

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЖИГА И ПОДГОТОВКИ ФОРМЫ К ЗАЛИВКЕ РАСПЛАВА

Томилин Е.М., группа НАП-06см

Руководитель проф. каф. ЭТ Чичикало Н.И.

Аннотация. В данной статье рассмотрен, как объект контроля, агрегат термической подготовки заливочных форм и определены факторы, влияющие на качество отливки на участке точного литья.

Введение. В настоящее время, для производства деталей сложных форм, наиболее целесообразным является метод точного литья, с минимальной или без последующей механической обработки. Существуют различные виды данного типа производства: литьё в песчано-глинистые формы, литьё в кокиль, литьё под давлением. В данной статье речь пойдёт о точном литье в так называемые «ёлки», представляющие собой набор песчано-глинистых, заливаемых, форм деталей, соединённых с общим колодцем. Данные «ёлки» подвергают предварительному спеканию в печах, непосредственно перед заливом, для повышения их механической прочности перед давлением заливаемого расплава, а также для снижения шероховатости внутренней поверхности формы, контактирующей с металлом, качество которой непосредственно влияет на качество поверхности отливки. Таким образом, для повышения качества отливок, необходимо соблюдать строгий температурный режим спекания форм.

Постановка задачи. Проанализировать влияние температуры отжига отливочных форм, на качество последующих отливок и рассмотреть структурную схему прибора, который бы обеспечил выполнение необходимого температурного режима.

Литьё по выплавляемым моделям. Сущность способа литья по выплавляемым моделям состоит в том, что модель изготавливают из такого материала, который без разрушения формы можно выплавить, выжечь или растворить и

получить неразъемную форму, что обеспечивает высокую геометрическую точность отливок (рис. 1). Чаще всего для модели используют легко выплавляемую воскообразную массу. Разовые модели 1 отливки изготавливают в пресс-формах 2 путем заливки или запрессовки шприцем модельной массы. Затем модели собирают в блоки 3. На поверхность модельного блока окунанием наносят слой 4 жидкой смеси — суспензии, состоящей из пылевидного огнеупорного материала, например, пылевидного кварца, корунда, и связующего — коллоидного раствора SiO_2 . Полученный слой смеси обсыпают зернистым огнеупорным материалом 5 (песком, шамотом) и сушат. При сушке растворитель испаряется, в результате чего коллоидный раствор SiO_2 из неустойчивого состояния — золя переходит в устойчивое — гель. Гель связывает зерна огнеупора, и оболочка 6 приобретает прочность. Затем наносят новый слой суспензии и снова обсыпают зернистым огнеупором. В результате получают 4–6-слойную оболочку на поверхности блока моделей. После этого выплавлением или растворением в горячей воде 7 из оболочки удаляют модель. Полученную многослойную оболочковую форму заформовывают в сыпучем огнеупорном наполнителе — сухом кварцевом песке — в опоках 8 из жаростойкой стали.

Для удаления из оболочковой формы влаги и остатков модельной массы ее прокаливают в печах 9 при 900–1000°C. Прокаленную оболочковую форму в нагретом состоянии заливают металлом 10. После охлаждения отливок их поверхность очищают от оболочки формы, которая легко отделяется от наружных поверхностей, но удерживается в отверстиях и полостях отливок. Из этих мест отливок оболочка удаляется выщелачиванием. Щелочь, взаимодействуя с оболочкой, образует раствор силиката натрия. После выщелачивания отливки промывают в подогретой воде и сушат. Отливки подвергают термической обработке и контролируют. Процесс литья по выплавляемым моделям применяют для получения отливок сложной конфигурации с толщиной стенки до 0,5 мм преимущественно из стали и жаропрочных сплавов, трудно обрабатываемых резанием.

