

УДК 621.744

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ЛИТЬЕ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОЛУЧЕНИЕ ОТЛИВОК ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

¹Чернышов Е.А., ²Евлампиев А.А.

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижегород, e-mail: taep@nntu.nnov.ru;

²Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары,
e-mail: tmlp@rambler.ru

Рассмотрены основные направления по повышению качества фасонных отливок, которые необходимо учитывать на этапе проектирования технологии литья в песчаные формы. Учитывались следующие направления: размерная точность модельной оснастки, возможность использования компьютерного моделирования технологических процессов, организация контроля качества отливок, диагностика литейных дефектов и другие факторы. Приведен анализ и дана краткая характеристика технологических и экономических аспектов этих направлений.

Ключевые слова: проектирование, качество отливок, литейная оснастка, формовочная и стержневая смесь, изготовление форм, литниково-питающая система, эрозия, дефекты отливок, стабилизация технологического процесса

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN SAND CASTING PROVIDING HIGH QUALITY CASTING AT THE DESING STAGE BOF FOUNDRY TECHNOLOGY

¹Chernyshov E.A., ²Evlampiev A.A.

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: taep@nntu.nnov.ru;

²Chuvash State University n. a. I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: tmlp@rambler.ru

Examines the man directions for improving the quality of shaped castings to be considered at desing stage technology of moulding in sandy casting. Designed to fulfill the folloving directions: the dimensional accuracy of modeling equipment, possibility to use computer simulation of technological processes, the organization of quality control of casting, diagnostics of casting defects and other factors. Is a analysis and given a brief description of the technological and economic aspect of these areas.

Keywords: designing, quality casting, casting tooling, moulding and core sand, manufacturing of forms, gating-and- feeding system, erosion, casting defects, stabilization of technological process

Практика производства фасонного литья показывает, что качество, трудоемкость изготовления и себестоимость литья во многом определяется на стадии разработки литейной технологии: от анализа отливки, проектирования модельной оснастки до получения готовой отливки.

Целью данной работы является анализ и оценка технологических возможностей наиболее перспективных способов, обеспечивающих высокое качество отливок на стадии проектирования литейной технологии.

Проектирование и изготовление литейной оснастки связано с развитием компьютерной техники и разработкой совершенных программ, предназначенных для ускорения выработки технологических и конструкторских решений, уменьшения субъективных ошибок. Системы автоматизированного проектирования (САПР) оснастки непосредственно выходят на программное оборудование, позволяющее без участия человека изготовить элементы оснастки со сложными криволинейными поверхностями с высокой точностью. Таким образом, внедрение

многофункциональных обрабатывающих центров с программным управлением позволяет решать проблемы точности литейной оснастки. Другим направлением при изготовлении литейной оснастки для мелких и средних партий изделий является развитие технологии быстрого изготовления – «Rapid Prototyping» (RP) (быстрое прототипирование), объединяющей класс технологий, служащих для автоматизированного изготовления физических моделей по САД-данным.

Одним из важных этапов проектирования технологического процесса, оказывающих влияние на качество и себестоимость литья, является правильный выбор способа изготовления литейных форм и стержней. Совершенствование процессов изготовления песчаных форм связано с развитием техники их уплотнения [2].

В настоящее время в литейных цехах все более широкое применение при изготовлении песчано-глинистых форм находит применение воздушно-импульсное уплотнение. Для получения лучшего результата уплотнения в формовочных автоматах со-

чetaanтся воздушный импульс с вакуумным всасыванием через модельную плиту. Для крупных форм применяют дополнительное уплотнение форм многоплунжерными головками. Для сложных моделей большой высоты применяют гибкий многовариантный процесс с увеличенным количеством импульсов. Величина давления и продолжительность импульса позволяет достигать оптимальную твердость формы по всему объему независимо от модели. Линии оснащены средствами автоматической смены модельной оснастки, электронной системами управления и обеспечения индивидуального технологического режима, оптимизации процесса для каждой из формуемой модели. Предусмотрены средства диагностики технологических процессов и оборудования, а модульное построение линий обеспечивает их оптимальную компоновку.

