



The economic estimation of quality of casting technology of molding under dispensable patterns is given. The statistical analysis of deviations of technological parameters and value of losses of production at different stages of the whole cycle of castings production was applied for assessment of technology quality.

С. А. НИКИФОРОВ, М. В. НИКИФОРОВА, Южно-Уральский государственный университет

УДК 621.74

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЛВМ

Оценку качества технологий литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) обычно проводят в целом по величине общей себестоимости выпускаемой продукции. Однако этот параметр не всегда детально отражает сущность качества технологии на разных ее стадиях, что затрудняет использование экономических стимулов для снижения себестоимости выпускаемых изделий. В связи с этим для оценки качества технологии применили статистический анализ отклонений технологических параметров и величины потерь продукции на разных стадиях всего цикла изготовления отливок в литье по выплавляемым моделям.

В качестве объекта исследования выбрана технология литья по выплавляемым моделям, применяемая на Челябинском инструментальном заводе «ЧИЗ». Технология включает в себя формирование комбинированных 4-слойных оболочковых форм, в которых первые два слоя формируют из суспензий на основе гидролизованного этилсиликата (ГРЭС) из ЭТС-40, а опорные два слоя – из жидкостекольных суспензий. В качестве огнеупорного наполнителя использовали пылевидный кварц марки КП-1, КП-2, в качестве обсыпочногo материала – прокаленный кварцевый песок марки 2К₁0₃0₃ (ГОСТ 2138-91).

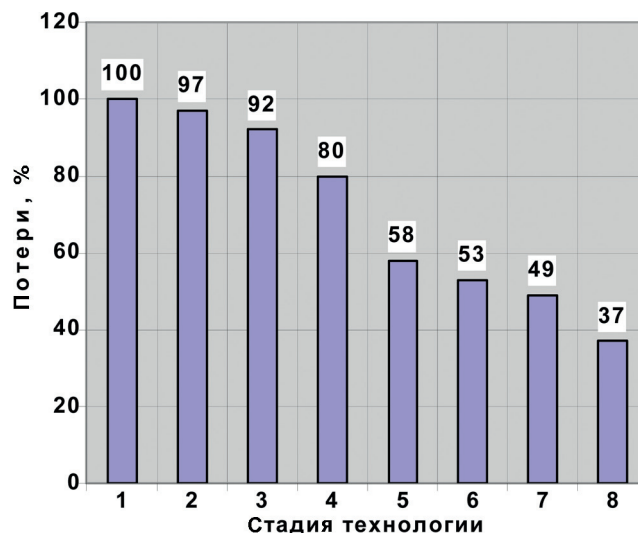
Упрочнение (сушку) слоев оболочек из суспензии на основе ГРЭС проводили на вертикально замкнутом конвейере в камерах естественной воздушной сушки от 2 до 4 ч. Опорные слои оболочек формировали из жидкостекольных покрытий с отверждением при их обсыпке смесью кварцевого песка и порошкообразного хлористого аммония. Дополнительное упрочнение жидкостекольных слоев также проводили на конвейере в условиях естественной воздушной сушки. Выплавка моделей производилась в горячем водном растворе хлористого аммония с добавкой соляной кислоты.

Прокалка оболочек осуществлялась без опорного наполнителя в проходных электрических печах при температурах 850–900 °С.

В качестве оценочных показателей для статистической обработки первоначально выбрали потери текущей продукции на следующих стадиях технологии: 1 – количество запрессовок (100%) на машине; 2 – потери моделей при сборке модельных блоков; 3 – потери оболочек при формообразовании их на конвейере до выплавки моделей; 4 – получение оболочек после выплавки моделей; 5 – обработка и выдача оболочек на прокатку; 6 – выход оболочек после прокатки; 7 – стадия засыпки оболочек опорным наполнителем; 8 – стадия заливки их металлом.

На рисунке приведена статистическая диаграмма средней величины потерь продукции на каждой из принятой стадии технологии в течение одного года работы цеха. За исходное количество модельной продукции (100%) принято количество произведенных запрессовок модельной массы в пресс-формы, т. е. количество моделей.

