

11. Серёгин Н.Г. Методика расчёта надёжности механизмов автоматизированных станочных линий: учеб. пособие – М: МГУЛ, 2000. – 20 с.

12. Власов В.А., Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б. Основы научных исследований: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 202 с.

УДК 676.017.62

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ПОРИСТОСТИ ОБРАЗЦОВ ФЕРРИТОВОЙ КЕРАМИКИ

Петрова Анна Борисовна, Сунь Хуншуйай

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск*

E-mail: abk9@tpu.ru

APPLICATION OF THE HYDROSTATIC WEIGHING METHOD FOR DETERMINATION OF DENSITY AND POROSITY OF SAMPLES OF FERRITE CERAMICS

Petrova Anna Borisovna, Sun Hongshuai

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: Статья посвящена исследованию плотности и пористости образцов ферритовой керамики, изготовленных по классической керамической технологии в лабораторных условиях при различных давлениях прессования. Для проведения данного исследования был использован метод гидростатического взвешивания образцов на аналитических лабораторных весах. Проведенное исследование показало, что выбранные режимы давления прессования не оказывают существенного влияния на плотность и пористость исследуемых образцов.

Abstract: The article is devoted to the investigation of the density and porosity of samples of ferrite ceramics made according to classical ceramic technology under laboratory conditions at various pressing pressures. To carry out this study, a method of hydrostatic weighing of samples on analytical laboratory scales was used. The conducted study showed that the selected pressing pressures regimes do not have a significant effect on the density and porosity of the samples under study.

Ключевые слова: ферритовая керамика; плотность; пористость; гидростатическое взвешивание; давление прессования.

Keywords: ferrite ceramics; density; porosity; hydrostatic weighing; pressing pressures.

Ферриты представляют собой керамические соединения, состоящие из смеси оксида железа и одного или нескольких других металлов, обладающих ферромагнитными свойствами, которые используются в высокочастотных электрических компонентах, таких как антенны, в СВЧ и радиотехнике [1, 2].

Ферритовые изделия изготавливаются с использованием технологических приемов, которые свойственны производству керамических изделий и содержат несколько последовательных этапов, каждый из которых оказывает существенное влияние на характеристики готового изделия [3].

Прессование – процесс, при котором ферритовые гранулированные материалы становятся сцепленными посредством механического уплотнения, которое может заключаться в холодном или горячем прессовании [4, 5]. Процесс прессования позволяет эффективно производить детали, размеры и формы которых варьируются в широком диапазоне, что представляет большой интерес для различных отраслей промышленности. Чаще всего прессование изделий производится на механическом, гидравлическом или изостатическом прессе [5, 6].

На сегодняшний день хорошо известно, что качество готовых изделий, прошедших этапы прессования и спекания, критически зависит от производственного процесса. В частности, исходные характеристики порошков и способы их обработки, в том числе холодное прессование и дальнейшее спекание, оказывают сильное влияние на механические свойства компонентов, поскольку они могут генерировать популяцию дефектов, таких как микротрещины, градиенты плотности, поры, агломераты и другие виды дефектов [7].

Целью данной работы является проведение исследования плотности и пористости образцов ферритовой керамики, спрессованных при различных давлениях прессования.

Для проведения исследований были использованы несколько партий образцов ферритовой керамики с химическим составом: $\text{Li}_{0.649}\text{Fe}_{1.598}\text{Ti}_{0.5}\text{Zn}_{0.2}\text{Mn}_{0.051}\text{V}_{0.002}\text{O}_4$. Образцы были изготовлены по классической керамической технологии в лабораторных условиях при различных режимах давления прессования в пресс-форме, представленной на рис. 1.



Рис. 1. Пресс-форма для компактирования образцов тороидальной формы

Первая партия образцов была спрессована при давлении $P_1 = 150$ МПа. Вторая партия была спрессована при давлении $P_2 = 180$ МПа. Третья партия была спрессована при давлении $P_3 = 240$ МПа. Выдержка при прессовании для каждой из партий составляла 3 минуты. Прессование образцов осуществлялось

с использованием ручного гидравлического пресса ПГр-10. Спекание образцов осуществлялось в электрической печи сопротивления СНОЛ в воздушной среде при $T_s=1010$ °С, время выдержки $t=2$ часа. Остывание образцов осуществлялось на воздухе в течение 9 часов. Изготовленные образцы имели тороидальную форму с внешним диаметром 18,4 мм, внутренним диаметром 14 мм и толщиной 2,1 мм. Полученные после спекания образцы представлены на рис. 2.



