



Криотехнология.

Получение металлических отливок арматуры по ледяным моделям

В.С. Дорошенко, к.т.н., с.н.с. • Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев,
e-mail: dorosh@inbox.ru, тел.: 38(066)1457832

Криотехнология литья из черных и цветных металлов по ледяным моделям позволяет устранить из литейного производства органические материалы. Это повышает экологическую безопасность производства, снижает себестоимость отливок и способствует решению проблем ресурсосбережения

Литье металлических заготовок — основной вариант заготовительной стадии производства в машиностроительной отрасли. Объемы производства литых заготовок находятся в пропорциональной зависимости от объемов производства машиностроения, так как доля литых деталей в автомобилях, тракторах, комбайнах, танках, самолетах и других машинах составляет 40-50%, а в металлорежущих станках и кузнечнопрессовом оборудовании доходит до 80% массы и до 20% стоимости изделия.

При этом по степени ущерба, наносимого окружающей среде, литейно-металлургический комплекс занимает второе место среди отраслей промышленности после топливно-энергетического комплекса. Кроме того, одна из главных причин ухудшения экологической обстановки в нашей стране заключается в том, что на единицу конечной продукции потребляется в несколько раз больше сырья, материалов, воды, чем в развитых странах [1]. Нет сомнений, что охрана окружающей среды, предупреждение нарушения экологического равновесия являются важными условиями развития литейного производства. При этом решающая роль отводится малоотходным и безотходным технологиям, обеспечивающим

охрану природы на более высоком качественном уровне, поскольку «устойчивое развитие — это гармоничное экономическое развитие, удовлетворяющее принципам социальной справедливости и экологической ответственности» (формулировка ООН).

Сегодня в действующих литейных цехах России и Украины при производстве 1 т отливок из чугуна и стали выделяется около 50 кг пыли, 250 кг окиси углерода, 1,5-2,0 кг окиси серы, 1 кг окиси углеводородов и образуется до 5 т твердых песчаных отходов [1]. Особенно экологически небезопасны процессы с использованием синтетических смол и других органических связующих, которые дают до 70% загрязнений природной среды от литейных цехов [1], поэтому по оценкам экспертов будущее — за связующими неорганического происхождения.

Криотехнология получения металлоотливок в песчаных формах является одним из направлений инновационного процесса в литейном производстве. Она относится к малоотходным и безотходным технологиям, обеспечивающим охрану окружающей среды, вытесняя органические материалы из процессов изготовления литейных форм. Высокие нормы ресурсосбережения достигаются многократным использованием формовочных материалов. С каждым годом в мире неуклонно возрастает производство отливок литьем по разовым моделям, поскольку эти способы точного литья способствуют уменьшению металлоемкости отливок и повышению их качества.

Привлечение криотехнологии в формовочные процессы, в частности, для получения песчаных форм по разовым ледяным моделям, вызвано возможностью минимизации применения неорганических материалов (в т. ч. связующих) путем получения оболочковых форм. **Применение при этом агрегатных переходов воды (из жид-**

кого в твердое при замораживании модели, опять в жидкое — таяние модели при освобождении полости формы, а затем испарение при сушке увлажненной формы) в какой-то мере подобно кругообороту воды в природе. Эта вода для ледяных моделей на 30–90% и сухой песок формы на 80–90% (за вычетом песка, участвующего в образовании оболочки путем пропитки — увлажнения), может использоваться многократно.

Разработана разновидность вакуумной формовки по ледяным моделям (упакованным в пенку), при которой вода не попадает в песок формы и может полностью использоваться повторно наряду с многократным использованием песка. Такая технология относится к криовакуумным процессам, в которых сухой песок формы (без связующего) уплотняется под воздействием вакуума, а литейные формы подключаются трубопроводами к вакуум-наосу [2]. При этом литье по ледяным моделям совмещается с вакуумно-пленочной формовкой (ВПФ), которая является наиболее экологически безопасным способом песчаной формовки и за рубежом за последние годы перешла из разряда спецвидов литья в основные способы производства отливок в разовые песчаные формы [1]. При ВПФ газы, возникающие при заливке расплавленного металла в литейную форму, практически полностью откачиваются вакуум-наосом из формы, а отсутствие связующего в сухом кварцевом песке снижает до минимума такое газовыделение.

Экологические преимущества литья по ледяным моделям очевидны при замене ими традиционно применяемых выплавляемых, чаще всего парафино-стеариновых, моделей (способ ЛВМ) или газифицируемых (выжигаемых) расплавом металла моделей из пенополистирола при заливке литейной формы (способ ЛГМ). При ЛВМ расход модельного состава на тонну годных отливок составляет 40...90 кг при 10% потерь, большая часть из которых происходит при прокаливании в термических печах оболочковых форм при высоких температурах и выгорании не удаленного из них модельного материала. Это ведет к дымовыделению в литейном цеху, требует установки вытяжной вентиляции и очистки газов, выбрасываемых в атмосферу.

Что касается использования пенополистирола для моделей, то его расход составляет порядка 6...6,5 кг на тонну отливок, но он теряется путем сгорания или испарения на 100%. При горении без образования твердого остатка выделяется на 1 м³ материала при плотности 25 кг/м³ около 267 м³ дыма с высоким содержанием токсичных продуктов сгорания, главным образом СО (ОСТ 301-05-202-92Е). Показано, что сгорание пенополистирола толщиной 3 см и площадью 1,7 м² (0,051 м³) создает для человека смертельную концентрацию летучих продуктов. Это подтверждается и исследованиями Химического факультета МГУ под руководством профессора А.Т. Лебедева, которые выявили возможности выделения фосгена при горении пенополистирола. Поэтому отходы пенополистирола не подлежат сжиганию подобно углю, дровам и

т.п., так как при термодеструкции полимера полистирола выделяются токсичные газы.

