



Ю. П. БОБРОВ, ОАО «МЗОО»

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ (ЛГМ-ПРОЦЕСС)

(ОПЫТ РАБОТЫ КОМПАНИИ CITATION FOAM CASTING CO.,
ШТАТ АЛАБАМА, США)

Компания Citation Foam Casting Co. начала производство отливок 11 лет тому назад и сейчас представляет собой самую большую в США независимую компанию, изготавливающую отливки по ЛГМ-процессу с годовым выпуском 26 тыс. т (в две смены). Она производит более 80 наименований отливок массой от 0,5 до 200 кг из всех марок чугуна, включая чугун с шаровидным графитом для таких корпораций, как Mercedes Benz, General Electric, Caterpillar, Detroit Diesel и др.

Компания (200 чел. работающих) на современном этапе значительно расширила свои производственные возможности, смонтировав в 1996 и 1997 гг. вторую и третью секции к формовочной линии. Потери от брака при производстве отливок составляют 2% и ниже и по возвратам от клиентов — менее 0,3%.

Эффективные операции контроля — это ключ к успеху на любом литейном предприятии. Данное утверждение более чем справедливо в производстве отливок по газифицируемым моделям.

Технология производства отливок по газифицируемым моделям более чувствительна к изменениям технологического процесса, чем большинство литейных технологий вследствие наличия многочисленных переменных величин, которые взаимосвязаны между собой, причем на критическом уровне. В результате успех или неудача в производстве отливок по ЛГМ-процессу в значительной степени определяется наличием эффективной системы контроля за технологическими процессами непосредственно в цехах.

За какие-нибудь 10—15 лет ЛГМ-процесс быстро совершенствовался и доказал свою жизнеспособность в производстве сложных отливок, которые невозможно получить обычными методами. Прогресс в теории и технологии литья в значительной степени устранил потребность в производстве отливок, которые многократно копировали первичную модель. Сегодня большинство потребителей требуют производства отливок, соот-

ветствующих и даже превышающих их требования. Применение и использование эффективных операций контроля на уровне цеха является единственным средством для производителя отливок.

Как и во всяком устойчивом литейном процессе, бракованные отливки образуются вследствие нежелательных отклонений от установленных параметров в технологическом процессе.

Многие отклонения не могут быть выявлены до тех пор, пока их не обнаружат в окончательном браке отливок. Поскольку ЛГМ-процесс является новой быстроразвивающейся технологией, то времени для исследований недостаточно, в результате которых процессы контроля в традиционных литейных технологиях определены и упорядочены.

В итоге сложилась такая ситуация, когда в ЛГМ-процессе при отсутствии традиций контроль зачастую сводится к принципу "ни к чему не прикасаться", когда процесс проходит хорошо, и к большому разочарованию, когда идет массовый брак в результате накапливающихся мелких негативных изменений в ходе процесса.

Определение критериев контроля. Основная цель операций контроля — сведение к минимуму числа нежелательных отклонений в технологических процессах. Как только отклонения находятся под контролем и, следовательно, процессы стабилизируются, то отливки соответствуют требованиям заказчика, а значит, могут производиться. Для того чтобы решить, какие контрольные операции требуются, необходимо прежде всего определить и согласовать с заказчиком основные показатели, именуемые критическими (critical-to-quality)-СТQ. Эти СТQ's-показатели (в дальнейшем представлены как данные выходного контроля) характеризуют свойства отливок, в которых наиболее заинтересован заказчик продукции. Например, особо точные размеры или внешний вид отливок. Производство отливок, соответствующих всем требованиям заказчика, — конечная цель любого литейного предприятия.

Как только СТQ's согласованы, определяются переменные величины, которые в дальнейшем рассматриваются как входные, и являются решающими для каждой стадии технологического процесса. Входные и выходные показатели должны быть измеряемыми, так как невозможно контролировать то, что не может быть измерено, и трудно выполнить требования, которые не могут быть определены.

После установления критических показателей и средств измерения приступают к разработке методики и фиксации контроля в ней выходных показателей. Это последняя, наиболее важная стадия внедрения процесса контроля, так как контрольные показатели характеризуют определенную стадию процесса, с одной стороны, как успех, а с другой — как неудачу.

Для того чтобы максимально получить пользу от внедрения системы контроля, желательны учитывать и другие показатели, а именно временные требования, сопутствующие затраты и др. Например, могут ли быть собраны, обработаны и использованы накопившиеся данные и с учетом фактора времени достаточны для эффективного поддержания процесса и качества продукции? Соответствуют ли затраты на испытательное оборудование, обеспечение процесса и требуемое время для выполнения операции проводимого контроля? Соответствуют ли квалификация контролеров и сами методы контроля требованиям, которые необходимы для внедрения всей системы в целом? Эти вопросы должны быть четко поставлены перед тем, как привести всю систему контроля в действие.

