

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-4-25-29

УДК 621.91.01

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОШКОВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

EXPRESS METHOD FOR ESTIMATING THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF POWDERS OF FERROMAGNETIC MATERIALS

Вернигоров Юрий Михайлович,
доктор техн. наук, профессор, e-mail: jvernigorov@donstu.ru
Yuri M. Vernigorov, Dr. Sc. in Engineering, Prof.,
Лебедев Валерий Александрович,
канд.техн. наук, профессор, e-mail: va.lebidev@yandex.ru
Valery A. Lebedev, C. Sc. in Engineering, Prof.,
Ширин Андрей Александрович,
аспирант, e-mail: ANDREY.SHIRIN.94@yandex.ru
Andrey A. Shirin, Postgraduate

Донской государственный технический университет, 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл.
Гагарина, 1
Don State Technical University, 1 Gagarin square, Rostov-on-don, 344002, Russia Federation

Аннотация:

Технологиям порошковой металлургии принадлежит особая роль в развитии технологий космической, радиотехники, автомобилестроения и других отраслей техники, обеспечивающих экономию энергии и материалов. Дисперсный состав шихты оказывает существенное влияние на формирование микроструктуры порошковых изделий. Высокая активность при взаимодействии частиц ферромагнитных материалов приводит к образованию кластеров с кристаллографической ориентацией частиц, которая способствует аномальному росту зерна при спекании. Размеры кластеров меняются при помещении порошка в силовое поле: электростатическое, вибрационное, акустическое, электромагнитное и т.д. В отличие от других силовых полей в электромагнитном поле возможно взвешивание частиц, размер которых составляет десятые доли микрона и выше.

Для оценки абсолютных размеров частиц и кластеров порошка проводили ситовое разделение в магнитовибрирующем слое при тех же параметрах электромагнитного поля, что и при измерении оптической плотности магнитовибрирующего слоя.

Ключевые слова: магнитоволновая технология, ферромагнитный материал, спектрофотометр, поглощение света.

Abstract:

Powder metallurgy technologies play a special role in the development of technologies for space, radio engineering, automotive and other industries that save energy and materials. The dispersed composition of the charge has a significant impact on the formation of the microstructure of powder products. High activity in the interaction of particles of ferromagnetic materials leads to the formation of clusters with a crystallographic orientation of the particles, which contributes to abnormal grain growth during sintering. The size of the clusters changes when the powder is placed in a force field: electrostatic, vibrational, acoustic, electromagnetic, etc. In contrast to other force fields, the electromagnetic field can weigh particles whose size is tenths of a micron or higher.

To estimate the absolute size of particles and clusters of powder, a sieve separation was performed in the magnetovibrating layer at the same parameters of the electromagnetic field as when measuring the optical density of the magnetovibrating layer.

Key words: *magnitofonov technology, a ferromagnetic material, the spectrophotometer, the absorption of light.*

Получение при размоле порошков фракций заданного гранулометрического состава является наиболее важной технологической операцией порошковой металлургии, что особенно важно при работе с порошками ферромагнитных материалов. В гетерогенных системах ферромагнитных частиц в электромагнитном поле обеспечивается взвешивание частиц в жидкостях и в газе и приведение их в состояние интенсивного движения. Последнее возможно в переменных однородных и неоднородных, а также вращающихся магнитных полях. Магнитовибрирующий слой, образованный в электромагнитном поле, может быть реализован в устройствах порошковой металлургии различного назначения: изготовление порошковых магнитов, восстановление и окисление диспергированной твердой фазы, нанесение легирующих примесей на частицы и т.д. Магнитовибрирующий слой можно рассматривать как самостоятельный объект феррогидродинамики. Измерение распределения по размерам кластеров и частиц порошкового материала в магнитовибрирующем слое дает возможность подбирать оптимальные параметры электромагнитного поля при прессовании анизотропных порошковых изделий. Фотометрическая диагностика используется для исследования как непосредственно магнитовибрирующих слоев тонкодисперсных порошков, так и оптически прозрачных реплик с осажденными частицами из различных областей магнитовибрирующего слоя. Такой подход

обладает достоинствами относительно простого эксперимента и в то же время позволяет прогнозировать свойства порошковых изделий, определяемых размерами и однородностью размеров зерна.

Целью работы является проведение анализа распределения частиц ферромагнитного порошка по размерам в магнитовибрирующем слое по интенсивности поглощения света,

Однородность гранулометрического состава является важной характеристикой продукта измельчения. Удержание материала в зоне измельчения и интенсивное перемешивание позволяет достигать высокой однородности гранулометрического состава. Для тонкодисперсных порошков высококоэрцитивных сплавов большая сила межчастичного взаимодействия не позволяет получить эффективного ожигения в электростатическом, вибрационном, акустическом полях.

