

**Салина М. В.**  
**M.V.Salina**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ЛИТЬЕ ПО ЛЕДЯНЫМ МОДЕЛЯМ**

### **USE OF CRYOTECHNOLOGY IN FOUNDRY. ICE-MOULD FREEZE CASTING**



**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 (Komsomolsk-on-Amur city), E-mail: [salmav@mail.ru](mailto:salmav@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приведен обзор новой разрабатываемой в институте ФТИМС НАНУ технологии изготовления отливок по ледяным моделям. Цель предложенной криотехнологии – экономия материальных и энергоресурсов, а также повышение экологической безопасности литейного производства. В данной статье приводится описание способов получения ледяных моделей и оболочковых форм, а также разработанных модельных составов.

**Summary.** The paper offers a review of the new ice-mould freeze casting technology developed by the Institute of Physics and Technology of Metals and Metal Alloys of the Ukrainian National Academy of Sciences. The goal of the proposed technology is to reduce material cost and save energy, and also to improve environmental safety of foundry industry. The paper describes different methods to make ice-moulds and shell moulds, and also various lost waxes.

**Ключевые слова:** криотехнология, экологичность, ресурсосбережения, ледяная модель, связующее, оболочковая форма, компонент, водная композиция, газифицируемая модель, пенополистирол.

**Key words:** cryotechnology, environmental safety, cost-effective use of resources, ice-mould, binder, shell mould, component, water-based compound, lost pattern, polystyrene.

УДК 621.74.045

Модель играет важную роль при изготовлении литейных форм в литейном производстве. От качества поверхности модели, ее размерной точности, материала и способа удаления зависит и качество получаемых отливок. Наряду с требованиями к качеству возрастают требования к экологичности и материалосбережениям при получении модели.

Литье в песчаные формы остается основным технологическим процессом получения отливок, который охватывает свыше 75 % их выпуска (в России свыше 77 %). Среди конкурирующих технологий наиболее перспективным, с точки зрения экологии, является литье в песчаные вакуумируемые формы. Кроме того, тенденция увеличения количества литейных цехов и участков литья по выплавляемым (ЛВМ, investment casting/lost wax process) и газифицируемым (ЛГМ, lost foam casting) моделям подтверждает спрос промышленности прежде всего на точные виды литья.

В последние годы все шире в литейных цехах используется технология ЛГМ, по которой в песчаной форме модель из пенопласта при заливке замещается расплавленным металлом и таким образом получают высокоточную отливку. Мировая практика свидетельствует о постоянном росте производства отливок этим способом, которое превысило 1,5 млн. т/год, особенно популярно оно в США и Китае (в одном КНР работает более 1,5 тыс. таких участков), где все больше получают отливок без ограничений по форме и размерам. На 1 т годного литья расходуется четыре вида модельно-формовочных (неметаллических) материалов: кварцевого песка – 50 кг, противопопригарного покрытия – 25 кг, пенополистирола – 6 кг,

**Салина М.В.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ЛИТЬЕ ПО ЛЕДЯНЫМ МОДЕЛЯМ**

пленки полиэтиленовой – 10 м<sup>2</sup>. Отсутствие традиционных форм и стержней исключает применение формовочных и стержневых смесей, формовка состоит из засыпки модели песком.



Рис. 1. Модель, полученная из водной композиции

Разработчиком и поставщиком оборудования литья по пенопластовым моделям является институт ФТИМС НАНУ (г. Киев, Украина), который поставил оборудование и запустил ряд участков ЛГМ в России, Польше и Вьетнаме. Из последних объектов 2006 г. – запущен литейный цех на 5000 т/год в Днепропетровске. В литейном производстве России и Украины все больше создается таких цехов. Оборудование для ЛГМ, которое поставляется вместе с чертежами ФТИМС, недорогое и простое в эксплуатации при литье черных и цветных металлов с массой отливки от 0,1 до 2500 кг. Литейный цех ФТИМС (г. Киев) опытного производства изготавливает такие отливки из чугуна, стали, алюминия, медных сплавов до 50 т в месяц (см. прим. 1).

Развитие ледяных технологий – это еще один шаг в завтрашний день литейного производства с новым уровнем экологической культуры. Еще в 1923 г. польский геофизик А. Б. Добровольский в своей монографии "Естественная история льда" отрасль науки о льде во всех его видах и проявлениях предложил называть криологией. Термин «криотехнология» пока распространен лишь среди медиков и создателей холодильной техники, а лед как материал для изготовления промышленных конструкций еще не нашел широкого применения.

Параллельно с совершенствованием технологии литья по газифицируемым моделям из пенополистирола в институте ФТИМС НАНУ под руководством профессора О.И. Шинского разрабатывается способ получения отливок по одноразовым моделям из льда как конструктивного или матричного материала с незначительными добавками или примесями. Технология изготовления отливок этим способом предусматривает использование такой же модельной и формовочной оснастки, что и при ЛГМ.