К наиболее стабильным процессам, обеспечивающим высокое качество отливков, в настоящее время можно отнести использование вакуумно-пленочной формовки. Отсутствие связующего в формовочном материале, вакуумирование формы во время заливки и охлаждения сплава практически исключает газовые дефекты в отливках, улучшает условия заполнения рабочей полости формы. Значительное увеличение срока службы модельного комплекта, резкое снижение износа моделей в условиях отсутствия прямого контакта формовочного песка с поверхностью модели при низких нагрузках во время уплотнения и протяжки дает возможность получать стабильно точные отливки уменьшенной массы за счет сокращения припусков на механическую обработку и формовочных уклонов.

Параллельно развиваются альтернативные процессы – это литье по выжигаемым моделям, и увеличивается доля литья получаемого в стержневые безопасные формы. В условиях мелкосерийного производства проблемы получения качественных отливок решают внедрением более совершенных методов формообразования и упрочнения, применением неорганических, нетоксичных и термостойких органических связующих и инертных к воздействию сплава наполнителей для формовочных смесей. Для решения вопросов повышения механических и термомеханических свойств, а также эрозионной стойкости формы и снижение пригара при изготовлении крупного литья внедряют металлофосфатные холоднотвердеющие смеси [1, 2].

Развитие технологии изготовления стержней связано с внедрением способов холодного отвердевания непосредственно в оснастке. Эти процессы пришли на сме-

ну способам горячего отвердевания стержней – Croning, Hot Box, Termoschok и других, недостатком которых являлся низкий уровень точности сложных стержней из-за коробления их после извлечения из ящиков. Технология холодного отвердевания стержней в оснастке позволила получать высококачественные стержни любой сложности и размеров с идеально чистой поверхностью. Высокая размерная точность стержней позволила получать литые заготовки, например, блоки цилиндров двигателей с отклонениями от чертежных размеров не превышающими 0,3 мм, что дало новый импульс в развитии автомобилестроения. Наиболее конкурентно способными считаются процессы получения стержней с отверждением их газообразными катализаторами в течение 2-8 с. Стержни после отделки конвейером. В качестве газов-отвердителей обычно применяют диметитиламин, триэтиламин, метилформиат или сернистый газ. В зависимости от применяемого отвердителя процессы получили название «Амин-процесс», «Альфа-сет», «Бета-сет»-процессы и другие. Короткий цикл отверждения позволил повысить уровень автоматизации процессов производства стержней и резко сократить время от изготовления до простановки в литейную форму. Полная автоматизация решает и вопросы безопасности труда.

Основой стабилизации свойств формовочных смесей является стабильно высокие качества исходных материалов и уровня подготовки отработанной возвратной смеси, достижение постоянства состава, тонкая дозировка компонентов, эффективное смешивание и контроль параметров готового состава. Подготовка возвратной смеси высокого уровня качества требует комплектной системы машин, контроля на каждом этапе, и управления. Одной из наиболее важных операций в процессе подготовки горелой смеси является ее охлаждение, так как от температуры оборотной смеси, поступающей в смесеприготовительное оборудование, во многом зависит качество и свойства формовочной смеси, а следовательно формы (стержня). Приготовленная смесь, имеющая высокую температуру, в процессе транспортирования к формовочным автоматам теряет часть воды за счет испарения, что негативно сказывается на стабильности физико-механических свойств смеси. Другой важной операцией является предварительное увлажнение возвратной смеси до 1-2%, что способствует сохранению в смеси активных оболочек глины и повышению пластичных свойств готовой формовочной смеси. Процесс приготовления смеси дол-

жен включать в себя точное дозирование компонентов, эффективное и интенсивное перемешивание, непрерывный контроль и корректировку состава.

