

ferential equations the Krylov–Bogoliubov method is being used. Amplitude-frequency characteristic of technological load is being constructed. Comparison with experiments provides sufficient precision about motion and speed. The criterion of the small nonlinearity of the given system gives considerable imprecision. Therefore, for dynamic calculations, more accurate method based on generalized functions is being suggested. To determine force, acting on the drive shaft, equation is being adduced. The graph of change of force in the drive is given.

**Keywords:** vibration mill, vertical oscillations, technological load, grinding chamber, mass relation, eccentric drive.

УДК 666.3.032.654 : 666.593.22

*О.С. ХОМЕНКО*, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ УДХТУ, Дніпропетровськ,

*О.О. МИРШАВКА*, асп., ДВНЗ УДХТУ, Дніпропетровськ,

*Р.К. ВАСЬКОВСКИЙ*, студ., ДВНЗ УДХТУ, Дніпропетровськ,

*Л.В. МИХАЛЬСКА*, інж., ПАТ «ПЗЕФ»,

*В.В. ПАЛАГУТ*, інж., ПАТ «ПЗЕФ», смт Першотравенськ (Житомирська обл.)

## **ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ УЩІЛЬНЕННЯ ПРЕС-ПОРОШКІВ З ВИСОКОЮ ВОЛОГІСТЮ**

В роботі приведено дослідження процесів ущільнення прес-порошків з високою вологістю, які застосовуються при виробництві низьковольтних електротехнічних виробів складної конфігурації. Встановлено причини виникнення у výroбах деформацій та розтріскування, викликаних нерівномірною усадкою відпресованого напівфабрикату. Пропонуються шляхи зниження негативного впливу усадочних процесів.

**Ключові слова:** прес-порошок, вологість, електрофарфор, тонкий помел, усадка, деформація, випал

**Аналіз проблеми та її взаємозв'язок з науковими та практичними завданнями.** Електротехнічні вироби складної конфігурації (електропатрони, ізолятори, світильники та ін.) можна виготовити лише напівсухим пресуванням з прес-порошків підвищеної вологості [1]. Сам метод напівсухого пресування передбачає можливість одержання чітких розмірів виробів, меншу (у порівнянні з відливанням і пластичним формуванням) повітряну та вогневу усадку мас. Але саме підвищена для традиційного напівсухого способу пресування вологість (12 – 14 %) ускладнює формовочний та сушильний процес виробів.

Наукова та практична проблема полягає в тому, що деякі закономірності, притаманні звичайним прес-порошкам [2, 3] мають певні особливості, а

процеси при їх ущільненні вивчені та описані недостатньо. Зазначене може призводити до ускладнення технологічного процесу в умовах виробництва,

© О.С. Хоменко, О.О. Миршавка, Р.К. Васьковський, Л.В. Михальська, В.В. Палагут, 2014

тому актуальними є дослідження процесів, що протікають при пресуванні таких порошків, а також пошук можливостей їх регулювання.

**Постановка задачі досліджень.** В роботі було поставлено задачу вивчити та пояснити процеси, що протікають під час формування керамічних виробів складної конфігурації, проаналізувати вплив можливих відхилень параметрів технологічного процесу на формовку та сушку виробів, а також визначити шляхи впливу на цей процес. В якості базової було обрано керамічну масу ПАТ «Першотравенський завод електротехнічного фарфору» (Житомирська обл.), дослідження проводили як в умовах виробництва, так і в умовах лабораторії університету.

**Методики досліджень.** Для постановки задачі, в умовах виробництва примусово змінювали параметри прес-порошку (тип та вміст зв'язуючого, води) і формували дослідні зразки – електропатрони зі складною конфігурацією та висотою, більшою діаметру в 2,4 рази. З метою вирішення поставленої задачі, в умовах лабораторії формували зразки-циліндрики з аналогічним співвідношенням висоти та діаметру.

Мікроструктуру напівфабрикату вивчали за допомогою оптичного мікроскопу МБС-10 у відображеному світлі. Щільність напівфабрикату визначали пікнометричним способом, повітряну та вогневу усадку – за зміною лінійних розмірів, водопоглинання випалених зразків встановлювали за зміною маси після їх насичення водою у вакуумі [4].

