конкретного бункерного дозирующего устройства.

Цель данного исследования – изучить зависимость величины подачи ферромагнитного порошка (для данного типа дозаторов) от гранулометрического состава порошков и угла наклона лотка бункерного дозирующего устройства.

Методика эксперимента

В данной работе нами была использована схема электромагнитного бункерного устройства, описанная в работе [1]. Основными достоинствами электромагнитных возбудителей являются:

- простота регулирования амплитуды вибрации и возможность ее регулирования при работе устройства;
- надежность и долговечность, связанные с

Таблица 1. Технологические параметры ЭМН и средства их измерения

Технологические параметры	Метод регулирования	Прибор	Точность фиксирования
Величина магнитной индукции в рабочем зазоре B , Тл	Изменением величины силы тока в катушках электромагнитов	Теслоамперметр Ф4354/1	$\pm 2,5\%$
Среднее значение напряжения трансформатора U , В	Изменением напряжения в обмотке возбуждения	Вольтметр В 3-13	$\pm 2\%$
Удельная длительность наплавки τ , с/см ²	Продольной подачей полного наконечника относительно детали	Секундомер	$\pm 0,05$
Расход ферромагнитного порошка g , г/с	Углом наклона лотка вибратора	Весы аналитические ВЛК-500	0,004
Рабочий зазор δ , мм	Передвижением сердечников электромагнитов	Шуп №2 (ГОСТ 882-75)	$\pm 0,05$
Размер зерен порошка Δ , мм	Просеиванием через сито с заданным размером ячейки	Набор сит	–
Скорость вращения детали v , м/с	Настройкой станка	Тахометр	0,001

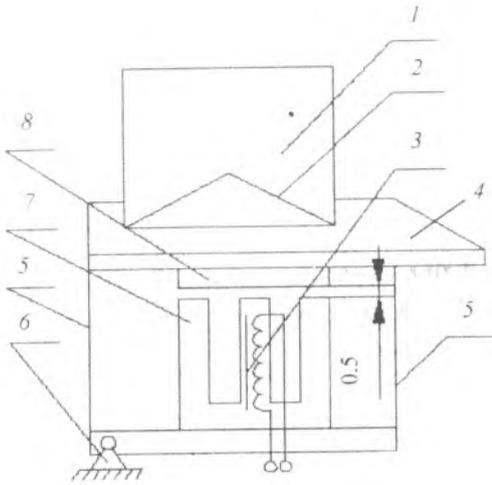


Рис. 1. Схема электромагнитного вибрационного бункерного устройства: 1 – накопитель; 2 – днище накопителя; 3 – катушка электромагнита; 4 – лоток; 5 – пластинчатые пружины; 6 – регулятор угла наклона лотка; 7 – статор; 8 – якорь электромагнита

Таблица 2. Химический состав ферромагнитных порошков

Порошок	Содержание элементов, мас.%						
	C	Si	B	Mn	Al	S	P
ПЖРВ2	0,03	0,08	–	0,15	–	0,02	0,02
ФБ-3	–	8,22	9,0	–	8,2	–	–

отсутствием в вибровозбудителе пар трения;

– возможность применения в одной вибромашине нескольких одновременно действующих вибровозбудителей без специальных мер по обеспечению синхронизации, это обусловлено синхронностью работы вибровозбудителей при питании от общей сети и позволяет рассредоточить силы, возбуждающие колебания, по протяженному в одном или двух направлениях упругому рабочему органу [4].

В данную схему было внесено конструктивное изменение, позволяющее варьировать угол наклона лотка дозатора, что дает возможность регулирования подачи порошка в более широких пределах (рис. 1).

Исследования проводились на порошках: ПЖРВ2 (ТУ 14-1-3882-85), полученный методом распыления расплава металла водой высокого давления (размер частиц 200 мкм) и ферробор ФБ-3 (ГОСТ 14848-69), полученный механическим измельчением в лабораторных условиях (размер частиц 160–400 мкм). Химический состав порошков приведен в табл. 2, изображение частиц порошков на рис. 2 [5].

Масса подаваемого порошка (величина подачи) определялась взвешиванием на аналитических весах ВЛК-500 с точностью до 0,001 г. Величину подачи порошка определяли усреднением результатов пяти опытов. Время подачи определялось секундомером с точностью 0,05.