Как и в любой отрасли промышленности, не все операции контроля используются в производственной деятельности и мнения о необходимости или эффективности отдельных операций различны.

В данной статье основное внимание уделяется производству отливок по ЛГМ-процессу с точки зрения перспективы отдельных фирм, включая определение типичных показателей СТQ, входных и выходных параметров и особенностей контроля.

Большинство процессов контроля, которые необходимы для ЛГМ-процесса, применяются и для традиционных литейных процессов, особенно при заливке и финишных операциях.

Модели. Хотя многочисленные контрольные операции используются при изготовлении моделей для ЛГМ-процесса, все же первым этапом при попадании моделей в литейное подразделение является их проверка. Чтобы изготавливать хорошие отливки, нужны хорошие модели. Поскольку качество моделей определяет качество отливок, то показатели СТQ в наибольшей степени выявляются при проверке поступающих в литейное отделение моделей. В первую очередь основное внимание уделяется размерам, внешнему виду и характеристикам моделей. Размеры моделей имеют важное

значение в получении окончательной формы отливки и поэтому должны подвергаться тщательному контролю. Для образца новой продукции модели оцениваются на требуемые размеры после получения их с новой оснастки и измеряются на координатной измерительной машине. Полученные данные сравниваются с образцом заказчика. Вспенивание пенополистирола и усадка также могут быть причиной отклонений в размерах моделей и должны особенно тщательно исследоваться при вылеживании гранул. Поскольку причины нарушений существуют при созревании пенополистирола, то контроль за размерами сборных моделей, состоящих из нескольких заготовок, может быть улучшен благодаря использованию точных клеевых фиксаторов. Также фиксаторы просто не восприняли бы какое-либо искажение или неправильно созревшие модели. Дополнительным процессом контроля размеров моделей является проверка их через заданные промежутки времени. Современные средства измерения с использованием переносных матричных устройств позволяют существенно облегчить поточное измерение моделей и тем самым повысить их точность.

При внешнем осмотре моделей особое внимание обращают на капли и подтеки при окраске, на прерывистость разделительных линий, выступающие клеевые швы, выемки, трещины и царапины. Первичный контроль заключается здесь в визуальной проверке определенного количества моделей. Отклонения при формовании или склеивании моделей могут создавать возможные погрешности при литье. Для обнаружения их рассчитывается масса моделей от произвольно выбираемых образцов и количества в общем потоке. На изменения в массе моделей влияют плотность гранул, состав их, пропорциональное соответствие гранул (соотношение размеров их диаметров). Полученные массы моделей заносятся в карты статистического метода контроля (SPC) для сравнения с исходными данными и определения стабильности или тенденции изменения. Такие карты позволяют без непосредственного контроля ("out-of-control") фиксировать отклонения от нормального процесса, что в свою очередь вызовет немедленную реакцию оператора.

Сборка. Следующий этап процесса — сборка моделей с литниковой системой: либо единичное присоединение одной модели к литниковой системе, либо соединение нескольких моделей в блок. В процессе сборки показатели СТQ прежде всего относятся к перемещениям моделей от мест изготовления к месту сборки, образованию и сохранению надежных клеевых швов при транспортировке моделей на заливку. Кроме того, не допускается наличие капель клея на поверхности моделей, образующихся при склеивании, и повреждение моделей при использовании операций ручного труда. Для малообъемных изделий процесс конт-

роля затруднен и в большей степени зависит от опыта оператора и его умения, внимательного визуального осмотра, подробных инструкций и некоторых приспособлений. При вспенивании пенополистирола во многообъемных изделиях могут быть использованы манипуляторы для перемещения моделей и оборудование для склеивания, исключая недоработки оператора. Во всех случаях при этом необходим контроль температуры клея и его качества. Некачественное склеивание приводит к плохому покрытию и внешнему виду, появлению на поверхности отливок песка и металлических включений. Наиболее возможные отклонения от процесса при литье по газифицируемым моделям находятся на стадии нанесения покрытия на модели. Покрытие обеспечивает физический барьер между сжатым от вакуума песком и моделью, а затем и металлом и влияет на передачу тепла от отливки к форме. Кроме того, покрытие играет большую роль во время заполнения формы металлом, поскольку участвует в удалении жидких и газообразных продуктов, образующихся при деструкции пенополистирола и которые, в свою очередь, влияют на состояние поверхности отливки по мере заполнения формы. Критические параметры возможных нарушений зависят здесь от характеристик и свойств покрытия, приспособлений для его нанесения.

Традиционные испытания свойств покрытия, таких, как вязкость, температура, проницаемость, плотность, процентное содержание сухого остатка, тест на содержание бактерий, выполняются на входящих материалах и самом покрытии. Обычно используется единичный тест после загрузки материалов в смеситель и подготовки покрытия для применения. Последующие тесты нужны для того, чтобы убедиться, что характеристики покрытия соответствуют нормам. Результаты тестов используются для корректировки процесса и могут быть внесены в контрольные карты для подтверждения его устойчивости, идентификации возможных будущих нарушений и появления условий, выходящих за рамки контрольных показаний.