Высокоэффективным способом перемешивания дисперсного материала при помоле в мельнице ударного типа является помещение его в переменное магнитное поле [1,6,9]. Для исследований использовался сплав Nd-Fe-B следующего состава: Nd – 12,3 % ат.; Fe – 77,4 % ат.; В – 6,2 % ат.; Со – 5,1 % ат.. Гистограмма сплава со средним размером частиц 71,5 мкм, дисперсией 71,5 мкм и медианой 44 мкм приведена на рис.1. Сплав измельчали в течение 20 мин в мельнице ударного типа в атмосфере аргона под давлением 0,15 МПа в переменном магнитном

поле с градиентом индукции 90,1 мТ/м, при этом через определенные интервалы времени отбирали пробы для исследования гранулометрического состава. В зоне вращающихся с частотой 15000 об/мин бил сплав перемешивался в электромагнитном поле, при этом обеспечивалась динамическая устойчивость магнитовибрирующего слоя [2,7,11]. Оценку влияния электромагнитного поля на степень однородности гранулометрического состава порошков магнитожестких материалов проводили на установке, собранной на базе спектрофотометра СФ-26-01. В спектрофотометре размещали два электромагнита, создающих постоянное и переменное магнитные поля, в общем межполюсное пространство

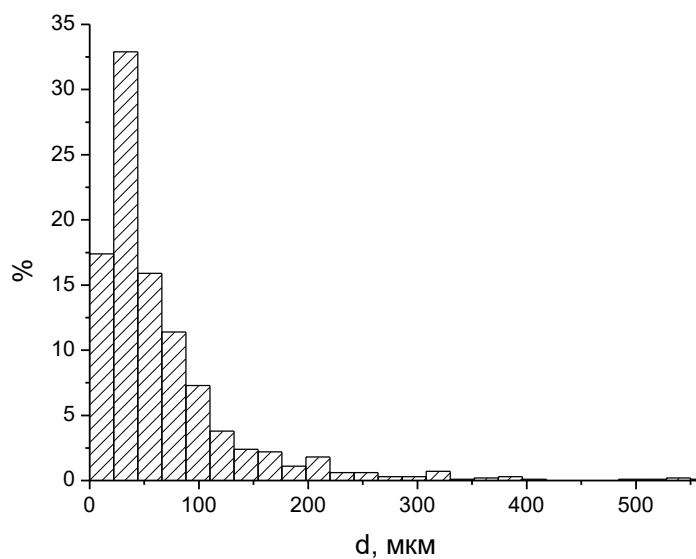


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц сплава Nd-Fe-B по размерам

Fig. 1. Histogram of the size distribution of Nd-Fe-B alloy particles

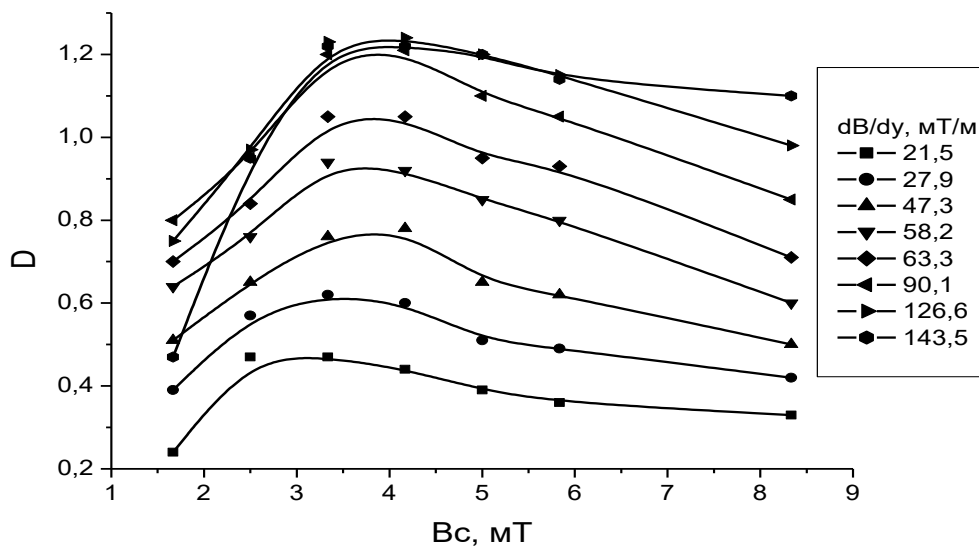


Рис. 2. Зависимость оптической плотности D магнитовибрирующего слоя от параметров электромагнитного поля

Fig. 2. Dependence of the optical density D of the magnetovibrating layer on the parameters of the electromagnetic field