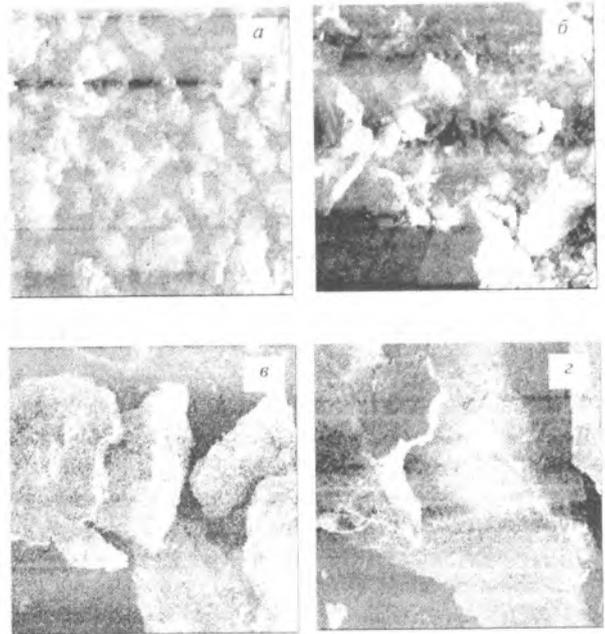


Рис. 2. РЭМ-микрофотографии частиц порошков ПЖРВ2 (а) и ФБ-3 (б – размер частиц 160; в – 315; г – 400 мкм)

Результаты исследования и их обсуждение

Под воздействием вибрации в сыпучих телах происходят превращения, особенности которых обуславливаются интенсивностью вибрации. При достижении значений амплитуды ускорений, близких к ускорению свободного падения, сыпучая среда приобретает подвижность, псевдотекучесть: сцепление между частицами ослабевает, происходит разрушение и перестройка неустойчивой случайной структуры укладки. Такое состояние сыпучей среды называют состоянием «псевдооживления» [4, 6].

В результате 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 [6].

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 [4].

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.