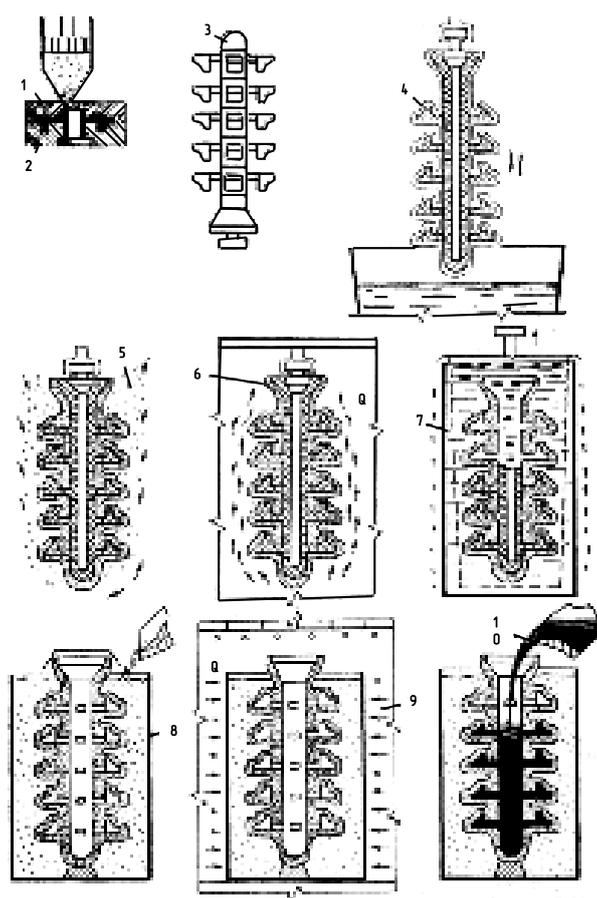


Рисунок 1 — Последовательность операций изготовления отливок по выплавляемым моделям

Преимущества этого способа: возможность изготовления деталей из сплавов, не поддающихся механической обработке; получение отливок с точностью размеров до 11–13 качества и шероховатостью поверхности R_a 2,5–1,25 мкм, что в ряде случаев устраняет обработку резанием; возможность получения узлов машин, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей. Литье по выплавляемым моделям используют в условиях единичного (опытного), серийного и массового производства. Экономические показатели этого способа, рациональность его применения зависят от номенклатуры отливок. Наиболее целесообразно изготавливать таким способом мелкие, сложные по конфигурации отливки, а также крупные

отливки, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров и чистоте литой поверхности, отливки из труднообрабатываемых сплавов.

Объект контроля. Объект, по своей сути, является печью, оборудованной беспламенными газовыми горелками, с тремя выделяемыми зонами: $(500-600)^\circ\text{C}$, $(900-1000)^\circ\text{C}$, $(1400)^\circ\text{C}$ (рис. 2). Температура первой зоны обуславливается введением новых форм и как следствие — постоянными потерями теплоты. Температура второй зоны обуславливается температурой отжига технологического процесса. Температура третьей зоны — температурой перегрева расплава. Необходимо измерять температуру в различных точках и поддерживать её постоянной.

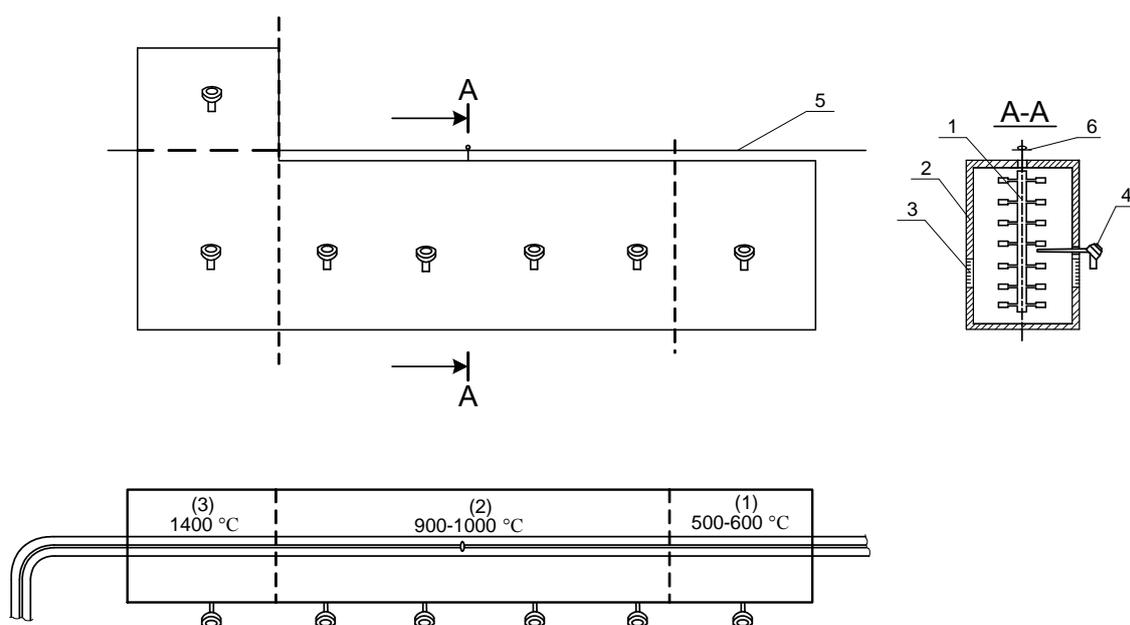


Рисунок 2 — Схема участка отжига и подготовки формы к заливке расплава, где 1 — «ёлка», 2 — огнеупорная футеровка, 3 — газовые горелки, 4 — термопара, 5 — рельсы каретки, 6 — каретка

