



In the article there is presented the procedure of cast quality control on the basis of concept TQM and analysis of influence of technological, constructive and system factors, and also by examples shown the importance of accounting of system factors in conditions of castings production.

*С. Г. ПЕЛЫХ, Восточно-украинский технический университет, г. Луганск,
А. И. ВОЩЕНКО, СП «Славянец», г. Котоп,
О. И. ПОНОМАРЕНКО, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
А. А. РАДЧЕНКО, ОАО «Харьковский тракторный завод», г. Харьков*

УДК 621.74.04:681.32.06

СИСТЕМНЫЕ ФАКТОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

Повышение качества и конкурентоспособности отливок является центральной научной и практической задачей литейного производства. Классическая методика управления качеством состоит из ряда этапов, основными из которых являются выбор управляемых переменных и критерия качества, определение количественной взаимосвязи между ними, оптимизация технологического процесса по управляемым переменным, внедрение рекомендаций и корректировка параметров технологии, фиксация достигнутых результатов в виде технических условий и стандартов предприятия.

В настоящее время повышение качества рассматривается как основная задача любой деятельности, связанная с производством товаров и предоставлением услуг. В качестве ее основного инструмента была разработана в конце 90-х годов прошлого века концепция TQM (total quality management) – тотальное, всеохватывающее управление качеством. На основе этой концепции в развитых странах началась разработка комплексных систем, ориентированных на постоянное улучшение качества продукции, минимизацию производственных затрат на ее изготовление, внутренние и внешние поставки, точно по графику. По существующим оценкам начавшийся переход на использование концепции TQM представляет собой третью научно-техническую революцию в промышленности.

Применение концепции TQM к решению задачи управления качеством и конкурентоспособностью отливок требует прежде всего определения всего множества переменных, влияющих на важнейшие их характеристики. Эффективность решения задачи в значительной степени определяет результативность и надежность функционирования построенной на этой базе системы управления качеством отливок.

Определение переменных, влияющих на качество отливок и выбор из них существенных для

построения системы управления, является достаточно сложной и нетривиальной задачей литейного производства. Сложность решения задачи связана с двумя обстоятельствами. Во-первых, на качество отливок влияет по современным оценкам более тысячи переменных. Во-вторых, существует большое разнообразие процессов, влияющих на формирование уровня и разброса параметров качества отливок и литых деталей.

В рамках традиционных инженерно-технологических представлений о формировании качества отливок основное внимание уделяется переменным технологического характера, связанным с приготовлением жидкого металла, свойствами формовочных и стержневых смесей и параметрами технологического процесса изготовления отливки. Однако более детальный анализ показывает, что для решения задачи построения эффективной системы управления качеством отливок в качестве управляемых переменных необходимо, кроме технологических, учитывать не менее важные конструктивные и системные факторы.

Конструктивные факторы качества отливки определяются на стадии ее разработки и конструирования и связаны с выбором конфигурации отливки, толщины стенок и их сопряжений, основных геометрических размеров, геометрии внешней поверхности и внутренних полостей отливки, марки литейного сплава. Эти факторы в значительной степени характеризуют номенклатуру и интенсивность возникновения литейных дефектов при реализации технологического процесса изготовления отливки.

Наименее изучено влияние системных факторов на качество отливок, хотя по интенсивности влияния они находятся на одном уровне с факторами конструктивными и технологическими. Причинами этого являются, во-первых, неочевидность взаимосвязи системных факторов и качества и, во-вторых, необходимость использования для определения их взаимосвязи наукоемких методов системно-кибернетического плана.

К системным необходимо отнести факторы, связанные с процессом изготовления отливок в рамках некоторой литейно-технологической системы (ЛТС). Производственный процесс, кроме своего ядра — технологического процесса, включает в себя обслуживающие его подсистемы, реализующие функции управления, снабжения, планирования, межоперационные транспортные операции, ремонт и управление эксплуатационной надежностью оборудования, организацию взаимодействия функциональных подразделений литейного цеха. Важными системными факторами являются номенклатура и сложность отливок, одновременно изготавливаемых в рамках одной производственной системы.

Конкретное проявление влияния системных факторов на качество отливок зависит от структуры ЛТС, в рамках которой реализуется технологический процесс. Типичными являются следующие ситуации. Простой оборудования по разным причинам системного характера и сбой во взаимодействии формовочного, плавильного и заливочного участков приводят к ухудшению качества заливаемого жидкого металла, «отсыреванию» стержней и ухудшению поверхностного слоя форм из-за испарения влаги. Это влечет за собой ухудшение качества отливок и появление или повышение количества литейных дефектов.

Кроме того, для каждой отливки существуют свои индивидуальные требования к жидкому металлу, форме и смесям, из которой она изготавливается. Эти требования вытекают из конкрет-

ной конструкции отливки и условий ее эксплуатации. При одновременном изготовлении нескольких отливок в рамках одной ЛТС эти требования, как правило, не совпадают, а степень их несовпадения определяет степень ухудшения уровня качества отливок.

Перечень системных факторов можно продолжить. К ним следует отнести снижение качества форм из-за разладки формовочного оборудования, деформацию формы при ее транспортировке на заливку, ухудшение качества исходных материалов, смену марки литейного сплава при его приготовлении в одном плавильном агрегате, недостаточную квалификацию исполнительного и обслуживающего персонала, отсутствие заинтересованности исполнителей в высококачественной работе, невысокий уровень аналитической работы технологов по практическому управлению качеством и т. д.

