

**Богданова Н. А., Жилин С. Г., Комаров О. Н.**  
**N. A. Bogdanova, S. G. Zhilin, O. N. Komarov**

## **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЯЖЁННОЙ ПРЕССОВКИ ИЗ ВОСКООБРАЗНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЭКСТРУЗИОННОМ ВЫДАВЛИВАНИИ ПОРОШКОВОГО ТЕЛА**

## **CONDITIONS FOR FORMATION OF EXTENDED PRESSING FROM WAX-LIKE MATERIAL AT EXTRUSIVE POWDER BODY PRESSURE**

**Богданова Нина Анатольевна** – младший научный сотрудник Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681005, Россия, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Metallургов, 1; тел. +7(4217)54-95-39. E-mail: joyful289@inbox.ru.

**Nina A. Bogdanova** – Junior Researcher, Khabarovsk Federal Research Center of the FEB RAS (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681005, Khabarovsk region, Komsomolsk-on-Amur, 1 Metallurgists' str.; tel. +7(4217)54-95-39. E-mail: joyful289@inbox.ru.

**Жилин Сергей Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681005, Россия, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Metallургов, 1; тел. +7(4217)54-95-39. E-mail: sergeyzhilin1@rambler.ru.

**Sergey G. Zhilin** – PhD in Engineering, Associate Professor, Leading Researcher, Khabarovsk Federal Research Center of the FEB RAS (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681005, Khabarovsk region, Komsomolsk-on-Amur, 1 Metallurgists' str.; tel. +7(4217)54-95-39. E-mail: sergeyzhilin1@rambler.ru.

**Комаров Олег Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681005, Россия, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Metallургов, 1; тел. +7(4217)54-95-39. E-mail: olegnikolaevitsch@rambler.ru.

**Oleg N. Komarov** – PhD in Engineering, Associate Professor, Leading Researcher, Khabarovsk Federal Research Center of the FEB RAS (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681005, Khabarovsk region, Komsomolsk-on-Amur, 1 Metallurgists' str.; tel. +7(4217)54-95-39. E-mail: olegnikolaevitsch@rambler.ru.

**Аннотация.** Холодная формовка прессовок из воскообразных материалов направлена на решение проблемы повышения размерной и геометрической точности литых изделий. Такой подход позволяет устранить тепловые дефекты выплавляемых моделей и повысить стойкость к образованию трещин формируемой на их поверхности керамики. Неоднородность распределения температур в участках прессовки определяет некоторые сложности при осуществлении процесса формирования длинномерных участков выплавляемой модели. Так, получение длинномерных участков прессовок связано с образованием зон различной плотности, приводящих к искажению размеров ввиду упругого отклика уплотняемого материала. С целью получения протяжённой прессовки с однородной плотностью экспериментально определены условия экструзионного выдавливания и установлены соотношения диаметра диффузора мундштука к площади экструдера.

**Summary.** Cold forming of compacts from wax-like materials is aimed at solving the problem of increasing the dimensional and geometric accuracy of cast products. This approach makes it possible to eliminate thermal defects of the melted models and increase the resistance to the formation of cracks formed on the ceramic surface. The inhomogeneity of the temperature distribution in the pressing areas determines some difficulties in the implementation of the process of forming long sections of the melted model. So, obtaining long sections of compacts is associated with the formation of zones of different density, leading to distortion of the dimensions due to the elastic response of the compacted material. In order to obtain an extended pressing with a uniform density, the conditions of extrusion were experimentally determined and the ratios of the diameter of the mouthpiece diffuser to the area of the extruder were established.

**Ключевые слова:** деформация, упругий отклик, экструзия, мундштучное выдавливание, воскообразный порошковый материал, давление, выплавляемая модель.

**Key words:** deformation, elastic response, extrusion, extrusion, wax powder, pressure, lost wax.

Работа выполнена в рамках государственного задания ХФИЦ ДВО РАН.

В современных заготовительных технологиях, как правило, применяется многостадийная последовательность получения отливок, завершающаяся механическим и термическим видами обработок. В этой связи технологии, направленные на получение заготовок с характеристиками, максимально приближёнными к готовым изделиям, являются наиболее востребованными в условиях сокращения цикла их использования. Высоким требованиям по размерной и геометрической точности литых заготовок в наибольшей степени отвечает метод литья по выплавляемым моделям (ЛВМ), использование которого позволяет получать литьё сложной геометрии и существенно сокращать затраты на механическую обработку [1; 2]. Однако значительное количество технологических стадий в ЛВМ, а также необходимость исправления брака, связанного с теплофизическими явлениями при получении и использовании выплавляемых моделей, негативно отражаются на стоимости литья [3; 4].

