

**М.В. Салина, А.И.Евстигнеев**

**ВЛИЯНИЕ ВАКУУМИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАЗМЕРНУЮ ТОЧНОСТЬ ВЫПЛАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ И ОТЛИВОК В ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

**Салина М. В., Евстигнеев А. И.**

**M. V. Salina, A. I. Evstigneev**

**ВЛИЯНИЕ ВАКУУМИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАЗМЕРНУЮ ТОЧНОСТЬ ВЫПЛАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ И ОТЛИВОК В ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

**INFLUENCE OF VACUUM PUMPING OUT ON PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES AND DIMENSIONAL ACCURACY OF MELTED MODELS AND FOUNDRY IN INVESTMENT PROCESSES**



**Салина Марина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: [salmav@mail.ru](mailto:salmav@mail.ru).

**Ms. Marina V. Salina** – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Foundry Industrial Machinery and Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University. E-mail: [salmav@mail.ru](mailto:salmav@mail.ru)

**Евстигнеев Алексей Иванович** – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: [prorector-nr@knastu.ru](mailto:prorector-nr@knastu.ru).

**Mr. Alexey I. Evstigneev** – Doctor in Engineering, Professor, Provost for Research, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: [prorector-nr@knastu.ru](mailto:prorector-nr@knastu.ru)

**Аннотация.** В статье сделан подробный анализ существующих технологий получения выплавляемых моделей в ЛВМ и предложен способ получения выплавляемых моделей холодным прессованием с предварительным вакуумированием, позволяющий повысить физико-механические свойства и размерную точность моделей и отливок в ЛВМ.

**Summary.** The paper offers a detailed review and analysis of existing technologies for producing melted models in investment casting; and the way of producing melted models by cold pressing with preliminary vacuum pumping is offered. This method allows improving physical and mechanical properties and dimensional accuracy of models and foundry in lost-wax casting.

**Ключевые слова:** выплавляемые модели, размерно-геометрическая точность, физико-механические свойства, усадочные дефекты, пресс-форма, вакуумирование, холодное прессование, насыпная масса, усилие прессования.

**Key words:** melted models, dimensional geometrical accuracy, physical mechanical properties, shrink defects, compression mould, vacuum pumping, cold pressing, bulk weight, moulding force.

УДК 621. 74. 045

Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), благодаря своим преимуществам [3], нашло широкое применение для получения высокоточного литья в машиностроении. Возможности метода позволяют приблизить отливки к качеству готовых изделий. При изготовлении высокоточных изделий требуется их большая размерная точность и высокое качество поверхности, в связи с этим возрастают требования к качеству внутренней поверхности изготавливаемых форм.

Литературно-патентный анализ показывает, что преобладающее влияние на процесс образования брака в ЛВМ оказывают технология изготовления и процесс удаления моделей из оболочковых форм (ОФ). Основной причиной, приводящей к образованию брака моделей,

ОФ, а следовательно, и отливок, является несовершенство технологии изготовления выплавляемых моделей. В ЛВМ наибольшее применение для получения выплавляемых моделей в нашей стране и за рубежом получили воскообразные составы на основе парафина, церезина и стеарина.

Но, как показывает анализ технологических и механических свойств выплавляемых моделей, изготовленных из вышеуказанных материалов, они имеют невысокую теплостойкость (температура размягчения 35...40 °С) и прочность, а также обладают повышенной плотностью, усадкой (до 20 %) и короблением (см. рис. 1). Повышенная плотность оказывает влияние на увеличение коэффициента объемного расширения при выплавлении моделей, что вызывает растрескивание ОФ. Усадка и коробление моделей при остывании модельного состава в пресс-формах влияет на размерную точность моделей и тем самым снижает размерно-геометрическую точность рабочей поверхности ОФ и отливок.

