

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПИТАНИЯ И КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, А.Ю. Кожевников

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF RISERING AND QUALITY OF CASTINGS

V.I. Shvetsov, B.A. Kulakov, A.Yu. Kozhevnikov

В статье рассмотрены вопросы технологических параметров питания отливок и методы их улучшения. Особое внимание было уделено методу улучшения технологических параметров питания за счёт использования экзотермических элементов для обогрева металла в прибылях.

Ключевые слова: градиент давлений, направленность затвердевания, технологические параметры литья, питание отливок, прибыль, экзотермическая смесь, экзотермический элемент.

The article studies the issues of technological parameters of risering and the ways of their improvement. Special attention was given to improvement of technological parameters of risering by using the exothermic elements for heating the metal in sinkheads.

Keywords: gradient of pressure, hardening orientation, technological parameters of risering, risering, sinkhead, exothermic sand mix, exothermic elements.

Давно известно, что качество отливок тесно связано с их питанием в период затвердевания металла, в котором образуется большая часть дефектов. На это обращали внимание многие специалисты от А.С. Лаврова, Н.В. Калакуцкого и Д.К. Чернова до наших современников, в том числе металлургов [1]. Однако в наше время при разработке технологического процесса изготовления отливок этот вопрос часто решается формально: выполняются известные требования по положению отливок в форме в процессе заливки и затвердевания, выбираются места установки прибылей или холодильников, а также способ подвода металла в полость формы. На решение этих вопросов большое влияние оказывает необходимость упрощения формовки и модельной оснастки, что на первый взгляд кажется более важным, чем обеспечение питания отливок, так как последнее легко выполняется за счет дополнительного расхода металла. Отсюда возникла ситуация, когда технологический выход годного (ТВГ) принимается равным 50 % и это часто считается нормальным.

Такое положение с разработкой технологических процессов объясняется неумением и нежеланием технологов считать те параметры, которые ответственны за питание отливок, что приводит к недооценке расчетов параметров питания, к перерасходу металла и высокой трудоемкости отливок на финишных операциях, в конечном счете, к понижению эффективности литейного производства.

В настоящее время созданы и широко используются компьютерные программы для расчета и

моделирования работы прибылей. Однако они имеют существенный недостаток: не учитывают всё многообразие отливок и тех факторов, которые влияют на эффективность действия прибылей. Так, например, на работу прибылей существенное влияние оказывает повышение температуры металла в них, осуществляемое любым способом и особенно за счет обогрева прибылей экзотермическими элементами. Существующие программы пока еще не учитывают этот фактор вследствие недостаточной изученности всех особенностей этого процесса (способа использования экзотермических элементов, теплотворной способности смеси, массы металла и экзотермических элементов в прибылях и др.).

Поэтому на стадии разработки технологического процесса необходимо определять технологические параметры питания (ТПП) отливок [2], сопоставлять их с известными параметрами литья, находить возможность рассчитывать гарантированные уровни ТПП. Определение ТПП отливок должно предшествовать моделированию, а модель должна быть адаптирована к ТПП в определенных пределах и реагировать на их изменение в пределах возможного варьирования.

Из этого следует, что все положительные результаты новых технологических процессов, которые содержат сведения о технологических параметрах питания отливок, обеспечивающих их высокое качество, следует учитывать и накапливать. Необходимо отметить, что, разрабатывая новые технологии, нельзя пренебрегать предшествующими часто простыми приемами, которые без су-

ществленного усложнения техпроцесса могут влиять на уровень ТПП отливок и улучшать экономические показатели [3].

По табл. 1 [3] можно проследить возможные факторы, которые влияют на эффективность действия прибылей в порядке усложнения технологического процесса изготовления отливок. Каждому уровню ТВГ соответствует определенный комплекс технологических приемов, которые улучшают технологические параметры питания отливок. Они влияют на эффективность использования металла и качество отливок через улучшение 3-х параметров питания отливок:

- создают условия для сохранения жидкого состояния металла в прибылях до конца затвердевания отливки ($\tau_{пр} \geq \tau_0$), где $\tau_{пр}$ и τ_0 - продолжительности затвердевания прибылей и отливок;

- создают направленность затвердевания от фронта кристаллизации отливки до прибыли или градиент температуры в этом направлении больше 0 ($grad > 0$);

- обеспечивают положительный перепад давлений в прибылях и в затвердевающих объемах отливки.