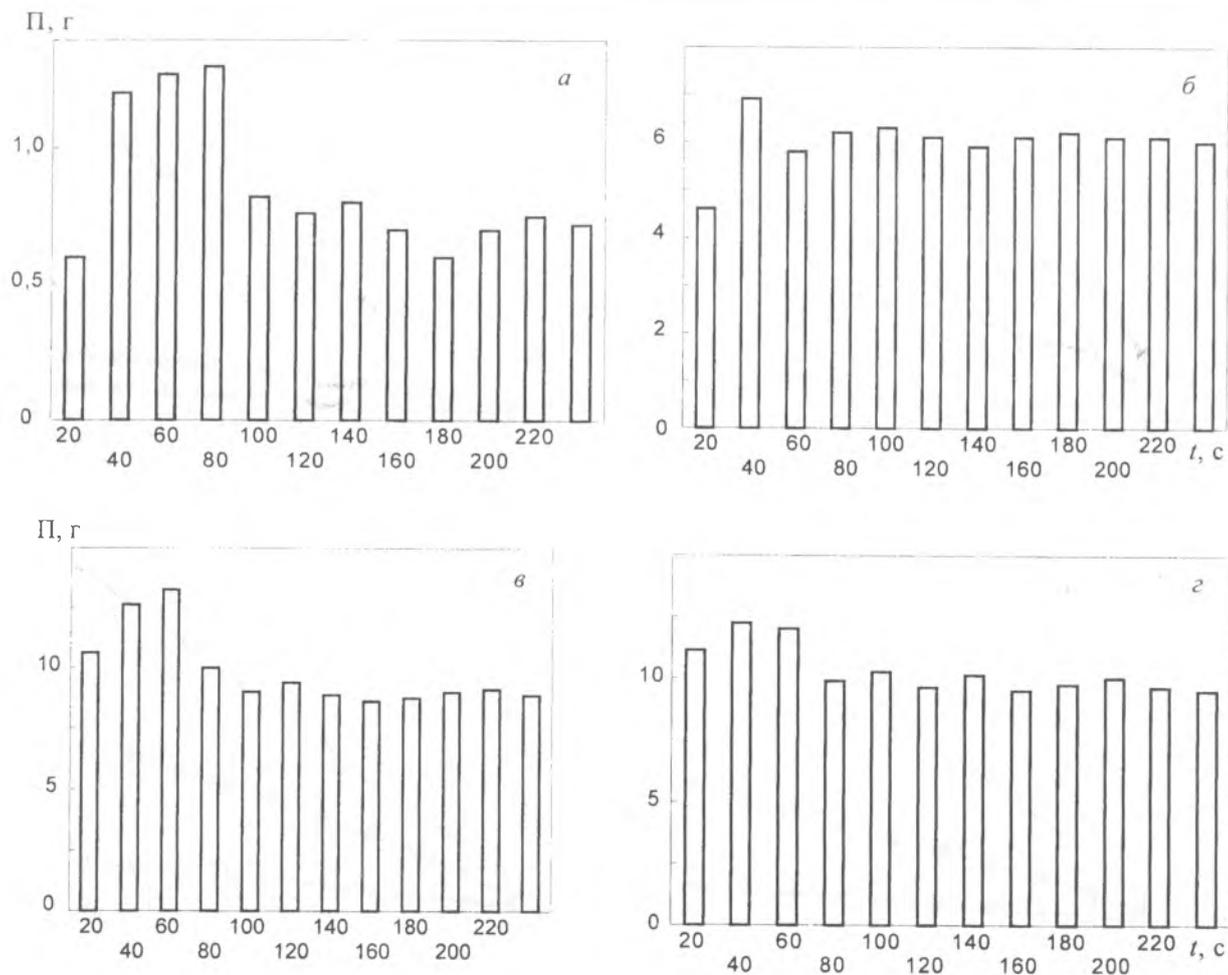


Рис. 3. Диаграмма стабильности величины подачи P для различных порошков от времени работы дозатора t : а – ФБ-3 (160)¹; б – ПЖРВ2 (200); в – ФБ-3 (315); г – ФБ-3 (400). ¹Цифра в скобках указывает на номинальный размер частиц порошка в мкм, т. е. на размер отверстий сита, через которое просеивается 95% порошка [10].

Закономерности уплотнения порошков при воздействии вибрации, рассмотренные в работах [4, 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.

Рассмотрим результаты исследования процесса вибротранспортирования порошков различного гранулометрического состава (рис. 3, 4)

Видно, что имеет место зависимость массы подаваемого порошка от размера частиц: при одинаковом подводе энергии вибротранспортирование лучше у грубодисперсных фракций.

Существует временной интервал, необходимый системе сыпучего тела, на переход от состояния неустойчивой случайной структуры укладки, полученной в результате свободной засыпки, к состоянию «псевдооживления». Наши исследования показали, что он составляет ≈ 60 с, что подтверждается аналогичными исследованиями других авторов [4] (рис. 3).

Было установлено, что для порошков различного гранулометрического состава имеет место зависимость величины подачи от угла наклона дозатора (рис. 4). Так, при прочих равных условиях ве-

личину подачи можно изменять не только регулируя амплитуду вибрации дозатора, но и угол наклона лотка дозатора. Тем самым достигается более плавное изменение величины подачи порошка.

Заключение

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать некоторые выводы.

Чтобы обеспечить стабильность процесса ЭМН, порошок в бункерном дозирующем устройстве должен прийти в «равновесное состояние», и лишь затем подаваться в рабочую зону, т. е. бункерное дозирующее устройство должно проработать на холостом ходу определенный промежуток времени.

Величина подачи зависит от гранулометрического состава порошка: чем мельче частицы порошка, тем больше необходимо энергии для их вибротранспортирования.

Величина подачи порошка находится в линейной зависимости от угла наклона лотка бункерного устройства, т. е. с увеличением угла наклона лотка увеличивается подача порошка.