Строгое соблюдение технологии и проведение тестов наряду с обучением персонала гарантируют уверенность в том, что используются качественные материалы и стабильность свойств покрытия обеспечена.

Для мало- и среднеобъемных изделий разработаны специальные инструкции, которые достаточны для контроля технологии покрытия. Для многообъемных изделий применяются средства автоматизации с целью снижения погрешности оператора. Независимо от метода нанесения покрытия на модель (кластер) взвешивают определенное количество влажных кластеров сразу после погружения в жидкий состав покрытия. Полученные данные заносят в карты SPS. Они отражают количество покрытия на один кластер и подтверждают надеж-

ность технологии окунания и стока, а также свойств материала покрытия.

Сушка. После нанесения покрытия влажные кластеры направляются в помещение с контролируемой влажностью и температурой для просушивания перед формовкой. Основные показатели СТQ здесь — контроль за отклонениями в размерах, вызванными превышением заданной температуры сушки или внешними нарушениями также влияющими негативно на качество отливок, когда недостаточно высушенные кластеры пойдут на заливку. Масса высушенных кластеров также используется для контроля степени сушки и может в свою очередь дать представление о качестве материала покрытия.

Формовка. В процессе формовки кластеры устанавливаются в металлические контейнеры на песчаную "постель" и обсыпают со всех сторон сухим песком без связующего. Как только форма заполнена, включается механизм вибрации для уплотнения песка с целью наиболее компактного его распределения вокруг и внутри моделей.

Одни показатели СТQ контролируют возможные размерные погрешности кластера, вызванные перемещением массы песка во время формовочного цикла, другие — степень уплотнения песка, фиксируя полости для проникновения металла в форму, а также возможные дефекты от неуплотненных мест или "всплытия" модели, вызванные недостаточным уплотнением или слабой нагрузкой на формы при заливке. Состав песка и его свойства (температура, зерновой состав, угловатость зерен, уровень потерь при прокаливании) также могут влиять на процесс формовки и качество отливок. Формовочный процесс можно контролировать специальными автоматическими датчиками, которые фиксируют степень заполнения песка в контейнеры, время вибрации и подводимую энергию на различных стадиях формовочного процесса.

Полученная информация совместно с внешним контролем за уровнем песка в контейнерах позволяет судить о правильности выбора датчиков и надежности работы оборудования. Кроме того, используются системы контроля температуры песка, а также вспомогательные приспособления и формовочные добавки.

Заливка. Основные показатели при заливке определяют внешний вид отливок и дефекты, связанные с технологией заливки и качеством металла (пористость, шлаковые и песчаные включения, трещины).

Поскольку покрытие играет основную роль при заполнении металлом полости формы, то и качество его в наибольшей степени проверяется самим процессом заливки. При ручном процессе заливки к работе допускаются только те операторы, которые прошли обучение по специальной программе и технологии заливки форм с выдерж-

кой в заданных режимах и контролем таких параметров, как интервалы температуры, время заливки и уровень вакуумирования.

Очистка и финишные операции. Оперативный контроль в процессах очистки и финишной обработки аналогичен тому, который используется в традиционном литейном производстве. Особое значение придается проверке внешних размеров отливок с помощью высокоточных калибров, замера общего контура и разметке отливок с использованием мерительного оборудования (СММ — установок control machine measurement) и кронциркулей. Проверка в данном случае включает в себя, как правило, визуальный осмотр на наличие литейных дефектов, а сам процесс контроля служит для характеристики всего процесса в целом. Поскольку трудно контролировать само качество (в данном случае отливок "inspect in quality") при наличии отклонений, то контроль на этой последней стадии в первую очередь служит для подтверждения правильности предыдущих контрольных проверок.

Общая система контроля. Если ЛГМ-процесс тщательно контролируется, то ни один традиционный литейный процесс не может сравниться с

ним, чтобы удовлетворить самые строгие требования клиентов по сложности и качеству отливок.

Кажущаяся завершенность процесса с регулярной сменяемостью всех его стадий может однако привести к значительным литейным дефектам и высокому уровню отходов металла, особенно когда начальные отклонения от процесса проходят незамеченными.

Пока контроль технологических процессов в литье по газифицируемым моделям развивался в последние годы посредством совершенствования испытаний, разработки нового оборудования и приспособлений, а также постоянного расширения знаний о самом процессе, потребители оценили преимущества ЛГМ-процесса и стали выдвигать новые требования повышения качества отливок. Это касалось снижения массы отливок, уменьшения припусков на механическую обработку, дальнейшего уменьшения допусков на размеры и т.д. И в результате только те литейные компании, которые внедрились и постоянно совершенствуют эффективный контроль на всех стадиях процесса, смогли изготавливать отливки не только соответствующие требованиям СТQ клиента, но и превосходящие их.