Описанные две ситуации с простоями и номенклатурой одновременно изготавливаемых отливок являются типичными для всех ЛТС, остальные системные причины определяются конкретными условиями производства отливок, их номенклатурой, способом их изготовления, масштабом производства, комплексом технологического оборудования, особенностями системы управления и технических требований к изготавливаемым отливкам.

Количественное влияние простоев на качество отливок изучали в условиях конвейерного производства отливок из серого чугуна и стали в литейных цехах Купянского литейного и Харьковского тракторного заводов (см. таблицу).

Зависимость брака отливок от длительности простоев

Вид брака	Количество брака, %, при длительности простоя, мин					
	0	20	30	40	50	60
Обвал	0,1	0,1	3,2	5,8	9,1	12,5
Засор	0,6	1,0	2,6	6,9	10,3	14,6
Газовые раковины	9,7	10,2	8,1	6,0	4,9	3,2
Общий брак по вине формы	10,4	11,3	14,8	18,7	24,3	30,2

Из таблицы видно, что с увеличением длительности простоя формовочного конвейера резко возрастают брак по обвалу и засорам и общая величина брака отливок по вине формовочной смеси несмотря на снижение количества газовых раковин в отливках из-за подсушки поверхности формы во время простоя. Похожие результаты были получены и для стальных отливок при обработке данных специально организованных производственных экспериментов.

Установлено, что основной причиной повышения брака отливок является понижение содержания влаги в поверхностном слое формы, и как следствие, ухудшение физико-механических свойств формовочной смеси. Результаты статистической обработки данных показали, что величина

коэффициента корреляции между физико-механическими свойствами формовочной смеси и отдельными видами брака находится в пределах 0,17–0,51. В то же время коэффициент корреляции между величиной простоя и общим браком литья по вине формы составляет 0,525. Отсюда следует, что величина простоев оказывает на качество отливок не меньшее влияние, чем физико-механические свойства формовочной смеси.

Для снижения простоев технологического оборудования была поставлена и решена задача оптимизации планово-предупредительного ремонта. Результаты проведенной работы внедрены на Купянском литейном заводе.

Изучение роли системных факторов в формировании качества при использовании специаль-

ных видов литья было проведено в рамках работы по оптимизации технологического процесса производства гильз цилиндров автотракторных двигателей, изготавливаемых центробежным способом на Конотопском заводе «Мотордеталь». Анализ результатов показал, что эффективное решение задачи повышения качества отливок возможно только при комплексном управлении конструктивными, технологическими и системными факторами.

Управление конструктивными факторами было использовано в данной работе для адаптации внешней конфигурации гильзы к конкретным условиям ее изготовления. Конусная форма внешней поверхности гильзы была заменена на ступенчатую, что позволило предотвратить сползание теплоизоляционной присыпки в сторону большего радиуса и ликвидировать брак из-за местного отбела, появления аномальных структур и полосчатости, а также снизить массу каждой гильзы на 0,5 кг.

В рамках классической концепции управления технологическими параметрами литья были найдены оптимальные значения следующих параметров: содержание химических элементов в чугунах, скорость вращения кокиля, состав теплоизолирующей присыпки, состав модификатора для жидкого металла, температура и скорость заливки.

Результаты проведенной работы показали не меньшую важность системных факторов. Основные из них следующие. Прежде всего четко вырисовался фактор многономенклатурности, без учета которого задача оптимизации технологического процесса не имела практического смысла. Номенклатура изготавливаемых на заводе гильз насчитывает пять наименований гильз для различных двигателей внутреннего сгорания (КаМАЗ, ВАЗ, СМД и «Москвич») массой от 8 до 14 кг с различными требованиями к химическому составу (по шести элементам) и механическим свойствам.

Приготовление металла для гильз необходимо было вписать в существующую на заводе дуплекс-схему плавки чугуна: вагранка—электропечь.

Задача была решена следующим образом. В качестве основного представителя изготавливаемых отливок была принята гильза КаМАЗ-740. Жидкий металл для других гильз доводился до требуемого состава с помощью дополнительного ввода легирующих элементов и ковшевого модифицирования.

Простой оборудования в первую очередь приводили к ухудшению качества жидкого металла. Это было связано с тем, что при уменьшении потребности в жидком металле необходимо было тормозить ваграночный процесс уменьшением количества дутья и дополнительными пересыпками кокса, а также увеличивать время выдержки жидкого металла в электропечи. Это приводило к нестабильности по содержанию химических элементов и повышению разброса температуры заливки. Для уменьшения простоев на заводе был разработан и внедрен комплекс технологических и организационных мероприятий.

Проведенная работа позволила также выявить и устранить специфические для данного производства факторы системно-производственного характера. Оказалось, что охлаждение на воздухе гильзы после ее удаления из формы при температуре 760–820°C вызывает коробление гильз во время эксплуатации из-за значительного роста их внутренних напряжений.

Резкий удар при падении гильзы во время ее удаления из кокиля повышает брак по внутренним трещинам. Хранение и транспортировка гильз в глубоких контейнерах приводит к «овализации» нижних слоев гильз, суть которой сводится к необратимой потере гильзой ее цилиндрической формы. Уменьшение скорости охлаждения гильз, использование демпфирующих устройств при удалении их из кокиля, изменение условий хранения позволило устранить негативное влияние этих факторов на качество гильз.

Результаты проведенных работ показали, что эффективное управление качеством отливок возможно только при глобальной оптимизации производственно-технологического процесса с использованием факторов конструктивного, технологического и системно-производственного характера.