

УДК 621.074

Л.И. ЛЕУШИНА, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Металлургические технологии и оборудование» (НГТУ)
г. Нижний Новгород

ВАРИАНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТОЧНОМ ЛИТЬЕ

Для производства заготовок ответственных деталей машин отечественные машиностроительные предприятия достаточно широко используют способ литья по выплавляемым моделям. Так, в Приволжском федеральном округе более 300 машиностроительных предприятий реализуют технологический процесс точного литья; этот способ обладает таким достоинством, как высокая точность геометрии получаемых отливок, позволяющая минимизировать затраты на последующую механическую обработку отливок до получения готовой детали. Однако имеются и недостатки: дороговизна применяемых материалов и длительность производственного цикла.

Отливки, изготавливаемые точным литьем, находят применение во многих отраслях промышленности: машиностроении, производстве технологического оборудования, электротехнике и точной механике, автомобилестроении, лабораторной и измерительной технике, электронике, производстве насосов и арматуры, авиационной, атомной, оборонной промышленности и др. (например, для изготовления рабочих колес, направляющих аппаратов, тонкостенных корпусов, патрубков и выхлопных труб в автомобилях, нагнетателей технологического газа и т.д.).

Получение качественного литья зачастую связано с разрешением целого перечня таких проблем, как высокий процент брака, значительные технологические потери при плавке и производстве литья, высокие энергетические затраты, нерациональное использование материалов, значительное образование отходов. Каждая из названных проблем на сегодняшний день актуальна для большинства промышленных предприятий; их решение находится в русле практической реализации концепции бережливого производства.

По итогам мониторинга производства ряда заводов Нижегородского региона, который был проведен при непосредственном участии автора, возник ряд предложений по снижению их остроты. Так, проблема рационального использования ресурсов может быть решена в том числе за счет:

- снижения брака литья (например, путем применения соответствующих мер по повышению трещиностойкости оболочковых форм) [1];
- повышения доли использования возврата в шихте посредством применения технологических приемов очистки расплава от примесей (рафинирования).

Для экономии энергии предлагается применять разработанную автором технологию низкотемпературного прокаливания оболочковых форм, основная идея которой заключается в использовании кислородсодержащего окислителя и упрочняющих добавок, вводимых в материал оболочковой формы, начиная со

второго слоя оболочки. Это позволит при более низкой температуре и сокращенной длительности пребывания формы в печи (относительно базового варианта) добиться полного удаления остатков модельной композиции, завершения основных превращений в связующем материале оболочковой формы, а также спекания огнеупорного материала оболочки на основе кварца для обеспечения прочности формы [2].

Варианты термовременного режима низкотемпературного прокаливания оболочковых форм с кислородсодержащими добавками без опорного наполнителя (рисунок 1) и в опорном наполнителе (рисунок 2), позволяют минимизировать временные и энергетические затраты на операцию прокаливания керамических оболочек.

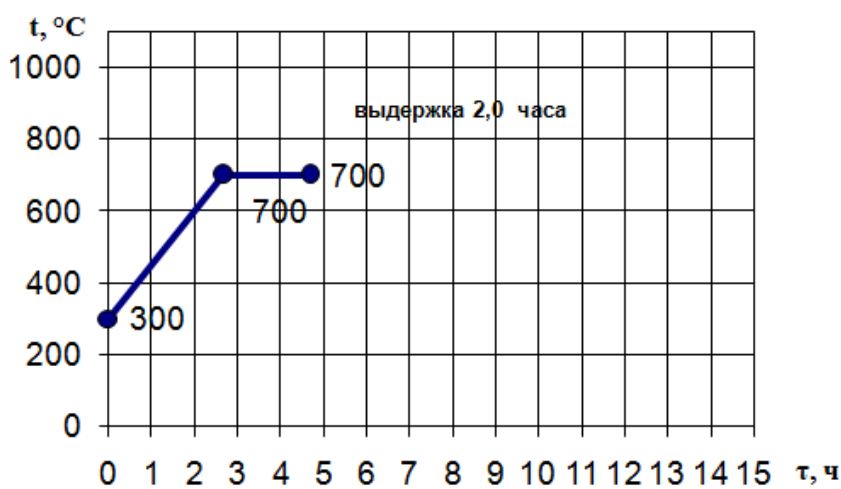
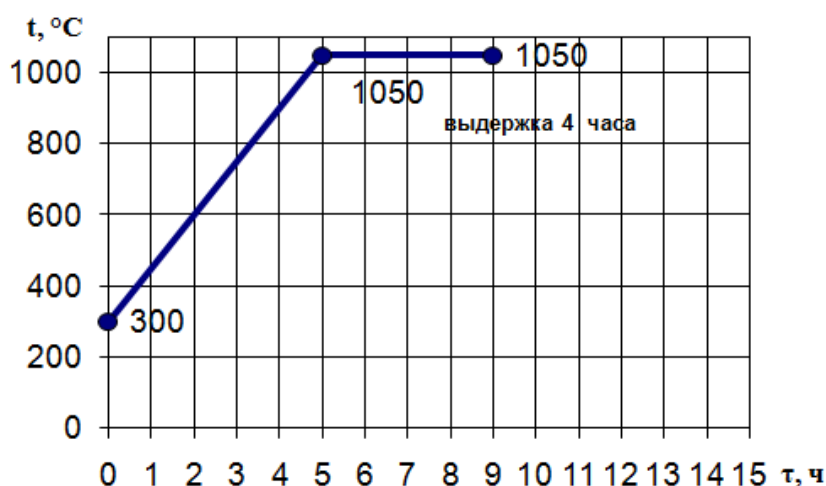