Цифрами над колонками диаграммы показаны количества переданной годной продукции на последующую стадию технологии. Разность между предыдущей и последующей цифрой составляет



Статистическая диаграмма потерь продукции на стадиях технологии

величину потерь продукции. Следовательно, разность между общим количеством запрессованных форм и количеством переданных готовых моделей на следующую стадию технологии составляют потери продукции относительно исходной стадии.

Как видно из рисунка, на всех стадиях технологии наблюдаются потери продукции, исчисляемые сначала по количеству моделей и количеству оболочек, затем по количеству отливок. Причем наибольшие потери продукции наблюдаются на стадиях нанесения на модели огнеупорной обмазки (формирования оболочек) (стадия 3, около 12% и стадия 4 выплавки моделей в ванне выплавки, около 22%), что требует привлечения особого внимания к анализу этих стадий технологии. Брак отливок обнаруживается при очистке их от керамики, а также после возможного ремонта и составляет за контрольный период около 12%. На последней стадии потери отливок отражают в основном литейные дефекты, которые формируются при заливке форм.

Анализ показал, что потери продукции на каждой стадии приводят соответственно к потерям материальных затрат и зарплаты работающих. В таблице приведены данные по долям потерь материальных затрат и зарплаты работающих от общих затрат в себестоимости годного литья применительно к каждой стадии технологии.

Затраты на потери продукции от общих затрат на потери (приняты за 100%) и соответствующие доли зарплаты в расходах на зарплату от себестоимости литья (приняты за 100%) для выбранных стадий технологии

Стадия технологии (см. рисунок)	1	2	3	4	5	6	7	8
Материальные затраты на потери от общих затрат на потери, %	–	0,5	8	46	34	3	2,5	6
Затраты на з/п от общих затрат на з/п в себестоимости литья, %	–	8	16	18	9	3,5	1,5	44

Как видно из таблицы, наибольшие материальные затраты имели место на стадиях 4 и 5, т. е. при выплавке моделей и обработке оболочек после выплавки. Анализ показал, что наибольшие разрушения оболочек проявляются в процессе выплавки моделей. При этом извлечение оболочек из ванны выплавки и их обработка производятся вручную.

Поэтому на этой стадии, кроме технологических факторов, сильно проявляется человеческий фактор. Кроме того, расходы на зарплату на указанных стадиях значительно ниже, чем на стадиях сборки форм и их заливки вместе взятых. Они составляют почти 50% от общих затрат зарплаты в себестоимости литья. Расчет показал, что материальные затраты по потерянными оболочкам на стадиях формообразования значительно превышают затраты на зарплату на этих же стадиях. Это объясняется тем, что материальные затраты на стадиях формообразования носят безвозвратный характер, а материальные затраты на стадиях, связанных с расходом металла, т. е. с заливкой форм металлом, – возвратный характер. Поэтому расходы на зарплату на последних стадиях значительно превышают материальные затраты на потери отливок. Таким образом, что основными стадиями в оценке качества технологии являются именно стадии формообразования оболочек, а не величина брака отливок.

Анализ также показал, что выбор способа прокалики оболочек без опорного наполнителя, который обеспечивает значительное сокращение затрат на тепловую и электрическую энергию, должен проводиться с учетом существенного изменения состава огнеупорного покрытия и технологии формообразования оболочек. Применяемая на Челябинском инструментальном заводе технология формообразования комбинированной оболочки, как видно, не обеспечивает высокой экономичности в целом, хотя на стадии прокалики без опорного наполнителя достигается значительное сокращение расхода электроэнергии.

В связи с этим в технологию формообразования оболочек внесены существенные изменения. Изменен состав огнеупорной суспензии на основе ГРЭС для нанесения лицевых слоев оболочек. Для повышения термостойкости этилсиликатных покрытий в состав суспензии вводятся две добавки: пирогенный микрокремнезем марки ПМК и пирогенный алюмосиликатный порошок ПАСП производства фирмы ООО «ЭКОС».

Более подробные сведения о технологиях литья по выплавляемым моделям можно получить на сайте Челябинского предприятия ООО «ЭКОС»: www.uralvim.ru или по тел. (351) 280-46-13 и эл. почте: SDN@uralvim.ru.



Influence of the dynamic module on heat resistance of ceramic shells in casting under dispensable patterns is shown.