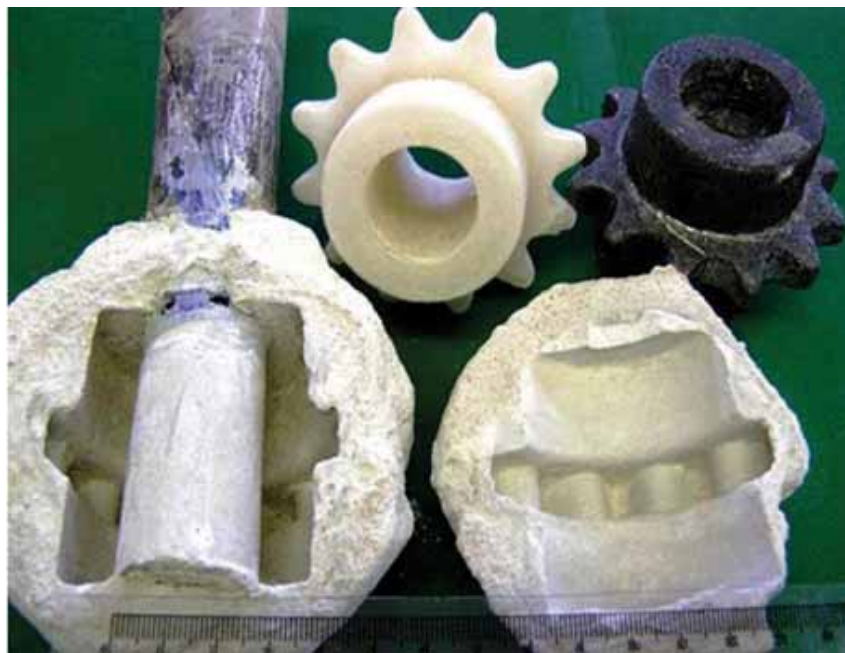


Рис. 2. Оболочковые формы, полученные по ледяным моделям

Привлечение криотехнологии в литейное производство, прежде всего, связано с заменой органических материалов для изготовления одноразовых литейных моделей или с заменой связующих для песчаных литейных форм на лед в целях ресурсосбережения и повышения экологической безопасности производства. Так как форма состоит из сухого песка и модели из льда, то исключается горение связующих материалов в песчаной смеси при заливке металлом формы, а также газы выделения в цех. Исключен вывоз в отвал спеченных песчаных отходов (обычно до 4 т смеси на 1 т полученных отливок), который присутствует в традиционных технологиях литья в песчаную форму. Разрабатываемая институтом ФТИМС НАНУ криотехнология защищена десятками патентов на изобретения [2] (см. прим.2).

Разработчиками предложены три способа изготовления оболочковых форм с использованием связующих либо холоднотвердеющих композиций. В первом – модель служит носителем связующего материала, а облицовочная или единая песчаная смесь может содержать отвердитель. Во втором – модель является носителем отвердителя, а песок – связующего. В третьем – модель состоит из чистой воды (наиболее экологически благоприятный вариант) (см. рис. 1). Оболочковая форма изготавливается путем засыпки песка в контейнер с ледяной моделью и виброуплотнения. После того, как модель растает и пропитает песок, образуется песчаная корка толщиной 3...8 мм. При получении оболочки в ее состав достаточно вводить 0,3...0,4 % связующего от массы песка в контейнере, что примерно на порядок меньше, чем вводят в традиционных формах из холоднотвердеющих песчаных смесей (ХТС) со связующим.

Разработка составов замораживаемых водных композиций, в которых один компонент связующего находится в модели, а другой в окружающей ее песчаной смеси, показала достаточно хорошую технологичность получения оболочковых форм путем пропитки их водным составом от тающей модели. В одном из примеров использовали ледяные модели из водного раствора жидкого стекла плотностью  $1,08 \text{ г/см}^3$ , а в песчаной смеси – быстротвердеющего цемента. Продолжительность твердения оболочки от начала таяния модели массой 0,2...0,5 кг составляла от 6 мин и более, после полного расплавления модели остаток (не пропитавший окружающий песок) модельной композиции выливали из затвердевшей оболочки, а оболочковую форму направляли на подсушку или заливку металлом с небольшим вакуумированием (см. рис. 2).