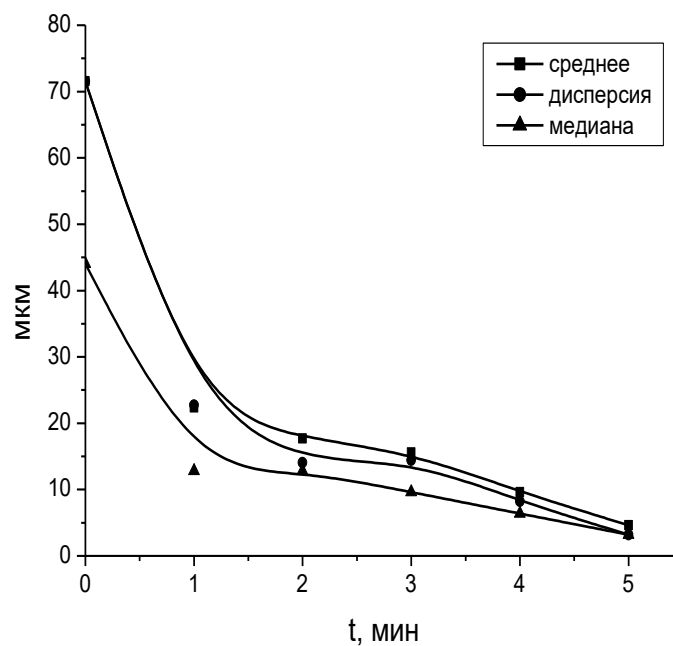


Рис. 3. Зависимости среднего размера частиц продуктов измельчения, дисперсии и медианы от времени помола

Fig. 3. Dependence of the average particle size of grinding products, dispersion and median on the grinding time

которых помещалась кювета с порошком. [3,8,10]. Световой луч проходил через отверстие в полюсных наконечниках электромагнита, кювету и попадал на фотоэлемент спектрофотометра.

Меняя режим электромагнитного поля,

измеряли оптическую плотность D магнитовибрирующего слоя (рис.2). Большое значение оптической плотности соответствует увеличению числа частиц в единице объема магнитовибрирующего слоя, которое происходит

в результате разрушения крупных частиц на более мелкие. Из рис.2 видно, что с ростом градиента индукции переменного магнитного поля до 90,1 мТ/м степень разрушения частиц сплава Nd-Fe-B возрастает, а при дальнейшем увеличении стабилизируется и даже уменьшается на участке, соответствующем индукции постоянного магнитного поля 1,5-3,5 мТ, что объясняется преимуществом процесса образования вторичных кластеров [4,12,15].

Проведенный эксперимент позволяет определить параметры электромагнитного поля, обеспечивающие максимальное разрушение кластеров и частиц порошка, при этом возрастает роль самоизмельчения порошка за счет столкновений частиц друг с другом.

Оценку отклонения размеров частиц от средней величины в зависимости от времени измельчения проводили, определяя медиану и выборочную дисперсию (рис.3). При измельчении в течение 5 минут значение медианы уменьшилось с 44 мкм до 3,2 мкм, а дисперсии с 71,5 мкм до 3,2 мкм. Статистические параметры гранулометрического состава продукта измельчения свидетельствуют о малом разбросе значений размеров частиц. Средний размер частиц

за 5 минут измельчения в магнитовибрирующем слое уменьшается с 71,5 мкм до 4,6 мкм, т.е. степень измельчения составляет 15,5 [5,13,14].

Выводы:

- Электромагнитное поле обеспечивает взвешенное состояние частиц твердой фазы, размер которых составляет от долей микрона и выше, при этом происходит разрушение ранее образованных агрегатов.

- Исследование закономерностей магнитовибрационных процессов создают предпосылки для их применения в аппаратах различного назначения: восстановление и окисление диспергированной твердой фазы, внесение лигирующих примесей на частицы и очистка их поверхностей, гетерогенные каталитические процессы, сухого прессования высокоанизотропных изделий и др.