**Експериментальні дослідження та наукове обґрунтування отриманих залежностей.** Формувальні властивості маси впливають на сушильні властивості керамічних зразків (зокрема, повітряну усадку, деформацію) і зразків після випалу (від щільності упаковки зерен під час формовки залежить водопоглинання і щільність випаленого виробу). Таким чином, дуже важливо під час формовки забезпечити рівномірне розподілення маси по усьому об'єму прес-форми, щоб сирець-напівфабрикат мав мінімальну деформацію.

Для керамічних виробів, які мають висоту, більшу за діаметр (рис. 1), важко досягти рівномірного ущільнення, особливо при однобічному пресуванні. При порушенні технологічного процесу, під час зняття зусилля пресування, напівфабрикат може мати нерівномірну щільність, при цьому верхня

його частина, ближча до формуючого пуансону, буде мати більшу щільність, а нижча – навпаки меншу, що може викликати деформацію при сушінні та розтріскування виробу.

Зазначене пов'язане з рухомістю часток керамічного прес-порошку, яка залежить як від характеристики його мінеральної частини (тонкості помелу маси, співвідношення глинистих та опіснючих компонентів та ін.), так і від вмісту води та органічних зв'язуючих.

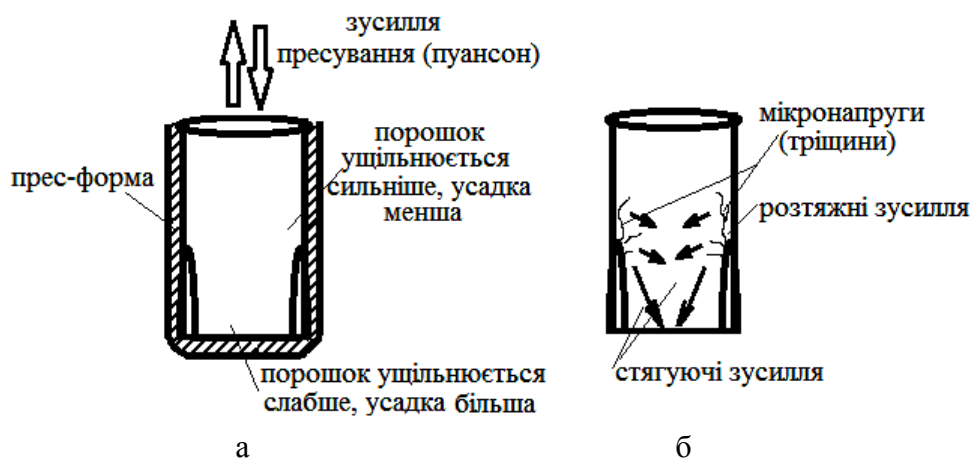


Рис. 1 – Схематичне зображення при сушінні напівфабрикату: а – процесу пресування, б – розподілення мікронапруг.

Для дослідження впливу органічного зв'язуючого на властивості керамічного напівфабрикату та випалених виробів було приготовлено наступні склади керамічних прес-порошків (табл. 1). Для врівноваження впливу параметрів мінеральної складової, в роботі брали готову заводську масу. Маса № 1в – базова.

Таблиця 1 – Дослідні склади керамічних мас, мас. %

Найменування компоненту	1в	11в	12в	13в	14в	15в	16в
Маса ПЗЕФ	85	85	85	85	85	85	85
Вода	11,8	12,0	13,0	14,0	12,2	11,7	12,5
Олеїнова кислота	0,32	0,5	0,5	0,5	0,3	0,8	0,5
Дизельне паливо	2,88	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0

**Аналіз отриманих результатів, висновки та перспективи розвитку напрямку досліджень.** Вимірювання щільності напівфабрикату (рис. 2) показало, що деякі маси ущільнюються краще базової маси 1в (наприклад маси 12в та 15в навіть при меншому зусиллі пресування). Їх щільність збільшується від  $1,92 \text{ г/см}^3$  до  $2,03 \text{ г/см}^3$ . При візуальному аналізі також відмічено ущіль-

льнення маси – в структурі спостерігається менша кількість пустот (рис. 3).