Как показали практические исследования, наиболее технологичными для ледяных моделей являются разработанные составы водных композиций с водорастворимыми связующими и ПАВ, например, композиции с добавлением 10 % полимерного реагента таких видов:

**Салина М.В.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ЛИТЬЕ ПО ЛЕДЯНЫМ МОДЕЛЯМ**

крахмалита (ЭКР по ТУ 18-8-14-80); КМЦ; дисперсии ПВА; раствора жидкого стекла плотностью 1,08...1,09 г/см<sup>3</sup>. Эти гелеобразователи путем пропитки создают зону пониженной газопроницаемости поверхностных слоев песчаной формы, герметизируют и приближают ее свойства до вакуумно-пленочной формы, а при затвердевании связующего создают оболочковую форму.



Рис. 3. Пресс-формы для получения ледяных моделей

Способы получения оболочковых форм с герметизирующими и противопригарными свойствами позволили отработать технологию образования стабильно устойчивой песчаной поверхности рабочей полости формы. Эта технология основана на многократном использовании сыпучих материалов: кварцевого песка или песчаной смеси, которые пропитываются талой жидкой композицией модели. Избыток этой композиции выливается или откачивается из полости формы (с возможностью повторного использования), и получают достаточной прочности формы для заливки металлом. Литьем в такие оболочковые формы были получе-



ны из черных и цветных металлов отливки шестерен и полумуфт, как формовкой одной ледяной модели со стояком, так и блока из двух и более моделей (см. прим. 2, 3). Также разработаны оригинальные способы нанесения на ледяные модели синтетической пленки с последующим использованием технологии вакуумно-пленочной формовки.

В ходе создания научных основ криотехнологии модельного и формовочного производства были проведены исследования тепло- и массообменных процессов при изготовлении одноразовых ледяных моделей, а также их таяния при получении песчаной литейной формы. Физико-аналитическое моделирование тепловых процессов, возникающих при замораживании моделей, позволило получить математическую зависимость температуры охлаждения пресс-формы от требуемой толщины твердого поверхностного слоя модели и создать технологию изготовления модели заливкой водной композиции в пресс-форму без ее специальной герметизации (см. рис. 3). Определены закономерности роста кристаллов льда при замерзании модели и роста дендритных структур, что дало возможность практического подхода к измерению площади фронта кристаллизации ледяной литейной модели. В результате исследования деструкции ледяной модели методом гравиметрии литейной формы определена зависимость изменения массы образца ледяной модели от времени ее таяния. На основании исследований гидродинамики при проникновении жидкого продукта деструкции одноразовой ледяной модели в толщу песка вакуумированной формы под действием градиентов газового давления и концентрации модельного материала разработан способ изготовления оболочковых форм путем пропитки связующим, в котором модель служит носителем этого связующего (см. прим. 4, 5).

Применение криотехнологии для литья по одноразовым ледяным моделям деталей из металлов для машиностроения исключает или минимизирует использование полимеров или связующего для песка в литейной форме, заменяет органические (пенопластовые или парафино-стеариновые выплавляемые) модели на ледяные, а такой процесс производства отливок полностью соответствует экологически чистым безотходным технологиям.

Криотехнология в литейном производстве позволяет получать отливки из чугуна, стали, алюминия, медных и других сплавов. Такой процесс производства отливок полностью соответствует экологически чистым безотходным технологиям по принципу «*просто добавь воды*» (см. прим. 2).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилин, И. В. Литье по ледяным моделям / И. В. Гаврилин // Литейное производство. – 1994. – № 9. – С. 14-15.
2. Пат. 80381 Украина МПК В22С 9/02, В22С 7/00. Способ изготовления отливок / О. И. Шинский, В. С. Дорошенко; заявитель и патентообладатель ФТИМС НАНУ (г. Киев, Украина). – Оpubл. 2007, Бюл. № 14.
3. Шинский, О. И. Особенности передачи тепла в пористых охлажденных формообразующих материалах / О. И. Шинский, И. В. Ткачук, И. Б. Васильев // Процессы литья. – 1997. – № 4. – С. 58-63.

## ПРИМЕЧАНИЯ

1. Оптимальная технология для отечественного литейного производства. Литье по пеномоделям. – Режим доступа: <http://www.biznet.ru/topic31376.html>.
2. От литья металлов по одноразовым моделям из пенопласта к литью по ледяным моделям (просто добавь воды). – Режим доступа: [http://forum.i-mash.ru/topic\\_158](http://forum.i-mash.ru/topic_158).
3. Дорошенко, В. С. Производство отливок из металла по ледяным моделям / В. С. Дорошенко. – Режим доступа: <file://localhost/mht>.
4. Дорошенко, В. С. Эко-крио-технология литья металлов по ледяным моделям (просто добавь воды) / В. С. Дорошенко. – Режим доступа: <http://ecofriendly.ru/eco-krio-tekhnologija-litja-metallov-po-ledyanym-modelyam-prosto-dobav-vody>.
5. Цикл по технологии литья металлов (производство отливок) по ледяным моделям. – Режим доступа: <http://www.eco-time.com.ua/publications-31.html>.