Исключение какого-либо из этих параметров неизбежно отражается на качестве отливок, несмотря на нормальный уровень других 2-х параметров. Из этого следует, что соблюдение технологических параметров литья еще не гарантирует высокое качество отливки и необходимо контролировать уровень ТПП.

Контроль ТПП представляет сложную задачу. Он может осуществляться расчетом при разработке технологического процесса или непосредственным измерением этих параметров. Очевидно, второй способ контроля может быть приемлемым только для подтверждения первого расчетного метода на стадии испытаний.

В связи с этим, следует еще раз подчеркнуть необходимость накопления сведений о каждом новом технологическом приеме. И с этих позиций целесообразно подробно рассмотреть технологические параметры литья и параметры питания отливок с использованием экзотермического обогрева прибылей двумя способами (гр. 8 и 9 в табл. 1 работы [3]), а также акцентировать внимание на том, почему они не нашли широкого применения.

Из литературных источников [4, 5], авторских свидетельств и патентов [6], а также собственного опыта известны многочисленные примеры применения различных технологий, в которых описаны технологические возможности улучшения работы прибылей, оцениваемые, как правило, двумя показателями: ТВГ и плотностью отливок. Не уменьшая значимости такой оценки, следует обратить внимание на уровень технологических параметров питания отливок, которые ответственны за эффективность работы прибылей и которые часто даже не упоминаются при описании новых технологических процессов.

Для характеристики технологических приемов восьмой группы отливок перечисляются [5], выработанные практикой требования, предъявляемые к экзотермическим смесям. Упомянуты почти два десятка факторов, которые должны соблюдаться для получения положительных результатов, но ни один из них не связан с параметрами питания отливок.

В обосновании требований к свойствам экзосмесей принят принцип: «Чем больше, тем лучше», который обычно является следствием незнания процесса и неумения считать его параметры. Вот некоторые характерные требования:

- низкая температура воспламенения;
- стабильное горение смеси с небольшой температурой;
- хорошая тепловая изоляция и т.д.

При таком подходе к совершенствованию технологического процесса и конкретно процесса питания отливок нельзя было выработать приемлемые технологические приемы повышения эффективности прибылей, поэтому у нас такая технология не нашла широкого применения по следующим главным причинам:

- отсутствие условий гарантированного эффекта;
- неудовлетворительный КПД экзотермического процесса вследствие низкого содержания термита в смеси и больших потерь тепла в форме;
- недостаточная продолжительность горения и выделения тепла смесью;
- необходимость в использовании большого количества моделей для изготовления оболочек;
- необходимость большого количества оболочек, разнообразных по конфигурации, размерам и массе;
- значительное повышение стоимости основного компонента экзотермической смеси, алюминия;
- низкая технологичность процесса при изготовлении оболочек и форм с их использованием.

На основании анализа отмеченных недостатков и существующей технологии обогрева прибылей за счет экзотермических оболочек (вставок) была поставлена цель - на основе глубокого изучения процесса питания отливок, в частности основных его параметров, создать научную основу этого процесса и разработать технологию, обеспечивающую смягчение или полное отсутствие упомянутых недостатков. Для этого было намечено решить следующие задачи:

- разработать унифицированный способ введения экзосмесей в полость прибылей;
- разработать универсальные конфигурации экзосмесей и прибылей, обеспечивающих возможность регулирования температуры воспламенения экзосмеси и снижения тепловых потерь;
- оптимизировать состав экзотермической смеси для обеспечения спокойного и продолжи-

тельного горения при достаточном перегреве металла в прибылях;

- создать простую методику расчета масс металла и экзоэлементов в прибылях, гарантирующих достаточный уровень ТПП отливок и ТВГ;
- разработать простую расчетную методику проверки эффективности работы прибылей с экзотермическим обогревом с учетом технологических параметров питания отливок в рамках технологических параметров литья.

Предварительные расчеты и опытные испытания показали, что для этого процесса целесообразно использовать метод «внутреннего нагревателя в чайнике», который опробован в разработке [7]. Многочисленными расчетами и опытами было найдено решение по форме прибылей и экзоэлементов, а также соотношений их масс и объемов. Результаты этих исследований и опробований в промышленных условиях изложены в публикациях [8, 9].

Однако нежелательные явления, которые сопровождали промышленные испытания в виде преждевременного раннего воспламенения и бурного кратковременного горения термита в экзоэлементах из известных и распространенных в мире экзосмесей, применяемых для изготовления оболочек (вставок), а также выдавливания жидкого металла через литниковую систему, вызвали необходимость коренного изменения свойств экзотермических смесей.