На рисунку приведений зразок з найменшими показниками щільності № 6в (1,87 г/см<sup>3</sup>) та найбільшими 15в (2,03 г/см<sup>3</sup>). Кращу формувальну рухливість маси № 12в можна пояснити більшою її вологістю (13,0 % у порівнянні з 11,8 % для базової), оскільки вода покриває частки маси та зменшує сили тертя між ними.

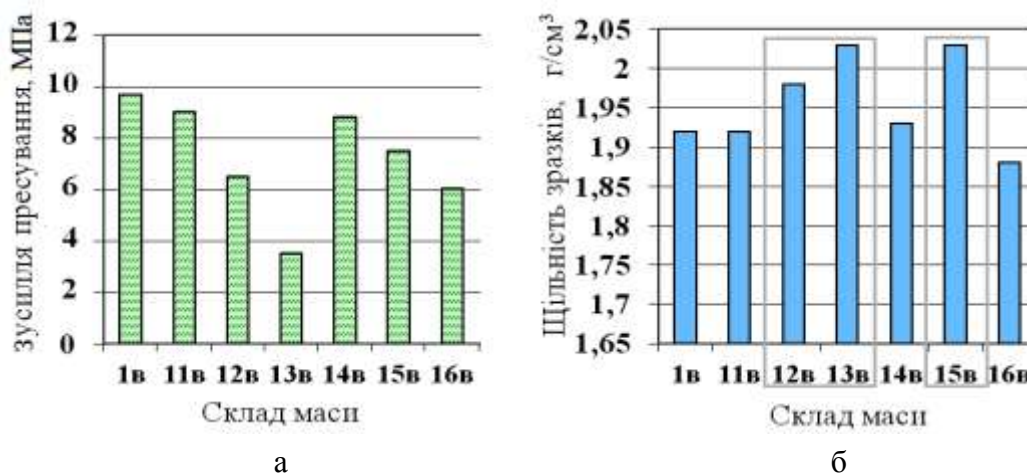
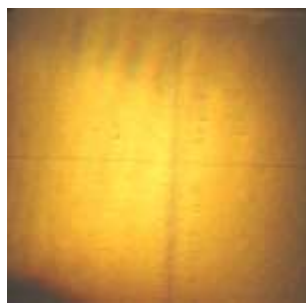


Рис. 2 – Взаємозв'язок складу маси, зусилля пресування (а) та щільності (б) керамічних зразків.



№16в



№15в

Рис. 3 – Залежність структури відпресованих зразків від складу прес-порошку, відображене світло, збільшення  $\times 30$  разів.

За тією ж причиною зразки з маси № 15в також щільніші, але роль зв'язуючого виконує олеїнова кислота. Отже, маси стають більш рухомими, що призводить до покращення їх розподілення у прес-формі.

Після випалу при 1280 °С отримано наступні результати (табл. 2): збільшення вмісту органічних зв'язуючих або води у складі мас призводить до збільшення усадки виробів на стадії сушіння та випалу (оскільки органічні зв'язуючі вигоряють, утворюючи пористу структуру).

Зазначене особливо простежується для зразків із маси № 12в. Із маси

№ 15, незважаючи на незначне збільшення усадки повітряної, можливо отримати необхідні характеристики виробів, оскільки її усадка наближується до усадки базової маси (№ 1в).

Таблиця 2 – Властивості висушених та випалених при 1280 °С зразків

№ складу	Усадка повітряна, %	Усадка вогнева, %	Усадка повна, %	Водопоглинання, %
1в	2,0	9,8	11,8	1,4
11в	2,2	9,7	11,9	1,7
12в	2,6	9,7	12,3	1,6
13в	2,9	10,1	13,0	1,6
14в	2,4	9,2	11,6	1,5
15в	2,0	9,6	11,6	1,4
16в	2,4	9,2	11,6	1,4

Таким чином, в результаті проведеної роботи вивчено та пояснено процеси при формуванні виробів електрофарфору, проаналізовано вплив можливих відхилень параметрів технологічного процесу на їх формовку та сушку, а також пропонується композиційне зв'язуюче для покращення однорідності напівфабрикату.