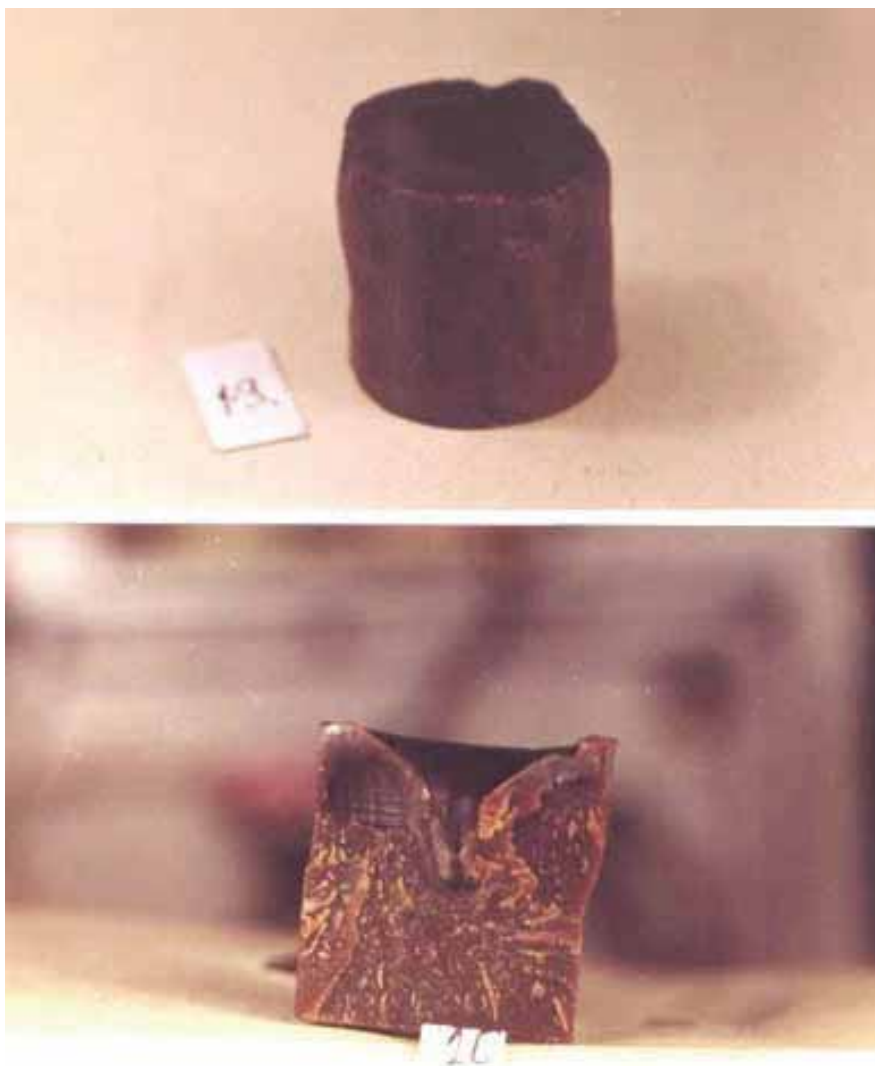


Рис. 1. Модели, полученные заливкой расплавленного состава в пресс-форму

Практика изготовления удаляемых моделей в ЛВМ показывает, что, наряду с выплавляемыми, используют и растворимые модельные материалы. Они отличаются более высокой, по сравнению с воскообразными модельными материалами, температурой плавления. Процесс растворения таких моделей не сопровождается объемными изменениями, как при выплавлении воскообразных моделей. Поэтому снижается возможность образования трещин

**М.В. Салина, А.И.Евстигнеев**

## ВЛИЯНИЕ ВАКУУМИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАЗМЕРНУЮ ТОЧНОСТЬ ВЫПЛАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ И ОТЛИВОК В ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

ОФ при удалении модели. Но растворимые модельные материалы очень гигроскопичны, что ограничивает их применение из-за невозможности длительного хранения [3].

Известно также применение комбинированных моделей, полученных при замешивании водорастворимых компонентов в расплав воскообразных материалов. Но изготовление таких моделей приводит к образованию усадочных дефектов (хотя и в меньшей степени, чем при изготовлении воскообразных выплавляемых моделей), а также к нарушению размерно-геометрических параметров [1].

Одним из недостатков метода получения отливок по выплавляемым моделям является длительность технологического процесса. Процесс изготовления моделей из воскообразных составов состоит из многочисленных операций (смешивание воскообразных материалов, расплавление до жидкого состояния, охлаждение до пастообразного состояния, очистка, смазка и нагрев пресс-формы, запрессовка пастообразного модельного состава в пресс-форму, охлаждение модели в пресс-форме). Для снижения плотности в модельный состав также замешивают небольшое (8...12 %) количество воздуха, что еще больше увеличивает длительность изготовления модели [3].

Известные технологии получения различных изделий (деталей машин, приборов и др.) формовкой в порошковой металлургии позволяют изготавливать детали с повышенным качеством поверхности, с высокой размерно-геометрической точностью, без усадочных дефектов [1].