Одним из направлений развития плавильного оборудования является внедрение индукционного нагрева с тенденцией перехода на тиристорные преобразователи частоты с созданием компактных, легко управляемых схем преобразования, в которых отсутствует водяное охлаждение, что повышает общую надежность систем питания. Разливка сплава должна производиться при оптимальной температуре в прогретые ковши с соблюдением возможных условий, предотвращающих дополнительное окисление. Заливочные установки оснащаются системами модифицирования стопорными устройствами выдачи порции металла, системами управления дозированием, лазерным контролем заливки. Для устранения известных недостатков электродуговых печей переменного тока намечается тенденция замены их на электродуговые печи постоянного тока, обеспечивающие более высокую однородность химического состава и температуры жидкой ванны, лучшие условия труда в литейном цехе.

Формирование качества отливки начинается с момента начала заливки расплава в форму. Общеизвестным является положение, что при литье с песчано-глинистые формы в отливках образуются наибольшее количество различных дефектов. При этом источником засоров, газовых раковин, неметаллических включений, является, в основном, сама литейная форма, но образование дефектов происходит в большей части в литниковой системе. На формирование качественных отливок также велико влияние непосредственно самого металла. Свойства жидкого металла, скорость потока, гидравлический напор в значительной степени влияют на форму (на приповерхностные слои каналов литниковой системы и полости формы). Степень воздействия расплава тем выше, чем выше температура и продолжительность заливки. Приблизительно можно выделить три группы факторов, влияющих на разрушение формы: факторы, связанные со свойствами металла, со свойствами формы и уровнем технологии изготовления самой отливки. Свойства формы определяются качеством смеси, качеством уплотнения, эрозионной стойкостью, термической стойкостью, деформативной способностью. Повышенная пористость поверхности формы при недостаточном уплотнении снижает эрозионную стойкость, а местное переуплотнение способствует возникновению в отливках дефектов расширения смеси. Из

факторов, определяющих уровень разработанной технологии формы (отливки) важными являются: оптимальная конструкция литниково-питающей системы (определяется конфигурацией отливки, требованиями к ней, временем заливки, конфигурацией и сечением ее элементов); рациональный подвод расплава к полости формы и плавность ее заполнения; эффективность шлакоулавливания и питания отливки в процессе затвердевания. Дальнейшее формирование качества отливки зависит от правильно выбранной концепции технологии, от совокупности мер, направленных на выравнивание скоростей затвердевания стенок отливок, на организацию направленного затвердевания и питания массивных частей горячими порциями расплава. Правильно сконструированная литниково-питающая система, применение методов эффективного рафинирования и суспензионная заливка позволяют избежать получения дефектных отливок.

Важнейшей в достижении высоких качественных показателей при производстве отливок является стадия проектирования технологии изготовления формы [2,3]. При проектировании должны быть учтены вопросы эрозионной стойкости формы, современные способы преодоления негативных последствий разрушения поверхности песчаной формы в период заливки и охлаждения сплава. Эрозионные процессы приводят к образованию дефектов в отливках (засоры, пригар, ужимы, недолив, спай, искажение геометрии поверхности). Наличие неметаллических включений и засоров в теле отливки в критических сечениях резко снижает механические свойства. Исследования показали, что крупные включения и местные скопления засоров резко изменяют теплофизические условия формирования данного узла отливки. Скопления частиц формовочного песка, противопригарного покрытия, конгломератов формовочных смесей от обвала формы и стержней снижают интенсивность теплоотвода от затвердевающего теплового узла отливки. При анализе дефектных зон отливки замечено, что часть критической зоны с включениями затвердевает в последнюю очередь с образованием усадочных раковин, горячих трещин. Все это приводит к резкому снижению эксплуатационных свойств изделия, что недопустимо.

Для предотвращения последствий эрозии формы разработаны и успешно применяются различные способы рафинирования сплавов и системы удержания различных включений в литниковой системе. Использование различного типа фильтрующих элементов показало их эффективность при изготовлении мелкого и среднего литья. Когда масса заливаемого металла превышает

ет 200 кг, для защиты литниковой системы дополнительно применяют керамический припас, а фильтрующие элементы при заливке крупных отливок применяют из углеродистой или цирконовой керамики.