С. А. НИКИФОРОВ, Южно-Уральский государственный университет

УДК 621.74

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК В ЛВМ

Повышение термостойкости оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) является важной проблемой в повышении качества литья и снижения его себестоимости. Высокая термостойкость оболочковых форм позволяет проводить их прокаливку и заливку металлом без использования опорного наполнителя, что обеспечивает повышение производительности производства за счет сокращения продолжительности прокаливания, уменьшение расхода тепловой или электрической энергии, сокращение брака отливок по просечкам металла, керамическим включениям, поверхностным ужиминам и другим дефектам.

Известно [1], что единые и комбинированные оболочковые формы с использованием как жидкостекляных, так и этилсиликатных покрытий на основе обычного пылевидного кварца характеризуются сравнительно низкой термостойкостью. Замена пылевидного кварца на другие более термостойкие, но более дорогие наполнители, такие, как корунд, прозрачное (ПКС) и непрозрачное (НКС) кварцевые стекла, обычно приводят к увеличению себестоимости литья и не всегда гарантируют достижение высокой термостойкости оболочковых форм. Это связано с тем, что на термостойкость оболочковых форм оказывают влияние не только термические расширения материала наполнителя, но и термомеханические изменения, протекающие в связующих материалах в процессе изменения температур при прокаливании и заливке.

Исследования показали, что термомеханические свойства керамики с одинаковым огнеупорным наполнителем, например с пылевидным кварцем, но на разных исходных связующих материалах, например на основе жидкого стекла (ЖС) и гидролизованного этилсиликата (ГРЭТС), значительно отличаются.

Сравнение свойств выбранных типов связующих материалов проводили по изменению модулей упругости и сдвига в керамических образцах динамически резонансным методом при циклическом изменении температур нагрева и охлаждения, которые в определенной мере отражают термостойкость керамики в процессе прокаливания оболочковых форм.

Определение характеристик упругости керамики проводили на лабораторной установке мод. ИЧЗ-3410 (измеритель частоты и затухания). На установке можно определять упругие характеристики цилиндрических образцов из исследуемых материалов при введении их в частотные колебания разной формы: продольные, крутильные, изгибные. Испытания показали, что для исследуемых силикатных типов керамики наиболее удобно применять продольные колебания стержней резонансным методом.

Установлено, что после воздушной сушки образцы, сформированные из суспензий на ГРЭТС, имели динамический модуль упругости примерно на 20% больше, чем образцы, сформированные из жидкостекляных суспензий. Однако при нагреве образцов до температур около 800 °С упругие свойства материалов керамики резко изменились. Динамический модуль упругости у образцов на основе ГРЭТС увеличился по сравнению с исходной его величиной до нагрева примерно на 18%, а у образцов из жидкостекляных суспензий он уменьшился почти на 30%.

С увеличением продолжительности выдержки образцов при температуре 800 °С показатели динамического модуля упругости и сдвига заметно возрастают у этилсиликатных слоев оболочек примерно еще на 12%, а у жидкостекляных слоев эти показатели сначала уменьшаются почти до нуля,

но затем несколько увеличиваются при выдержке времени нагрева более 1 ч.

Установлено, что при снижении температуры образцов после предварительной выдержки их при высоких температурах упругие свойства материалов керамики снова существенно изменяются. Если динамический модуль этилсиликатных слоев керамики при снижении температуры с 800 до 600 °С уменьшился почти на 60%, то у жидкостекольных слоев керамики он увеличился почти в 10 раз.

Полученные результаты показали, что изменения упругих свойств керамики как на основе ГРЭС, так и на основе жидкого стекла в целом неблагоприятны для служебных свойств оболочек.

Изменения упругих свойств материалов керамики при циклических изменениях температур в процессе прокаливания и заливки форм в определенной мере характеризуют термостойкость оболочек. Полученные результаты во многом подтвердили многочисленные литературные сведения о низкой термостойкости как этилсиликатных, так и жидкостекольных материалов керамики.

С целью повышения термостойкости керамических форм проверили влияние различных добавок в составе огнеупорных суспензий. Добавки по химической природе разделили на три группы: кислые, нейтральные и основные. В качестве кислых добавок проверили аэросил кремнеземистый, мелкодисперсные отсеvy вспученного перлита, пирогенный микрокремнезем (ПМК), из нейтральных материалов – добавки микропорошков корунда в виде циклонной пыли, образующейся в системах газоочистки абразивного производства, пыль газоочистки, образующаяся при обжиге глин шамотного производства. В качестве основных материалов проверили углекислые соли кальция и магния в виде пылевидных отходов в системах газоочистки, образующихся при дроблении магнезита и известняка.