- Разработка методик применения электромагнитного поля для образования магнитовибрирующего слоя тонкодисперсных порошков магнитных материалов сводится не к модернизации или совершенствованию действующих, а к созданию новых методов и способов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V.A. Lebedev, Yu.M. Vernigorov, A.A. Kochubey: Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering. Donetsk National Technical University, No. 1(52), P. 84-91 (2016)
2. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. The application of a magnetovibrating layer to the milling of ferromagnetic materials // Euro PM2005 Powder Metallurgy Congress and Exhibition: Proceedings, Vol. 1, 2-5 October, Prague, Czech Republic, 2005.- P. 451-455.
3. Vernigorov Yu.M., Yegorov I.N., Yegorova S.I. Disperse ferromagnet in the magnetovibrating layer / JEMS'04 Joint European Magnetic Symposia: Abstracts Book, 5-10 Sept., Dresden, Germany, 2004.- P. 131.
4. Баглюк Г.А., Позняк Л.А., Дацкевич О.В. Получение и свойства порошковой стали из безабразивных шламовых отходов подшипникового производства. – Вестник машиностроения, 1993, №10.
5. Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем //Л.: Энергия. – 1981. – с.172
6. Болога М.К., Марта И.Ф. Магнитооживление во вращающемся магнитном поле // Магнитная гидродинамика. – 1988. - №3. – с.103-108.
7. Вернигоров Ю.М. Особенности флокуляции полидисперсных порошков магнитотвердых материалов / Ю.М. Вернигоров, И.Н. Егоров, С.И. Егорова // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки.- 2006, № 2.- С. 64-68.
8. Долинский И.И. Переработка металлической стружки в США. – Сб. Вторичные черные металлы, М., Металлургия, вып. 2, 1969, с. 84 – 88.
9. Дьяконов О.М. Шламы металлообрабатывающего производства/Сборник трудов в 3-х частях. Литье и металлургия//БНТУ 2010-2011
10. Егоров И.Н. Диспергирование порошков магнитных материалов со специальными свойствами в магнитовибрирующем слое//дис. к.т.н. Ростов-н/Д, 2006-93 с
11. Егорова С.И. Магнитовибрационное оживление / С.И. Егорова.- Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2009.- 162 с.
12. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М.: Металлургия. – 1980. – 495с.

13. Кокорин В.Н., Григорьев А.А., Кокорин М.В., Чемаева О.В. Промышленный рециклинг техногенных отходов: Учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2005. - 42 с.
14. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1987. – 264с.
15. Плотников Д.М. Повышение качества изделий из порошковых материалов за счет использования магнитовибрационной технологии сепарации шлифовальных шламов подшипникового производства// дис. к.т.н. Ростов-на-Дону, 2008-128с

REFERENCES

1. V.A. Lebedev, Yu.M. Vernigorov, A.A. Kochubey: Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering. Donetsk National Technical University, No. 1(52), P. 84-91 (2016)
2. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. The application of a magnetovibrating layer to the milling of ferromagnetic materials // Euro PM2005 Powder Metallurgy Congress and Exhibition: Proceedings, Vol. 1, 2-5 October, Prague, Czech Republic, 2005.- P. 451-455.
3. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. Disperse ferromagnet in the magnetovibrating layer / JEMS'04 Joint European Magnetic Symposia: Abstracts Book, 5-10 Sept., Dresden, Germany, 2004.- P. 131.
4. Baglyuk G. A., Poznyak L. A., Datskevich O. V. Obtaining and properties of powdered steel from abrasive-free sludge waste of bearing production. - Vestnik mashinostroeniya, 1993, no. 10.
5. Bibik E. E. Rheology of dispersed systems // L.: Energiya. - 1981. - p. 172
6. Bologa M. K., Marta I. F. magneto-Liquefaction in a rotating magnetic field // Magnetic hydrodynamics. - 1988. - no. 3. - pp. 103-108.
7. Vernigorov Yu. m. Features of flocculation of polydisperse powders of magnetohard materials / Yu. M. Vernigorov, I. N. Egorov, S. I. Egorova // Izv. vuzov. SEV. - Kavk. region. Technical Sciences.- 2006, no. 2. - Pp. 64-68.
8. Dolinsky I. I. Processing of metal shavings in the USA. - SB. Secondary ferrous metals, Moscow, metallurgy, issue 2, 1969, pp. 84-88.
9. Dyakonov O. M. Slams of Metalworking production/Collection of works in 3 parts. Casting and metallurgy// BNTU 2010-2011
10. Egorov I. N. Dispersion of magnetic material powders with special properties in a magnetovibrating layer/ / dis. candidate of technical Sciences Rostov-n / D, 2006-93 s
11. Egorova S. I. Magnetovibration liquefaction / S. I. Egorova.- Rostov n/A: DSTU publishing center, 2009. - 162 p.
12. Kiparisov S. S., Libenson G. A. Powder metallurgy. M.: metallurgy. - 1980. - 495с.
13. Kokorin V. N., Grigoriev A. A., Kokorin M. V., Chemaeva O. V. Industrial recycling of technogenic waste: a Textbook. Ulyanovsk: UISTU, 2005, 42 p.
14. Kouzov P. A. Fundamentals of analysis of the dispersed composition of industrial dusts and crushed materials. - L.: Chemistry, 1987. - 264с.
15. Plotnikov D. M. Improving the quality of products made of powdered materials through the use of magnetovibration technology for separation of grinding slurries of bearing production// dis. candidate of technical Sciences Rostov-on-don, 2008-128с

Поступило в редакцию 27.07.2020
Received 27 July 2020