При использовании унифицированного способа и универсальных экзоэлементов, в виде цилиндров, конусов или клиньев с разными радиусами закруглений в вершинах для регулирования прогрева, что является одним из условий воспламенения экзосмеси, в снижении температуры воспламенения не было необходимости. Было установлено, что этот параметр смесей гарантируется формой экзоэлементов и соотношением их масс к металлу в прибылях. С этими параметрами литья связаны все три ТПП отливок: гарантия сохранения металла в жидком состоянии, направленность затвердевания за счет перепада температур в прибылях и перепад давлений величиной не менее атмосферного давления.

Поэтому главным вопросом, требующим неотложного решения, был состав экзотермической смеси. Его решение осуществлялось методом подбора соответствующих материалов (преимущественно порошкообразных готовых к употреблению, недефицитных и сравнительно дешевых), проведения дифференциального, термографического анализа (ДТА) и расчетов теплотворной способности при условиях контакта с жидким сплавом и заканчивались проверкой (испытанием) в лабораторных условиях на опытных и реальных цеховых отливках.

Окончательный состав экзотермической смеси был проверен на 10 промышленных отливках и получил положительную оценку производствен-

ников. Анализом макроструктуры металла была определена достаточность уровня технологических параметров питания (ТПП) отливок:

- продолжительность жидкого состояния стали в прибылях до конца затвердевания отливок (первый ТПП), что подтверждалось отсутствием вторичных раковин под прибылями при наличии плотного слоя металла толщиной от 20 до 40 мм на границе с отливками;
- соблюдение направленного затвердевания отливок (второй ТПП), что проявлялось в отсутствии усадочных раковин во всех объемах отливок, наблюдаемое при механической их обработке;
- достаточный перепад давления в прибылях (третий ТПП), о чем свидетельствовала форма усадочных раковин в них, они начинали формироваться во второй половине высоты прибылей с появлением в них тонких стенок по контуру, сначала прерывистых, затем сплошных с утолщением в нижней части.

Такой уровень ТПП был обеспечен определенными параметрами технологического процесса, которые были установлены расчетом при разработке технологии обогрева прибылей в виде объемов и масс металла (V_M и M_M) и экзоэлементов (V_3 и t_3), общего объема прибылей, как суммы $V_M + V_3$, вероятного прогрева металла с определенным расчетным соотношением $V_M/V_3 = 2$. Эти параметры технологического процесса определяются и регулируются на стадии проектирования прибылей и изготовления универсальной оснастки.

Литература

1. Баландин, Г. Ф. Основы теории формирования отливки. В 2 ч. Ч. II Формирование макроскопического строения отливки: учеб. пособие для машиностроительных вузов / Г. Ф. Баландин. — М.: Машиностроение, 1979. — 335 с.
2. Технологические параметры питания отливок / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, А.М. Каркарин и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». - 2001. - Вып. 1. - М2. - С. 86-90.
3. Экономия металла - резерв эффективности литейного производства / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, А.М. Каркарин, О.Е. Слепова // Литейщик России. - 2006. - № 9. - С. 14-18.
4. Василевский, П.Ф. Технология стального литья / П. Ф. Василевский. — М.: Машиностроение, 1981. - С. 114-115.
5. Справник, В.И. Обогрев прибылей отливок экзотермическими смесями / В.И. Справник, Л.Ф. Выгоднер. - М.: Машиностроение, 1981. - 104 с.
6. Пат. 2108889 Российская Федерация, МПК^с В22Д7/10, В22Д27-06. Экзотермическая смесь для обогрева прибыльных частей литейных форм. - Оубл. 20.04.1998.

Подробные описания технологического процесса получения отливок и технико-экономических показателей будут освещены в следующей статье.

7. Новохатский, В.А. Малоотходная технология производства стальных отливок с экзотермическими прибылями / В.А. Новохатский, А.А. Жуков, Ю.И. Макарычев. - М.: Машиностроение, 1986. - 64 с.

8. Тепловые и материальные показатели прибылей, обогреваемых экзосмесями / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, А.М. Каркарин, О.В. Ивочкина // Тру-

ды 6-го съезда литейщиков России. — Екатеринбург: УГТУ- УПК, 2003. -Т. 2.-С. 84-89.

9. Унифицированный вариант технологии изготовления отливок с экзотермическим обогревом прибылей / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, А.М. Каркарин и др. // Межрегиональный сборник научных трудов / под ред. В.М. Колокольцева. - Магнитогорск: МГТУ, 2001. - С. 98-99.

Поступила в редакцию 5 марта 2009 г.