Установлено, что термостойкость силикатных связей, сформированных как на основе ГРЭС, так и на основе жидкого стекла, значительно увеличивается при использовании в составах суспензий пирогенного микрокремнезема и пирогенного алюмосиликатного порошка.

Наилучшие результаты при исследовании динамического модуля упругости керамических материалов получены при использовании пирогенного микрокремнезема (ПМК). Микрокремнезем марки ПМК-85 поставляется фирмой ООО «ЭКОС», который представляет собой мелкодисперсный порошок с преобладающим размером частиц около 0,001 мкм. Особенность ПМК состоит в том, что он содержит часть соединения кремнезема в виде «коусита» (SiO), который при прокаливании сили-

катной керамики способствует погашению напряжений, как в самой силикатной связке, так и в огнеупорном кварцевом наполнителе. Другой особенностью ПМК является то, что он содержит до 5% моносилката кальция, который способствует упрочнению этилсиликатной связки при формировании оболочек в процессе воздушной сушки.

Опыт работы на Курганском машиностроительном заводе «КМЗ» показал, что добавка ПМК в огнеупорные суспензии на основе ГРЭС около 8–10% обеспечивает повышение прочности оболочек после воздушной сушки на 30–50%. При этом при циклических сменах температур в процессе прокаливания и заливки оболочек термостойкость их повышается почти на 40%. Это связано с тем, что при нагреве оболочек модуль упругости этилсиликатной керамики стабилизируется и практически не меняется при циклической смене температур.

Повышение термостойкости оболочек на основе ГРЭС за счет добавок ПМК позволяет применить технологию прокалики и заливки оболочек без использования опорного наполнителя.

Особый интерес для практики представляет применение ПМК в жидкостекольных покрытиях при формировании как единых, так и комбинированных оболочковых форм. Анализ показал, что добавка ПМК в жидкостекольное связующее увеличивает его силикатный модуль. При этом связующие свойства жидкого стекла улучшаются при прочих равных условиях. Это связано с тем, что ПМК активно взаимодействует с водными растворами с образованием коллоидного кремнезема. Причем содержащийся в ПМК коусит при взаимодействии с жидким стеклом способствует увеличению плотности электрического заряда мицелл коллоидного кремнезема и, тем самым, повышает связующие свойства жидкого стекла. Поэтому ПМК может быть использован как модификатор стандартного жидкого стекла не только для ЛВМ, но и для формовочных и стержневых жидкостекольных смесей.

Вместе с тем, установлено, что добавка ПМК значительно повышает огнеупорность и термостойкость жидкостекольной керамики. Расчеты показали [2], что добавками ПМК можно увеличить силикатный модуль жидкостекольной керамики до 4,5–5,0 ед.

Согласно диаграмме состояния $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ [3], при добавлении в жидкостекольную суспензию ПМК в количестве до 10% огнеупорность керамики увеличивается почти до 1300 °С и выше, что позволяет повысить динамический модуль упругости жидкостекольных слоев оболочек и исключить их пластическую деформацию в процессе прокалива-

ния, имеющую место при использовании в качестве связующего обычного жидкого стекла.

Более подробные сведения о составе модификаторов жидкого стекла, а также этилсиликатов

и технологиях литья по выплавляемым моделям можно получить на сайте Челябинского предприятия ООО «ЭКОС»: www.uralvim.ru или по тел. (351) 280-46-13 и эл. почте: SDN@uralvim.ru.

Литература

1. Кулаков Б. А., Никифоров С. А., Фролова Н. Ю. Пути повышения термической стойкости оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям // Вопросы теории и технологии литейных процессов: сб. науч. тр.: Челябинск, ЧГТУ, 1996.
2. Никифоров С. А. Химическое модифицирование жидкого стекла для получения высококремнеземистого литейного связующего. Челябинск: ЮУрГУ, 1999. 24 с. Деп. в ВИНТИ, № 2811-В99.
3. Физическая химия силикатов: Учеб. для студентов вузов / Под. ред. А. А. Пашенко. М.: Высш. шк., 1986.