

## ИННОВАЦИЯ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЬДА ДЛЯ ОТЛИВОК ИЗ МЕТАЛЛОВ

В. С. Дорошенко

резюме

**Возобновляемые ресурсы — это природные ресурсы, запасы которых или восстанавливаются быстрее, чем используются, или не зависят от того, используются они или нет. Термин был введен в обращение как антитеза понятию «невозобновляемые ресурсы» — ресурсы, запасы которых могут быть исчерпаны при существующих темпах использования. Для наших широт воду (в трех ее агрегатных состояниях) вполне резонно назвать природным возобновляемым материалом.**

Использование льда в литейном производстве является экзотикой и обычно связано с описанием литья в песчаную замороженную форму, когда лед служит связующим песка. Этот вид формовки, активно разрабатываемый профессором В. М. Грузманом [1], вошел в литейные справочники многих стран. Также имеется ряд патентов ледяных литейных моделей двух видов: многоцветных, извлекаемых из песчаной формы и одноразовых разрушаемых в ней. Последние описаны в короткой статье И. В. Гаврилина [2] и отдельных работах литейщиков США и КНР. Практически лед не используют в технике как конструкционный материал, особенно в таких вариантах как пенолед, микро- и макроармированный.

Кроме того, стремительное развитие литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) в вакуумируемые формы (ВФ) из сухого несвязанного песка, в том числе усилиями киевской научной школы под руководством профессора О. И. Шинского [3] в

институте ФТИМС НАН Украины, специалистами которой проведены эксперименты по регулированию охлаждения отливки путем дозированного поглощения воды в песок ВФ, показало перспективность (с точки зрения экологии и возобновления ресурсов) литья по ледяным моделям в ВФ, в частности, при принудительном впитывании продуктов тающей модели в песок. Дело в том, что ЛГМ в ВФ дает отличную от традиционных форм со связующим организационную структуру (архитектуру и логику операций) технологии

формовки, обладающую немалым потенциалом варьирования. И в эту структуру технологии ЛГМ концептуально вполне вписывается литье по ледяным моделям.

Так были предложены и запатентованы способы получения оболочковой формы вокруг одноразовой ледовой модели, в которых впитываемые в песок жидкие продукты модели использовали: 1) как реагент-отвердитель близлежащего слоя формы при добавке в песок сыпучего материала (гипс, цемент с бентонитом, крахмалитом и др.), твердеющего при контакте с этим отвердителем и, в том числе, наносимого в виде облицовочного слоя (покрытия) на модель; 2) как носитель связующего, которое осаждается (нефильтрат) в поверхностном слое формы, связывает и в значительной мере герметизирует его, а растворитель-вода впитывается в глубину песка и до 50% высыхает.



**Фото 1, 2. Ледяные модели различных шестерен (лед с добавками до 10% связующего — жидкого стекла или крахмалита).**

Оболочковую форму получали путем таяния модели в вакуумируемом песке формы, а затем песок высыпали из отверстия в контейнере формы диаметром 15 мм подобно песочным часам. Не высыпалась только оболочковая форма (на фото 3). Она имеет трубчатый литник (стояк), изготовленный из фольги (1-2 слоя) и покрытый полиэтиленовой пленкой. Применение электрофенов мощностью 1-2 кВт для дутья в отверстие этого литника ускоряет плавление модели до 3-5 мин., а вакуумирование формы на уровне 50 кПа быстро впитывает талую водную композицию и подсушивает показанную выше оболочку, которую получали, выполнив весь цикл формовки, за 15-20 мин. В других версиях техпроцесса для предотвращения случаев эрозии песчаной поверхности потоком воздуха применяли способ герметизации полости формы жидкостью, состоящей из воды талой модели и дополнительно долитого раствора связующего (часто нагретого и служащего теплоносителем для ускорения таяния), затем жидкость удаляли перед заливкой формы металлом, а оболочковую форму либо извлекали из песка, либо заливали металлом в вакуумируемом песке.

Развитие описанной технологии формовки, кроме повышения экологической культуры производства ввиду минимального использования связующего в форме и его горения в контакте формы с отливкой, предполагает один из путей ресурсосбережения кварцевых формовочных песков и ослабления проблемы отходов формовочных смесей, которые составляют в литейном производстве до 6 т на 1 т литья (4-го класса экологической опасности). Ведь только в РФ производство превысило 7 млн т отливок в год, из них свыше 75% — литье в песчаные формы. Ка-

чество таких форм определяется во многом качеством формовочных песков — величиной их зерен, содержанием в них глины, вредных примесей, соотношением между разными размерами зерен и др. Примеси песка снижают адгезию связующего к поверхности песчинок, что влечет за собой неоправданное увеличение его содержания в смеси, снижается прочность и растет газотворность смеси, увеличивается опасность разупрочнения форм жидким металлом, что приводит к ухудшению качества отливок.

Поэтому для уменьшения содержания связующего, повышения прочности смеси и уменьшения ее разупрочнения при контакте с жидким металлом применяют обогащенные пески после удаления из них глины, вредных примесей и пылевидной фракции, что делает их не менее чем в 2 раза дороже природных. Они получили применение для изготовления форм и стержней из холодно-твердеющих смесей (ХТС), особенно с дорогими связующими, такими, как синтетические смолы. Есть цеха, где недопоставка заложенных в ТИ марок песков (достаточной крупности с глинистой ниже 2%) для смесей типа жидкоподвижных самотвердеющих смесей (ЖСС) вынуждает для создания жидкоподвижности вводить в замес избыток влаги. Это приводит к последующей сушке форм в сушиле или переносными горелками, хотя изначально не предусмотрено разработчиками смесей и понижает эффективность технологии ЖСС, внося дополнительные энерго- и трудозатраты. По сути, теряется технология, созданная в 70-е годы в СССР.