Применение пенополистирола по способу ЛГМ в настоящее время обязательно сочетается с вакуумированием формы, откачиванием продуктов его деструкции и обезвреживанием их путем каталитического дожигания (до полного разложения углеводородов до СО₂ и Н₂О) перед выбросом в атмосферу. Однако, такие установки дожигания весьма дорогостоящи и не всегда могут использоваться, а литейные формы для экономии электроэнергии вакуумируют короткий период времени, и часть сконденсированного в песке полистирола может разлагаться в цехе под действием тепла отливки. Это, как и при ЛВМ, требует достаточно энергоемкой вытяжной вентиляции и очистки газов, но в реальном литейном цеху часто не освобождает его от запаха горения органических веществ и местных источников дыма.

Понимая такой аспект модернизации литейного производства, как создание комфортных условий для существования и деятельности человека, в настоящее время ФТИМС НАН Украины патентует три разновидности способа изготовления по разовым ледяным моделям песчаных оболочковых форм из сыпучего формовочного материала [2]. При этом оболочка образуется путем затвердевания в ней самотвердеющей композиции при введении в контакт отвердителя со связующим. 1-й вариант: ледяная модель служит носителем отвердителя, а облицовочный слой песка — связующего. Во 2-м — ледяная модель служит носителем связующего, а сухая песчаная облицовочная смесь содержит отвердитель. Наиболее экологически благоприятный 3-й вариант: модель замораживается из чистой воды, которая не вступает в реакции отверждения формовочной смеси с добавками реагентов отвердителя и связующего, но без воды эти реакции не идут. Во всех трех способах подбирали составы связующих композиций с максимальной скоростью твердения, зачастую выискивая в технической литературе отвергнутые составы холоднотвердеющих песчаных смесей (ХТС) по причине их малой «живучести».

При изготовлении оболочковой формы путем засыпки песка в контейнер с ледяной моделью виброуплотнения, таяния модели и пропитки песка получали песчаную корку толщиной 4...8 мм и более. При этом в составе оболочки находится не более 0,3...0,4% связующего от массы песка в контейнере, что на порядок меньше, чем в традиционных формах из ХТС. В исследованиях упор делали на применение неорганических связующих.

Составы ледяных моделей, в которых один реагент связующей композиции находится в модели, а другой — в окружающей ее песчаной смеси, показали достаточно хорошую технологичность получения оболочковых форм путем пропитки водным составом от тающей модели. Например, для ледяных моделей из водного раствора жидко-



го стекла плотностью 1,08 г/см³ использовали песчаную смесь с добавлением быстротвердеющего цемента, в процессе пропитки которой твердение получаемой оболочки (толщиной на глубину пропитки) от начала таяния модели (модельного блока) массой 0,2...0,5 кг составляло 6...10 минут. После расплавления остаток модельной композиции, не пропитавший окружающий песок, выливали из затвердевшей оболочки, а оболочковую форму направляли на подсушку, либо обрабатывали заливку металлом в сухом наполнителе с вакуумированием формы.

Создание и обработка способов получения оболочковых форм с противопригарной и мелкозернистой облицовкой (покрытием) вокруг разовой ледяной модели закладывает основу новой крио- (криовакуумной) технологии литья мелких и средних металлозаготовок. Она исключает или сводит к минимуму использование органических полимеров: связующего для песка оболочковой литейной формы, заменяет пенопластовые или выплавляемые парафино-стеариновые модели на ледяные. Такая криотехнология литья по разовым моделям соответствует экологически чистым безотходным технологиям с использованием принципа «просто добавь воды».

Поскольку в описанной технологии отсутствуют дорогостоящие материалы и оборудование, то это позволяет рекомендовать ее (еще на стадии обработки до промышленного уровня) в качестве приемлемой методической тематики в учебных институтах для выполнения студентами-литейщиками НИР, курсовых и дипломных работ. Замораживают модели при температурах не ниже минус 15...18 °С (для ускорения последующего таяния их в форме), для чего достаточно бы-

товой морозильной камеры. Наблюдение образования поликристаллической структуры прозрачной модели, формовка в сухом песке, удаление модели, извлечение из сухого наполнителя и сушка оболочки охватывают почти все процессы модельно-формовочной тематики (с рядом фазовых переходов), с физико-химическим подбором модельно-связующих композиций, процессами тепло-массообмена и поверхностными явлениями. Такой инновационный характер обучения при ознакомлении с новыми криовакуумными технологиями, оценка их экологичности, энерго- и ресурсосберегаемости даст преимущества молодым специалистам для применения их на производстве.

Криотехнология литья из черных и цветных металлов по ледяным моделям защищена институтом ФТИМС НАН Украины (г. Киев) десятками патентов на изобретения. Существующее финансирование науки не позволяет ученым быстро внедрить эту технологию, поэтому мы ведем поиск научных и инженерных партнеров для совместных исследований и внедрения такого вида литья в производство в целях решения проблем экологии и ресурсосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко С. С., Кривицкий В. С. Направления модернизации литейного производства региона // *Литейщик России*. – 2011.- №9.- С.27-32.
2. Дорошенко В. С. Многовариантность использования ледяных моделей при литье в песчаные формы // *Металл и литье Украины*. – 2010.- №12. – С. 17 – 26.



Ледяные модели для получения металлических отливок