Применение такого метода при изготовлении удаляемых моделей в ЛВМ позволяет получать пористые выплавляемые модели из порошкообразных модельных составов без усадочных дефектов, с заданной плотностью и повышенными размерно-геометрическими параметрами, а также решать проблему растрескивания ОФ при выплавлении моделей. Такие модели просты в изготовлении, длительность процесса получения моделей намного снижается, так как исключаются многие стадии изготовления моделей. Но изготовление удаляемых моделей из порошкообразных составов может быть ограничено из-за снижения их механических свойств. От механических свойств удаляемых моделей зависит их эксплуатационная пригодность, а именно: возможность хранения, а также способность выдерживать динамические нагрузки при транспортировке и при изготовлении ОФ. Механические свойства таких моделей зависят от плотности, величины контактной поверхности и характера контакта между частицами. Также на механические свойства порошкообразных моделей оказывают влияние свойства порошкообразных материалов и технология изготовления.

При получении моделей формованием порошков модельных материалов прочностные свойства моделей, в сравнении с моделями, полученными запрессовкой или заливкой в пресс-форму модельного состава, как правило, снижаются [1].

Длительное хранение пористых моделей может повлиять на изменение плотности и размерно-геометрической точности моделей. При формовании сложных моделей (особенно мелких: для изготовления стоматологических или ювелирных изделий) возможно незаполнение модельным составом поднутрений и сложных поверхностей моделей, это приведет к неточности размеров и конфигурации получаемых отливок.

Таким образом, актуальным является дальнейшее усовершенствование технологии изготовления порошкообразных выплавляемых моделей, которое позволит повысить механические и эксплуатационные свойства, а также размерную точность выплавляемых моделей.

Анализ известных вакуумных технологий изготовления гипсовых и керамических форм, а также отливок в ЛВМ показал преимущества применения вакуумирования, а именно: хорошая заполняемость очень сложных по конфигурации изделий, высокая размерно-геометрическая точность, снижение или отсутствие газовой пористости, высокие физико-механические свойства.



Рис. 2. Пресс-форма для изготовления пористой удаляемой моде-

На основании вышеизложенного предлагается изготавливать пористые выплавляемые модели из порошков воскообразных материалов с использованием вакуумирования перед их запрессовкой в пресс-форму. Для оценки влияния вакуумирования на физико-механические свойства и размерную точность пористых выплавляемых моделей (ПВМ) были проведены исследования плотности, прочности, твердости и размерной точности моделей [2].

Для проведения исследований образцы моделей изготавливались из порошка модельного состава ПС 50-50, фракции 04 холодным прессованием в металлические пресс-формы (см. рис.2). После засыпки модельного состава пресс-формы вакуумировались в вакуумной камере сконструированной установки (см. рис. 3). Давление вакуумирования варьировалось от 0,8 до  $0,95 \cdot 10^5$  Па. Изготавливались стандартные образцы для исследования временного

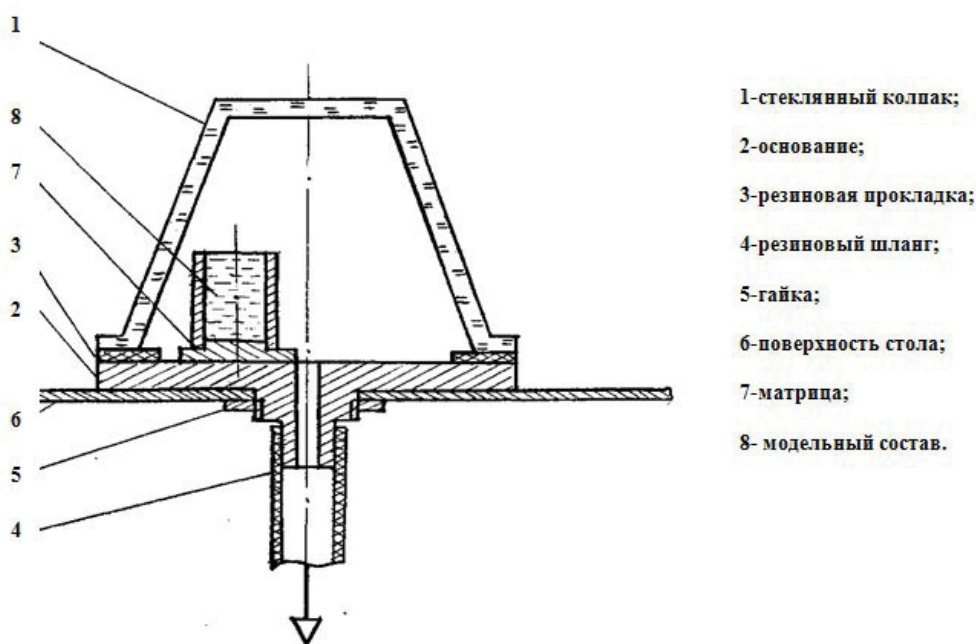


Рис. 3. Схема вакуумной камеры

сопротивления на разрыв, сжатие и изгиб при разных технологических условиях:

- при одинаковой насыпной массе модельного состава и разных усилиях прессования (820...1200 Н);
- при одинаковой насыпной массе и одинаковом усилии прессования (1500 Н);
- с подсыпкой модельного порошка после вакуумирования и при одинаковом усилии прессования (1200 Н).