Качественные пески в природе ограничены. В то же время свойства формовочных смесей на регенерированном песке (прошедшем ряд превращений в



**Фото 3. Отливка, ее ледяная модель и полученная по этой модели оболочковая форма.**

форме при нагреве) и качество получаемых отливок обычно не хуже, чем на свежих формовочных песках. Причины малого применения этого вида рециклинга — отсутствие выпуска оборудования для регенерации, а также несложных эффективных и неэнергоёмких технологий. Регенерация отработанных смесей уменьшает объемы их вывоза из литейных цехов и площади свалок этих экологически вредных отходов.

В связи с ухудшением качества формовочных песков (не в последнюю очередь по причине многолетнего одноразового их использования для ХТС), увеличением добычи мелкозернистых песков группы 016 и доли этой фракции в песках 020 при исчезновении практически песков 0315, ростом содержания в них глины, вредных примесей и пылевидной фракции одним из способов улучшения качества отливок является расширение применения оболочковых форм. Это один из наиболее рациональных путей экономного использования дорогостоящих формовочных материалов. При этом требования к формовочным смесям для глубинных слоев формы значительно снижаются. Для них пригодны тощие (с глинистой составляющей 2-10%), полужирные (10-20%), жирные (20-30%) и очень жир-

ные пески (30-50%), природные формовочные кварцевые пески (ГОСТ 2138-84), которые в действительности есть песчано-глинистые смеси. При этом решаются также вопросы улучшения податливости, выбиваемости и создания направленного газового режима в форме.

Кардинальным решением по ресурсосбережению песков может быть переход на литье в формы без связующего, какими являются вакуумируемые песчаные формы, где рециклинг песка составляет 95-97% и выше. Они применяются в процессах вакуумно-пленочной формовки (ВПФ), а также ЛГМ. Темпы создания и совершенствования разновидностей этих технологий впечатляют, они годами имеют стабильный прирост количества патентов, исчисляемых сотнями в год, ведущие мировые компании авто-, двигателе- и приборостроения — среди владельцев этих патентов. Эти технологии сегодня не имеет ограничений на конфигурацию отливок, марку металла, развес отливки (от 0,1 кг до 5 т и более). Они используют в многократном обороте сухой песок, расход которого часто достигает всего до 50 кг на тонну отливок.

Наиболее простой метод термической регенерации отработанного сухого песка, применяемый во ФТИМС, заключается в просыпании песка по наклонной горячей (~600°C) чугунной плите (как сковородке) с «пупырышками», когда песчинки, перека-

тываясь по ней, теряют путем дожигания остатки пленок от неполной деструкции связующего полимера. Кроме того, вакуумирование песка формы одновременно подвергает его очистке от пыли, которая осаждается в циклоне перед вакуум-насосом. Применение пневмотранспорта еще более упрощает обеспыливание песка в осадителях. Технологическое оборудование для охлаждения-очистки и накопления песка для формовки обычно монтируют вдоль внешней стороны литейного цеха, т. к. сухой песок не боится мороза, а такое расположение оборудования на открытом воздухе способствует охлаждению песка и экономит площади цеха. Под крышей таких цехов уже не увидите многометровые конвейеры со свежими и отработанными смесями, «батареи» бункеров, бегунов, сложные массивные формовочные машины, ведь пескооборот уже на улице, со всеми шумами и пылью. Указанные технологии литья в вакуумируемые формы из сухого многократно рециркулируемого и постоянно частично или полностью регенерируемого песка не только способствуют ресурсосбережению, но и заметно повышают экологическую культуру производства.

Возвращаясь к развитию ледяных технологий как одному из шагов в завтрашний день промышленного экологически безопасного производства, отметим, что по нашему мнению

бум криотехнологий в материальном производстве еще только предвидится (по сравнению с сегодняшним вниманием к нанотехнологиям). Еще в начале прошлого века польский геофизик А. Б. Добровольский отрасль науки, изучающей лед во всех видах и проявлениях, предложил называть криологией [4]. Создание и опробование этих технологий в литейном производстве привлекает в качестве производительного ресурса огромный массив междисциплинарных знаний в том числе из области коллоидной и физической химии, поверхностных явлений, термодинамики неравновесных процессов и др., однако создание и оптимизация таких способов литья дает высокотехнологичные способы получения отливок как вклад в решение эко- и ресурсосберегающую проблематику в той области деятельности, где мы сегодня обладаем запатентованными приоритетами.

## Литература

1. Грузман, В. М. Теория и технология литья в замороженные формы: дис. ... д-ра техн. наук; Уральский гос. техн. ун-т — Екатеринбург: УПИ. — 1993.
2. Гаврилин, И. В. Литье по ледяным моделям // Литейное производство. — 1994. — № 9. — с. 14-15.
3. Шинский, О.И., Ткачук, И.В., Васильев, И.Б. Особенности передачи тепла в пористых охлажденных формообразующих материалах // Процессы литья. — 1997. — № 4. — с. 58-63.
4. Dobrowolski, A. B. Historia naturalna lodu — Warszawa. — 1923.