Проникновение расплава в форму. Существует несколько теорий, объясняющих механизм проникновения расплава в форму. Согласно одной предполагается проникновение металлических паров в поры формовочного материала и их последующее конденсирование. Однако расчеты показали, что

количество конденсирующегося пара было бы слишком мало, чтобы вызвать проникновение металла в форму. Против этой теории свидетельствует и то, что химический состав проникающего металла такой же, как в отливке. С учетом большой разницы давлений паров различных элементов в металле такая предполагаемая конденсация не могла бы осуществиться. При контакте расплава с формой могут наблюдаться два случая: расплав не проникает в поры между зернами; расплав проникает в поры между зернами и просачивается по ним в глубину формовочной смеси.

Механическое воздействие давления расплава. Математико-физическая граница между этими двумя случаями определена так называемым критическим давлением, характеризующим проникновение расплава в поры формы. Его можно определить как давление, необходимое для вдавливания расплава в капилляр (рис. 3). Для его расчета и экспериментального измерения можно с определенным приближением применить капилляр радиусом r , соответствующим размерам пор между зернами уплотненной формы. Давление против проникновения расплава между зернами песка описывается уравнением

$$p_z = -\frac{2\sigma_{II}\cos\delta}{r}, \quad (1)$$

где p_z — давление против проникновения металла в форму, Па; σ_{II} — поверхностное натяжение жидкого металла, Н/м; δ — краевой угол смачивания между капилляром и жидким металлом; r — радиус капилляра, м.

Так, например, давление, препятствующее проникновению металла в капилляр радиусом $r=0,2\cdot 10^{-3}$ м (что примерно соответствует слабо уплотненной форме с наполнителем шаровидной формы диаметром $d=1\cdot 10^{-3}$ м), при $\delta=180^\circ$ и $\sigma_{II}=1,5$ Н/м равно $15\cdot 10^{-3}$ Па, что соответствует статическому напору 1,5 м H_2O или 0,214 м сплава плотностью $\rho=7\cdot 10^3$ кг/м³.

Отрицательное значение p_z , указывает, что мениск расплава (который является вогнутым) соответствует давлению, направленному от границы «металл — газ» в форму. Очевидно, что величина p_z полученная из

приведенного уравнения, отражает внутреннее давление, препятствующее проникновению металла в капилляр, а его превышение приводит к проникновению металла в капилляр.

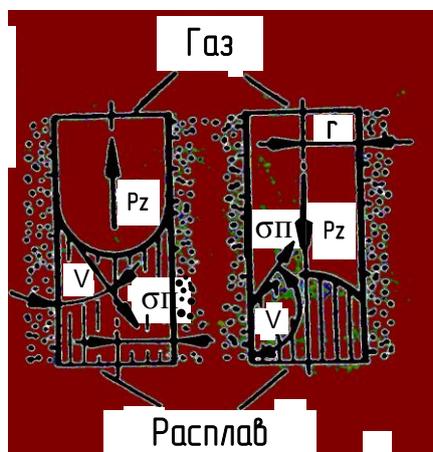


Рисунок 3 — Взаимодействие сил, при проникновении расплава в поры формы

Очевидно, что вдавливание металла в капилляр может быть вызвано внешним давлением (например, газом) или вакуумом на конце капилляра. Опасного значения давление может достичь и под действием металлостатического напора металла, заполняющего форму при атмосферном давлении. Для второго случая можно рассчитать минимальный напор h_{II} , соответствующий высоте металла плотностью ρ , при котором металлостатическое давление находится в равновесии с давлением поверхностного натяжения. Металлостатическое давление определяется из уравнения.

$$\rho_M = h_{II} \rho g \quad (2)$$

После подстановки этого выражения в уравнение для определения давления расплава в капилляре можно рассчитать напор h_{II} — так называемый критический металлостатический напор:

$$h_{II} = - \frac{2\sigma_{II} \cos \delta}{r \rho g} \quad (3)$$

Очевидно, что один и тот же металл при постоянной температуре ($\rho = \text{const}$, $\sigma_{II} = \text{const}$), если предположить одинаковое значение δ , будет тем хуже

проникать в зазоры между зёрнами (капилляр), чем меньше будет их размер, т.е. чем больше будет степень уплотнения формовочного материала. С увеличением уплотнения формы, таким образом возрастает критический напор h_{II} , вызывающий проникновения металла между зёрнами наполнителя.