Рис. 2. Образцы ферритовой керамики, полученные при различных давлениях прессования

Для определения плотности и пористости образцов в данной работе был использован метод гидростатического взвешивания. Гидростатическое взвешивание – метод измерения массы на единицу объема тела исследуемого объекта. Это прямое применение закона Архимеда, гласящего, что исследуемый объект, погруженный в жидкость, вытесняет некоторый объем жидкости, вес которой равен весу исследуемого объекта [8].

В настоящей работе для определения плотности и пористости образцов были использованы высокоточные аналитические весы Shimadzu AUW220D.

Процедура измерения включает в себя несколько этапов. Сначала была определена масса сухих образцов ферритовой керамики. После чего образцы погружались на 24 часа в емкости с дистиллированной водой. Следующим этапом исследуемые образцы извлекались из воды и помещались на аналитические весы, при этом производились измерения масса образцов, насыщенных водой. На завершающем этапе измерялась масса исследуемых образцов при их полном погружении в резервуар, наполненный дистиллированной водой. Измеренные результаты представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты гидростатического взвешивания образцов ферритовой керамики марки ЗСЧ18

Образец	$m_{\text{сух}}$	$m_{\text{нас.жид}}$	m_{H_2O}
ЗСЧ18_150МПа	0,9769	0,9826	0,7558
ЗСЧ18_180МПа	0,9830	0,9842	0,7591
ЗСЧ18_240МПа	0,9160	0,9190	0,7085

Расчет плотности и пористости образцов осуществлялся по формулам, приведенным в работе [8]. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Табл. 2. Плотность и пористость образцов LiTiZn ферритовой керамики марки ЗСЧ18.

Образец	ρ_k , Г/см ³	$\Theta_{откр}$, %
ЗСЧ18_150МПа	4,29	2,5
ЗСЧ18_180МПа	4,35	0,5
ЗСЧ18_240МПа	4,32	1,36

Как видно из табл. 2 плотность всех исследуемых образцов практически не изменяется. Однако имеются небольшие различия в значениях пористости исследуемых образцов. Такое различие может быть обусловлено тем, что при низком давлении (P=150 МПа) происходит недопрессовка образцов, а при высоком (P=240 МПа) в образце возникают внутренние напряжения, в результате которых образец начинает разрушаться.

Список литературы

1. Академик [Электронный ресурс] / Ферриты. Электрон. текстовые дан. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/es/60304/%D1%84%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%8B>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. (дата обращения 08. 06. 2018).
2. R. Valenzuela Novel applications of ferrites// Physics Research International. – 2012. – Vol. 2012. – С. 591.
3. Бабич Э.А. Технология производства ферритовых изделий. / Э.А. Бабич, Л.М. Летюк, В.А. Нифонтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 224 с.
4. Т.А. Epifantseva, V.G. Kayuk, M.B. Shtern, I.D. Martyukhin, A.Yu. Koval, O.V. Mikhailov Effect of warm pressing on the mechanical properties and structure of green compacts of heterogeneous copper-based powder// Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2010. – Vol. 49. – с 116–123.
5. J.M. Montes, F.G. Cuevas, J. Cintas, Y. Torres Powder compaction law for cold die pressing // Granular Matter. – 2010. – Vol. 12. – С. 617–627.
6. Т.А. Epifantseva, V.G. Kayuk, M.B. Shtern, I.D. Martyukhin, A.Yu. Koval, O.V. Mikhailov Effect of warm pressing on the mechanical properties and structure of green compacts of heterogeneous copper-based powder// Powder Metallurgy and Metal Ceramics. –2010. – Vol. 49. – С. 116–123.
7. ГОСТ 2409-2014. Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения [Текст]. – Введ. 2015-09-01. – М.: Стандартинформ, 2014 – 8 с.
8. H.A. Bowman, R.M. Schoonover Procedure for high precision density determinations by hydrostatic weighing// J. Res. Nat. Bur. Stand. – 1967. – Vol. 71. – С 179-198.