Рисунок 1. Термовременные режимы прокаливания оболочковых форм без опорного наполнителя

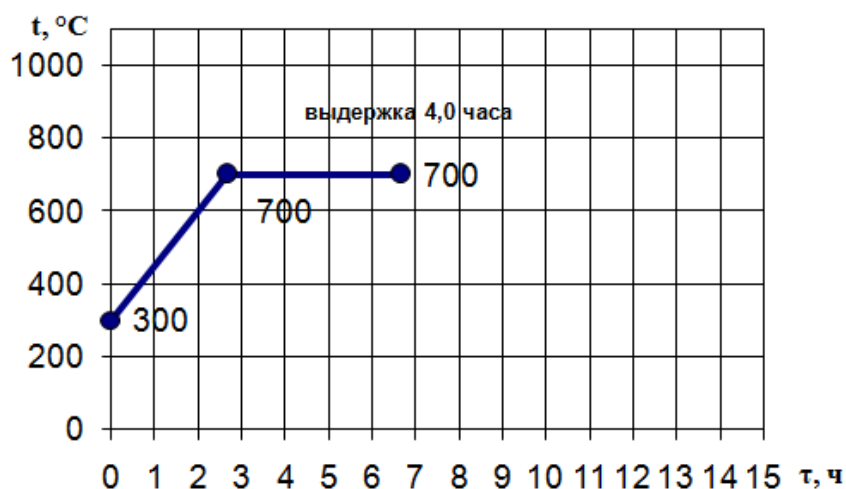
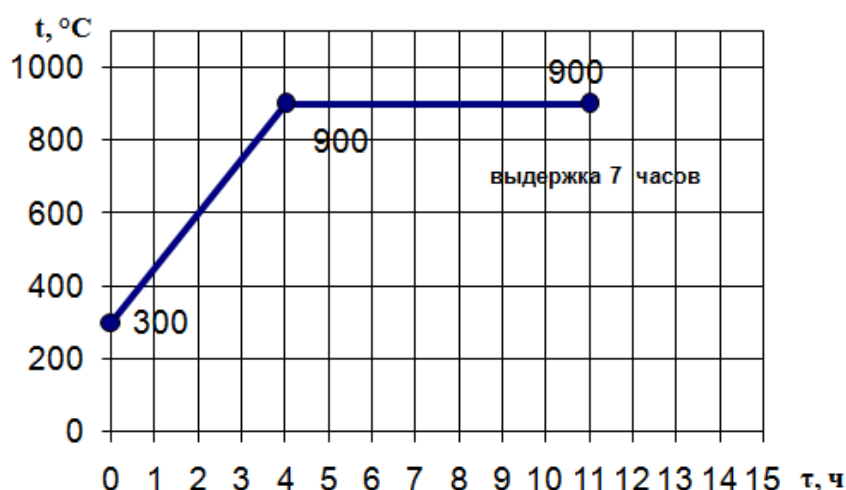


Рисунок 2 – Термовременные режимы прокаливания оболочковых форм в опорном наполнителе

Реализация предложенной технологии на производстве одного из предприятий Нижегородской области позволила сократить энергозатраты на проведение операции прокаливания форм при стальном литье по выплавляемым моделям в 2,0-2,5 раза при сохранении высокого качества получаемых отливок. При этом не потребовалось существенных организационно-технических мероприятий, зато появилась возможность замены дорогостоящих высокотемпературных прокалочных печей (с рабочей температурой свыше 1000°C) на более дешевые среднетемпературные (с рабочей температурой от 500°C). В дополнение к сказанному было обеспечено существенное увеличение эксплуатационного ресурса опочной оснастки для прокаливания оболочковых форм.

Проблема ресурсосбережения в точном литье может быть решена и за счет вовлечения в технологический цикл техногенных отходов собственного и сторонних предприятий (например, может использоваться абразивная пыль электрокорундовых шлифовальных кругов обработки деталей из черных сплавов, шламы селитровых ванн или отработанная модельная композиция).