После изготовления образцов измерялись их геометрические размеры, исследовались плотность, твердость и временное сопротивление на сжатие, растяжение и изгиб.

При анализе всех результатов исследования было установлено, что ПВМ, изготовленные с вакуумированием, имеют удовлетворительную плотность от 0,8 до 0,9 кг/м<sup>3</sup> и с течением времени плотность существенно не изменяется. У невакуумируемых моделей плотность по истечении суток (24 ч) снижалась на 5...7 %.

Прочность ПВМ зависит от объема модели, усилия прессования и массы модельного порошка. Наибольшей прочностью обладают модели, исследуемые на изгиб. Но, как показали исследования прочности различных видов моделей, при воздействии вакуумирования прочность моделей увеличивается на 5...10 %.

Результаты исследования размерной точности показали, что на точность моделей оказывают влияние усилие прессования и конфигурация моделей. При воздействии вакуумирования и соблюдении режима изготовления точность пористых моделей повышается до 5...7 %. Результаты исследования размерной точности ПВМ, полученных при воздействии вакуумирования 0,85·10<sup>5</sup> Па и при усилии прессования 1200 Н, представлены в табл. 1.

После проведения исследований была получена опытная партия ПВМ по предложенной вакуумной технологии для отливок «Втулка», изготовленных методом ЛВМ. Полученные модели просты в изготовлении, обладают высокой размерной точностью и чистотой поверхности, удовлетворительной плотностью и прочностью, отличаются отсутствием усадки и коробления (см. рис. 4). Использование представленного способа изготовления выплавляемых моделей снижает трудоемкость и длительность изготовления моделей и отливок методом ЛВМ.

Таблица 1

Результаты исследований размерной точности ПВМ, полученных без вакуумирования и с вакуумированием модельного порошка и отливок

Объекты исследования	<i>D</i> , мм	<i>d</i> , мм	<i>b</i> , мм	<i>H</i> , мм	<i>h</i> , мм	<i>l</i> , мм
Размеры рабочей полости пресс-формы	12,5	12,05	7,9	7,9	2,0	3,0
Модель вакуумированная 1	12,7	12,2	8,0	8,1	2,1	3,0
Модель вакуумированная 2	12,8	12,2	8,0	8,2	2,2	3,0
Модель вакуумированная 3	12,7	12,2	8,0	8,3	2,1	3,0
Среднее значение размера	12,7	12,2	8,0	8,2	2,13	3,0
Модель невакуумированная 1	12,8	12,3	8,1	8,3	2,2	3,0
Модель невакуумированная 2	12,8	12,35	8,0	8,5	2,35	3,0
Модель невакуумированная 3	12,8	12,35	8,0	8,2	2,3	3,0
Среднее значение размера	12,8	12,32	8,0	8,33	2,3	3,0
Пустотелая отливка с вакуумированием	12,5	12,1	8,0	8,0	2,0	3,0
Отливка, полученная свободной заливкой	12,7	12,3	8,2	8,3	2,2	3,0



Рис. 4. Модели, полученные прессованием порошкообразного модельного состава с предварительным вакуумированием

Таким образом, изготовление пористых выплавляемых моделей холодным прессованием в пресс-формах с предварительным вакуумированием при давлении от 0,8 до  $0,95 \cdot 10^5$  Па и усилию прессования от 1200 до 1500 Н можно рекомендовать для применения в ЛВМ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жилин, С. Г. Управление структурой и свойствами пористых комбинированных удаляемых моделей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Жилин Сергей Геннадьевич – Комсомольск-на-Амуре, 2002. – 19 с.
2. Салина, М. В. Комплексное исследование влияния вакуумирования на размерно-геометрическую точность и физико-механические свойства моделей и оболочковых форм с целью получения качественных точных отливок в литье по выплавляемым моделям: дисс. ... канд. техн. наук / Салина Марина Владимировна. – Комсомольск-на-Амуре, 2005. – 200 с.
3. Шкленник, Я. И. Литье по выплавляемым моделям. / Я. И. Шкленник, В. А. Озеров. – М. : Машиностроение, 1984. – 408 с.