Если угол смачивания δ будет меньше 90° , то материал смачивается расплавом что способствует проникновению металла в капилляры, так как выражение для критического металлостатического давления принимает отрицательное значение. Другими словами, металл засасывается в форму без металлостатического давления. У металлов и сплавов с низкой плотностью (которую имеют легкие металлы и сплавы) опасность проникновения металла в пространства между зёрнами небольшая, поскольку при низкой плотности этих материалов (ρ) критическое давление h_{II} очень высокое.

Критическое давление h_{II} колеблется для стали, заливаемой в нормально уплотненные формовочные смеси, в интервале 0,5–0,7 м столба жидкой стали. Если для песка со средней величиной зерна ($d_{50}=1 \cdot 10^{-3}$ м) критический напор $h_{II}=0,36$ м столба стали, то для песка со средней величиной зерна $d_{50}=6 \cdot 10^{-5}$ м) этот напор повышается до 1,6 м столба стали. Проникновение металла, таким образом, снижается при уменьшении зерен песка. Установлена взаимосвязь между проникновением металла, с одной стороны, и газопроницаемостью, величиной зерна и температурой спекания, с другой. Экспериментально была показана зависимость между проникновением расплава в формы и их газопроницаемостью, поскольку поведение формы при прохождении через нее воздуха и жидкого металла одинаково. Экспериментальные работы показали, что давление, необходимое для преодоления поверхностного натяжения и создания условий для непрерывного проникновения расплава в форму, прямо пропорционально величине поверхностного натяжения данного металла.

Эффективность действия поверхностного натяжения может значительно измениться при образовании на поверхности расплава окисной пленки. Это можно наблюдать, например, в расплавленном алюминии, поверхность которого покрыта

оксидной пленкой, повышающей кажущееся поверхностное натяжение до трех раз. После заливки происходит интенсивная передача тепла металла в форму. Вследствие этого поверхностный слой формовочной смеси за короткое время нагревается до высокой температуры, в то время как более удаленные слои смеси (рис.4) остаются непрогретыми. Возникший градиент температуры на поверхности формы вызывает неравномерное расширение отдельных слоев смеси.

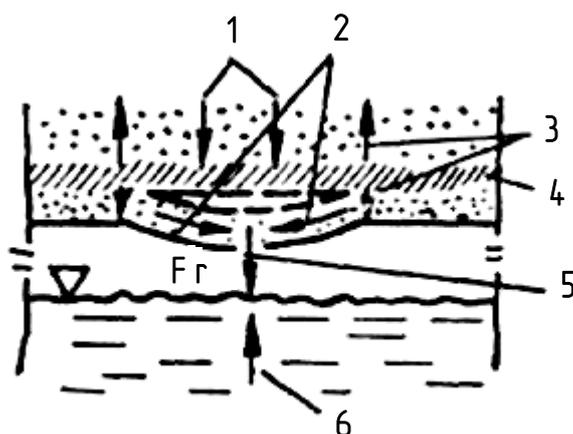


Рисунок 4 — Факторы, влияющие на образование ужимин

где 1 — давление газов; 2 — сжимающее напряжение, обусловленное расширением зёрен песка; 3 — растягивающее напряжение смеси; 4 — конденсационная зона; 5 — результирующая сила, вызывающая отслоение поверхностной корки смеси; 6 — направление перемещения поверхности расплава.

Вывод. Для получения деталей, соответствующих требованиям точного литья необходим контроль температуры на всех этапах заливки, отжига и охлаждения.

Перечень ссылок

1. Теоретические основы литейной технологии. А. Ветишка, Й. Брадик и др. — Киев, «Вища школа», 1981.
2. Технология литейного производства Н.Д. Титов, Ю. А. Степанов. — Москва, Машиностроение, 1985.
3. Тепломасообмін. В. Й. Лабай. — Львів, «Тріада плюс», 2004.