Совершенствование методов формообразования в ЛВМ привело к необходимости разработки нового принципа получения выплавляемой модели прессованием [5] дисперсных воскообразных композиций, широко используемых в производственной практике [1]. Процесс прессования порошкового тела позволяет устранить тепловые дефекты в выплавляемой модели, т.к. внешний подвод тепла для её формирования не требуется и, следовательно, отмеченные выше причины образования брака устраняются самопроизвольно. Предварительно установлено, что точность прессованных моделей в среднем на 1-2 качества выше, чем у традиционных [6]. Однако при уплотнении порошка воскообразного материала возможно появление упругого отклика, величина которого составляет 0,4...0,6 % в направлении, поперечном оси уплотнения. Значение упругого отклика уплотнённого материала существенно меньше, чем величина усадки, достигающая в традиционных процессах ЛВМ 14 %. Однако корректировка процесса формирования прессовки всё же необходима [7; 8]. Разнотолщинные участки прессовки сложной конфигурации могут иметь отличия по плотности. Значения плотности ряда участков могут превышать плотность материала, полученного свободной заливкой. Таким образом, возможные затруднения при проектировании пресс-форм определяют актуальность исследования процесса управления формированием пористой прессовки сложной конфигурации.

Решение проблемы видится в рациональном выборе режима формирования прессовки, который определяется скоростью прессования и временем релаксации уплотнённого материала под нагрузкой. Упругий отклик возникает также при формировании тонкостенных элементов из пластичного воскообразного материала на упругой плотной основе в ходе получения выплавляемой модели биметаллической отливки. Сформированная таким способом поверхность определяет геометрию будущей отливки [9; 10]. Поскольку воскообразные материалы в традиционной промышленности не рассматриваются в качестве конструкционных и отличаются уникальным набором механических характеристик, возникает ряд проблем, связанных с использованием известных расчётных моделей, описывающих поведение материала при нагрузке и релаксации.

Таким образом, целью исследования стало экспериментальное определение параметров процесса экструзионного мундштучного выдавливания, имитирующего формирование воскообразной поверхности на модели биметаллической отливки. В рамках поставленной цели решались практические задачи, связанные с определением взаимного влияния площадей поперечных сечений загрузочного окна и диффузора цилиндрической пресс-матрицы на величину нагрузки при экструзии уплотняемого материала и плотность длинномерной прессовки.

В ходе реализации эксперимента в качестве воскообразного порошкового тела использован парафин марки Т1 фракций 0,63 мм и 2,5 мм, который помещали в цилиндрическую пресс-матрицу, снабжённую диффузором с внутренней конической поверхностью, угол образующих сторон которого равен 120°. Соотношение внутренних диаметров диффузора и пресс-матрицы в ходе эксперимента изменялось от 1:60 до 1:6. В ходе эксперимента материал Т1 дозировался в

пресс-матрицу и уплотнялся поршнем, скорость перемещения которого составила 0,5 мм/с. Данные по нагрузке регистрировались при помощи испытательной машины AG-X plus Shimadzu.

В результате эксперимента установлены параметры экструзионного выдавливания, при которых формируются длинномерные пористые прессовки с плотностью меньшей, чем плотность материала Т1, характерная для условий свободной заливки. При формировании поверхности с удовлетворительной геометрией такой эффект позволяет судить об отсутствии упругого отклика материала. Установлено, что увеличение соотношений указанных выше площадей приводит к росту значений максимальной нагрузки, сопровождающей момент начала экструзии.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Литьё по выплавляемым моделям / В. Ф. Гаранин, В. Н. Иванов, С. А. Казеннов и др.; под общ. ред. В. А. Озерова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 448 с.
2. Жильцов, Н. П. Проблема очищаемости отливок литья по выплавляемым моделям / Н. П. Жильцов, Н. А. Кидалов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2019. – № 7 (230). – С. 80-83.
3. Гусева, М. А. Исследование реологии модельных композиций для литья по выплавляемым моделям в зависимости от природы и соотношения основных компонентов / М. А. Гусева, И. Р. Асланян, С. А. Пономаренко // Труды ВИАМ. – 2020. – № 1 (85). – С. 126-134.
4. Оспенникова, О. Г. Теплофизические и реологические характеристики синтетических смол для модельных композиций / О. Г. Оспенникова // Литейное производство. – 2016. – № 10. – С. 26-28.
5. Жилин, С. Г. Влияние параметров уплотнения порошкового тела из воскообразного материала на формирование остаточных напряжений прессовки / С. Г. Жилин, Н. А. Богданова, О. Н. Комаров // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2019. – № 3 (41). – С. 110-121.
6. Снижение упругого отклика при уплотнении порошковой парафиностеариновой композиции / С. Г. Жилин, Н. А. Богданова, О. Н. Комаров, А. А. Соснин // Деформация и разрушение материалов. – 2020. – № 1. – С. 29-33.
7. Burenin A. A. Elastic Response of Media in the Process of Propagation, Stoppage and Reoccurring of a Viscoplastic Flow, Including Instantaneous Unloading // Fundamental problems in theoretical and applied mechanics. Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod, 2011, № 4 (5), pp. 2043-2044.
8. Zhilin S. G., Komarov O. N., Bogdanova N. A. Production of the steel casting with improved dimensional and geometrical accuracy using complex models // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 709 (2020) 033104.
9. Sosnin A. A., Bogdanova N. A., Zhilin S. G. and Komarov O. N. Finite Element Modeling of the Stress-Strain State of Waxy Compacts // Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2019) AIP Conf. Proc. 2176, pp. 030017-1–030017-4.
10. Bogdanova N. A., Zhilin S. G. and Komarov O. N. Influence of the channel diameter ratio during extrusion forming of a paraffin powder body on compacting parameters // Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2020) AIP Conf. Proc. 2315 (2020) 030003-1–030003-5.