**Список літератури:** 1. Масленникова Г.Н. Технология электрокерамики / [Г.Н. Масленникова, Ф.Я. Харитонов, Н.С. Костюков, К.С. Пирогов]. – М.: Энергия, 1994. – 224 с. 2. Попильский Р.Я. Прессование порошковых керамических масс / Р.Я. Попильский, Ю.Е. Пивинский. – М.: Metallurgija, 1993. – 176 с. 3. Химическая технология керамики и огнеупоров / [Под ред. П.П. Будникова, Д.Н. Полубояринова]. – М.: Стройиздат, 1972. – 547с. 4. Практикум по технологии керамики / [Под ред. И.Я. Гузмана]. – М.: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2005. – 334с.

**Referens:** 1. Maslennikova G.N. Tehnologija jelektrokeramiki / [G.N. Maslennikova, F.Ja. Haritonov, N.S. Kostjukov, K.S. Pirogov]. – Moscow: Jenergija, 1994. – 224 s. 2. Popil'skij R.Ja. Pressovanie poroshkovyh keramicheskikh mass / R.Ja. Popil'skij, Ju.E. Pivinskij. – Moscow: Metallurgija, 1993. – 176 s. 3. Himicheskaja tehnologija keramiki i ogneporov / [Pod red. P.P. Budnikova, D.N. Polubojarinova]. – Moscow: Strojizdat, 1972. – 547s. 4. Praktikum po tehnologii keramiki / [Pod red. I.Ja. Guzmanna]. – Moscow: ООО RIF «STROJMATERIALY», 2005. – 334 s.

*Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 10.06.14*

УДК 666.3.032.654 : 666.593.22

**Вивчення процесів ущільнення прес-порошків з високою вологістю / О.С. ХОМЕНКО, О.О. МИРШАВКА, Р.К. ВАСЬКОВСКИЙ, Л.В. МИХАЛЬСКА, В.В. ПАЛАГУТ// Вісник НТУ «ХП».**

– 2014. – № 53 (1095). – (Серия: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 136 – 141. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

В работе приведены исследования процессов уплотнения пресс-порошков с высокой влажностью, которые применяются при производстве низковольтных электротехнических изделий сложной конфигурации. Установлены причины возникновения в изделиях деформаций и растрескивания, вызванных неравномерной усадкой отпрессованного полуфабриката. Предлагаются пути снижения негативного влияния усадочных процессов.

**Ключевые слова:** пресс-порошок, влажность, электрофарфор, тонкий помол, усадка, деформация, обжиг.

UDC 666.3.032.654 : 666.593.22

**The study condensation process press-powders with high moisture / O.S. HOMENKO, O.O. MYRSHAVKA, R.K. VASKOVSKIY, L.V. MYHALSKAYA, V.V. PALAGUT // Visnyk NTU «KhPI».** – 2014. – № 53 (1095). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 136 – 141. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821.

The paper presents the research process seal molding powders with high humidity, which are used in the manufacture of low-voltage electrical products of complex configuration. The causes of a product deformations and cracking caused by uneven shrinkage of the molded semi. Suggests ways to reduce the negative impact of shrinkage processes. In particular, to improve the sliding of the particles during compression, and their uniform distribution throughout the volume of the mold is recommended to use fatty component – oleic acid. Its most optimum amount of 0,8 %. At this stage you can mold provides a denser cake mix, which in turn contributes to the intensification of the sintering products.

**Key words:** press powder, moisture, electrical porcelain, fine grinding, shrinkage, deformation, burning.

УДК 664.149

**Е.В. ШТЕФАН**, д-р техн. наук, проф., НУПТ, Киев,  
**Д.В. РЫНДЮК**, канд. техн. наук, доц., НУПТ, Киев,  
**С.И. БЛАЖЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НУПТ, Киев

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрена проблема повышения адекватности математических моделей процессов обработки дисперсных материалов путем задания адекватных физико-механических параметров материала твердой фазы. Предложено итерационную экспериментально-расчетную методику определения этих параметров для сыпучих (соль, сахар, пшено) и влагонасыщенных (керамических масс) материалов.