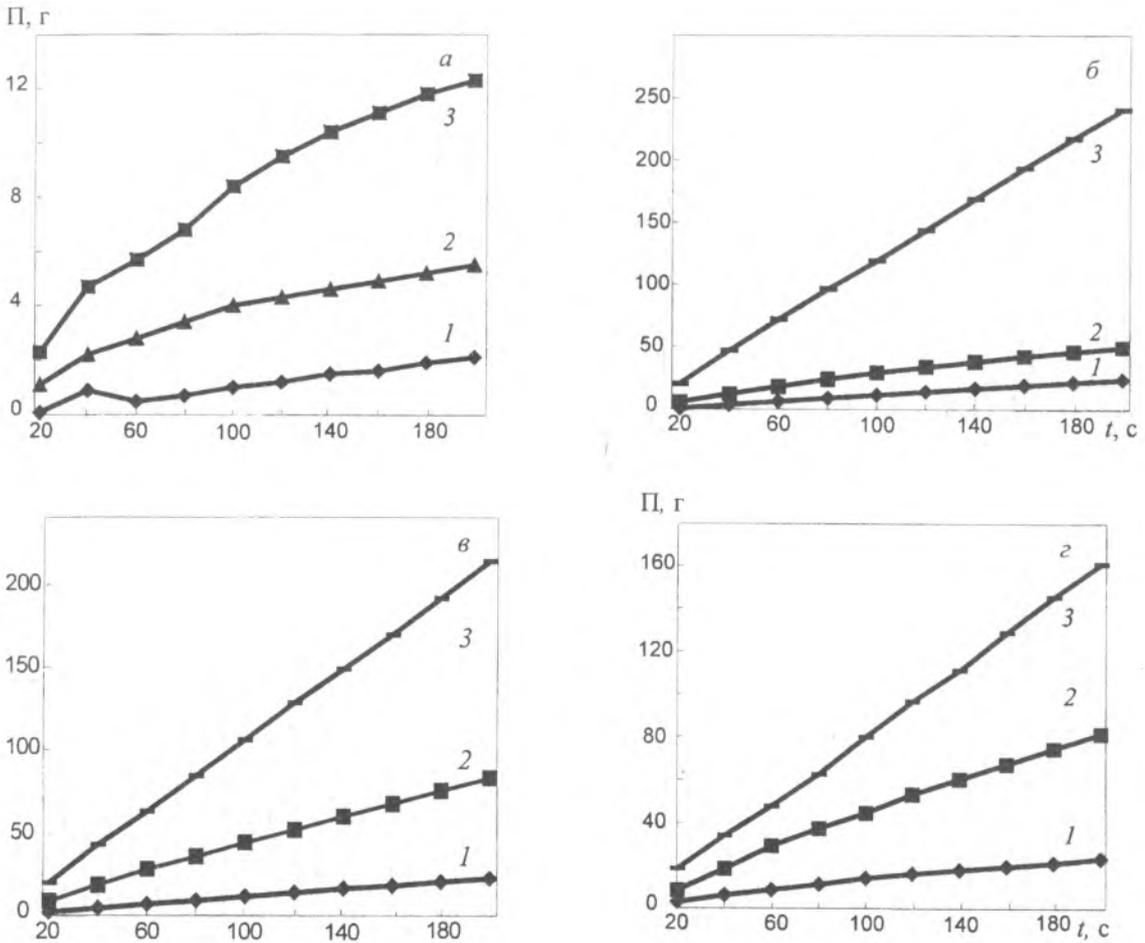


Рис. 4. Зависимость величины подачи П для различных порошков от времени работы t и угла наклона лотка устройства α : а – ФБ-3 (160); б – ПЖРВ2 (200); в – ФБ-3 (315); г – ФБ-3 (400); 1 – $\alpha=10^\circ$; 2 – 30° ; 3 – 50°

Обозначения

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

Литература

1. Ящерицын П. И., Забавский М. Т., Кожуро Л. М., Акулович Л. М. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле. Мн.: Наука і тэхніка (1998)
2. Гринкевич И. В., Кульгейко М. П., Рогов С. В. Устройство для электромагнитной наплавки наружных цилиндрических поверхностей // Материалы, технологии, инструменты (2000), № 2, 100–102
3. Абрамов В. И. Исследование технологического процесса упрочнения деталей ферропорошками в пульсирующем магнитном поле: автореф. дис... канд. техн. наук. Мн. (1982)
4. Вибрации в технике: Справочник: В 6 т. М.: Машиностроение. Вибрационные процессы и машины, 4 (1981).
5. Кожуро Л. М. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей машин ЭМН, дис... докт. техн. наук. Мн.: Бел. аграр. техн. университет (1985)
6. Блехман Н. И. Что может вибрация? О «вибрационной механике» и вибрационной технике. М.: Наука (1988)
7. Иващенко В. В., Кривов Г. А. Исследование параметров вибрационного уплотнения порошков карбида кремния на механическом импульсном вибраторе // Развитие методов формирования изделий из порошков. Киев (1976)
8. Лихтман В. И., Горбунов Н. С., Шаталова И. Г. и др. О вибрационном уплотнении в порошковой металлургии // Докл. АН СССР, 134 (1960), № 5, 1150–1152
9. Алабушев П. М., Яцун С. Ф., Готонюв Ю. А., Мищенко В. Я. Выбор оптимальных вибровоздействий при уплотнении сыпучих материалов в замкнутом сосуде // Вопросы динамики и прочности (1989), вып. 51, 93–100
10. Роман О. В., Габриелов И. П. Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы. Мн.: Беларусь (1988)

Grinevich I. V.

Vibration transportation of ferromagnetic powders at electromagnetic hard-facing

A scheme of electromagnetic vibratory hopper metering device is described. The main factors influencing powder feeding, namely time of operation of the device and composition of the powder by grain size have been analyzed. The effect of transformations taking place in loose bodies under vibration on operation stability of the metering device have been investigated.

Поступила в редакцию 31.05.2001.