Использование в качестве обсыпного материала отходов абразивной обработки деталей из черных сплавов (абразивная пыль шлифовальных кругов

обработки деталей из черных сплавов), представляющего собой механическую смесь электрокорунда, железной окалины и железа, позволяет обеспечить повышение прочности оболочковых форм. Последнее осуществляется за счет создания железом своеобразного армирующего каркаса с высокой теплопроводностью. Также это позволит увеличить трещиностойкость форм из-за присутствия в материале оболочки электрокорунда с коэффициентом линейного термического расширения, который является существенно меньшим, нежели у кварца. Кроме того, одновременное присутствие в составе материала окислов железа и алюминия создает предпосылки для образования в рабочем слое оболочки при высоких температурах шпинелей ферраллитного типа, способных удерживать большое количество влаги, что, в свою очередь, обеспечивает ускоренное спекание керамики [3].

В термических цехах в качестве отходов технологической операции отпуска зачастую выступают техногенные отходы двух видов: водный раствор натриевой (калиевой) селитры и придонный осадок (шлам, относящийся к отходам 3 класса опасности). Перед отправлением на утилизацию проводится окончательное разделение водного раствора селитры и придонного осадка. Годовые объемы образования этих отходов весьма существенны, а затраты на их утилизацию высоки.

Рабочей группой сотрудников кафедры «Металлургические технологии и оборудование» НГТУ им. Р.Е. Алексеева было предложено использовать водный раствор селитры (кислородсодержащее вещество) в качестве составляющей материала оболочковых форм литья по выплавляемым моделям. В результате этого ускоряются процессы удаления остатков модельной композиции, происходит выделение тепла экзотермических реакций с целью повышения спекаемости оболочковых форм и термодеструкции связующего. При этом более полное сгорание остатков парафиностеаринового модельного состава ведет к сокращению брака по газовым раковинам. В результате за счёт снижения температурного максимума и времени пребывания форм в прокалочной печи сокращаются как энергозатраты на операцию прокаливания оболочковых форм, так и длительность производственного цикла изготовления отливок в целом [4].

Отработанная модельная композиция на основе парафиностеариновой группы (ПС 50/50), представляющая собой смесь твердых углеводородов предельного метанового ряда, может выступать в качестве карбюризатора при нормализации стальных отливок ответственного назначения. При этом снижаются окисление и обезуглероживание стальных отливок в ходе нормализации в камерных и проходных нагревательных печах, повышается ресурс работы нагревательных элементов, а также снижается расход карбюризатора при проведении термической обработки [5].

Приведенные примеры производственного рециклинга техногенных отходов в литье по выплавляемым моделям наглядно иллюстрируют актуальность их использования благодаря уменьшению затрат литейных цехов на приобретение дорогостоящих веществ, а также на мероприятия по захоронению промышленных отходов на специальных полигонах.

Результаты, представленные в данной статье, можно использовать на ма-

шиностроительных предприятиях, имеющих в своей структуре цеха или участки точного литья по выплавляемым моделям, и/или выпускающих литые заготовки деталей различного назначения (в том числе для атомной, авиационной и автомобильной отраслей промышленности) из черных и цветных сплавов с целью решения многочисленных производственных проблем. Это мероприятие способно обеспечить рациональное использование материалов, повышение энергоэффективности и экологической безопасности литья по выплавляемым моделям.

Список литературы:

1. Грачёв, А.Н. Решение проблемы трещиностойкости оболочковых форм литья по выплавляемым моделям в условиях действующего производства / А.Н. Грачёв, Л.И. Леушина // Теория и технология металлургического производства: Межрегиональный сборник научных трудов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. – Вып. 12. – С. 101-104.
2. Леушин, И.О. Инновационная технология изготовления оболочковых керамических форм для производства отливок по удаляемым моделям / И.О. Леушин, Л.И. Леушина, О.С. Кошелев // Черные металлы. – 2018. – №5. – С. 25-28.
3. Патент №2532765 Российская Федерация, МПК В22 С9/04 (2006.01). Обсыпной материал для изготовления оболочковых форм по выплавляемым моделям: № 2013147255: заявл. 22.10.2013: опубл. 10.11.2014 / Леушин И.О., Леушина Л.И., Ульянов В.А.; заявитель «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». – 5 с.
4. Патент № 2532753 Российская Федерация, МПК В22 С9/04 (2006.01). Способ изготовления многослойных оболочковых литейных форм по выплавляемым моделям: № 2013138973: заявл. 20.08.2013: опубл. 10.11.2014 / Леушин И.О., Леушина Л.И., Грачев А.Н.; заявитель «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». – 7 с.
5. Патент №2541253 Российская Федерация, МПК С21D 1/70 (2006.01). Способ защиты стальных отливок от обезуглероживания при термической обработке: №2013147259: заявл. 22.10.2013: опубл. 10.02.2015 / Леушин И.О., Леушина Л.И., Нищенков А.В.; заявитель «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». – 6 с.