Существенное влияние на качество литья оказывает расположение отливки в форме. Преимуществом является вертикальное расположение отливки и основных массивных стенок. При таком расположении возможно более экономично организовать заливку и питание, добиться более высокого уровня чистоты и плотности структуры металла отливки. Кроме того, повышается производительность формовки и появляется возможность снижения трудоемкости обрубных операций.

В настоящее время при выборе конструкции литниковой системы часто используют систему прямоточной заливки, в том числе через фильтр-прибыль [4]. Такая система позволяет решать вопросы рафинирования сплава в процессе заливки и питания отливки во время затвердевания.

Имеется опыт организации заливки ответственных массивных отливок из черных сплавов через керамические фильтры, с повышенным сопротивлением тепловому удару, расположенные в поверхности разъема или других частях формы. Например, фильтры располагают в специальных керамических карманах с расчетными впускными и выпускными отверстиями с учетом типоразмеров стандартных литниковых элементов (трубок). При проектировании производят расчет площади сечения отверстий (пропускную способность) фильтра с определенным запасом, во избежание преждевременного закупоривания. Исходят из технологически необходимого времени заполнения формы с учетом факторов, которые снижают его пропускную способность. При этом необходимо учесть площади, занимаемые шлаковой камерой перед фильтром, металлоприемника, карманов и других элементов. Если свободная площадь на поверхности разъема ограничена, то фильтры устанавливают в других объемах формы, используя холоднотвердеющие смеси и набор стандартных керамических элементов, фиксируя их в местах питания отливки в процессе формовки. Оптимальная литниковая система должна иметь минимальную протяженность, обеспечивать максимально быстрое заполнение металла и участков системы до фильтров, а после фильтров исключить возможность турбулентности расплава и инъекцию воздуха. В работе [6] представлены рекомендации к нескольким примерам организации заливки массивных отливок.

Внедрение подобных сложных литниковых систем требует дополнительных мате-

риальных затрат и значительного увеличения трудоемкости изготовления формы, но позволяет получить технико-экономический эффект за счет исключения различных дефектов и повышения технологического выхода годного литья. Качество обработанных деталей, безупречность поверхности отливки, отсутствие внутренних дефектов после неразрушающих методов контроля подтверждает эффективность представленных технологий рафинирования сплава и современных методов организации заливки.

Для повышения качества отливок необходимо разрабатывать эффективные меры по предупреждению литейных дефектов, которые подробно рассмотрены в работе авторов данной статьи [5].

Таким образом, обеспечение устойчивого состояния литейного производства и стабилизации технологического процесса, направленной на повышение качества литья, является комплексной задачей. Решение этой задачи возможно за счет плановой систематической работы, начиная с этапа проектирования и включать в себя следующие мероприятия:

- использование системы автоматизированного проектирования оснастки (САПР) и компьютерного моделирования литейных процессов;
- повышение размерной точности модельной оснастки;
- стабилизацию свойств формовочной смеси;
- совершенствование процессов изготовления форм и стержней;
- выбор современных способов плавки и заливки металла;
- совершенствование технологии литейной формы;
- автоматизацию отдельных операций и всего технологического процесса;
- четкую организацию контроля и диагностики;
- высокую квалификацию работников литейного цеха.

Список литературы

1. Евлампиев А.А., Чернышов Е.А. Тенденции развития, технологические особенности и перспективы использования песчано-фосфатных смесей // Литейщик России. 2009. № 11. С. 35-37.
2. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. Технология литейного производства: учебное пособие. М.: Высш.шк.-Абрис. 2012. – 383 с.
3. Чернышов Е.А., Паньшин В.И. Литейные технологии. Основы проектирования в примерах и задачах: учебное пособие. – М.: Машиностроение. 2011. – 288 с.
4. Чернышов Е.А. Компьютерное моделирование питания отливки через сетчатый фильтр, установленный в прибыли // Литейное производство. 2012. № 6. С.31-33.
5. Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И., Евлампиев А.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления: учебное пособие. – М.: Машиностроение. 2008. – 282 с.
6. Эрхард Виз. Фильтрование чугуна для массивных отливок // Литейное производство. 2007. № 5. С.7-11.