

Таким образом, правильный выбор типа и размеров устанавливаемых прибылей позволяют полностью перекрыть зоны их действия, что позволит получить отливки без образования усадочных дефектов при использовании минимального количества дополнительного металла.

УДК 621.745.

Литейные свойства чугуна с вермикулярной формой графита

Студент гр. 104310 Севостьяничук Д.В.
Научный руководитель – Соболев В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Качество литых чугунных деталей зависит не только от механических, но в значительной степени и от литейных (технологических) свойств чугуна. Механические свойства, определяемые на специальных образцах, могут быть достигнуты в реальных отливках только в том случае, если технология их изготовления основана на учете хорошо изученных особенностей литейных свойств сплава.

Литейные свойства оказывают существенное влияние на заполняемость формы, которая в свою очередь обеспечивает получение тонкостенных деталей сложной конфигурации, и определяют возможность получения отливок без усадочных раковин, неметаллических включений, трещин и других литейных дефектов и с определенной размерной точностью.

Основным свойством, характеризующим способность сплава заполнять литейную форму и получать соответствующую ей четкую конфигурацию отливки, является жидкотекучесть.

Для ЧВГ оптимального состава с углеродным эквивалентом $C_{\text{э}}=4,3\pm 4,5\%$ определяли жидкотекучесть путем заливки металла с различной температурой (1543 – 1663К) под постоянным гидростатическим давлением в жидкостекольную форму, имеющую канал в виде спирали сечением размером 50 мм и длиной 1500 мм.

Результаты экспериментов показывают, что данный чугун имеет хорошую жидкотекучесть, которая возрастает с повышением температуры заливки и по своим значениям практически не отличается от жидкотекучести чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом. Это позволяет в промышленных условиях отливать из ЧВГ очень сложные по конфигурации детали с различной толщиной стенки.

Другим, не менее важным литейным свойством чугуна является усадка, которая определяет его склонность к образованию усадочных дефектов в отливках.

Известно, что серый чугун имеет небольшую склонность к образованию усадочных раковин. Это объясняется тем, что на выделение графита при эвтектической кристаллизации, сопровождающееся увеличением объема, способствует уменьшению усадочной раковины, а иногда и полному ее устранению. В белом чугуне в процессе кристаллизации графит вообще не выделяется, поэтому в отливках образуются усадочные раковины и усадочная пористость значительного объема (10-12%). В отличие от серого ЧПГ высокопрочный ЧШГ, несмотря на выделение графита в процессе кристаллизации, обладает большой склонностью к образованию усадочных раковин.

Одни исследователи объясняют это тем, что процесс выделения графита в высокопрочном ЧШГ происходит частично до эвтектической кристаллизации, в период, когда формирование усадочной раковины еще не началось, а также частично в твердом состоянии, когда процесс усадочной раковины уже закончился. Поэтому некоторый рост графита в период эвтектической кристаллизации не может полностью компенсировать усадку чугуна. Другие авторы считают, что повышенная склонность ЧШГ к образованию усадочных дефектов вызвана большой величиной его предусадочного расширения.

Благодаря последнему отливки из ЧШГ при охлаждении в форме увеличивают свои размеры, что приводит к увеличению объема залитой формы и, как следствие, к возрастанию дефицита питания, в результате чего образуются усадочные дефекты значительно больших размеров, чем в сером чугуна. Такое предположение подтверждается экспериментальными данными, свидетельствующими о снижении объема усадочной раковины, в отливках при использовании малоподатливых литейных форм, препятствующих появлению предусадочного расширения чугуна.

К вышеупомянутым причинам, вызывающим усадку ЧШГ, необходимо добавить следующее. В процессе кристаллизации этого чугуна, в отличие от серого, выделяющиеся в шаровидной форме включения графита, ввиду своего минимального объема (при одинаковом количестве выделившегося графита шаровидные включения имеют наименьший объем), в значительно меньшей степени компенсирует усадку металла в твердо-жидком состоянии, т.е. в процессе эвтектической кристаллизации. Кроме того, выделение графита при эвтектической кристаллизации в ЧШГ происходит в условиях переохлаждения, т.е. при более низких температурах, когда уже сформировавшийся прочный скелет дендритов аустенита препятствует расширению и компенсации возникающих усадочных дефектов. При этом основной рост большинства глобулей происходит в оболочке аустенита, которая также в известной степени препятствует увеличению объема за счет выделения графита, в результате чего лишь только частично компенсируется объем образующейся усадочной раковины.

Результаты исследований в зависимости объема концентрированной усадочной раковины от степени сфероидизации графита показывают, что объем усадочной раковины у ЧВГ с ростом количества шаровидных включений до 30% изменяется незначительно и составляет 2-3%. С последующим увеличением доли шаровидного графита (ШГ) концентрированная усадочная раковина достигает величины, характерной для ЧШГ (5-7%).

Установлено также, что у ЧВГ в зависимости от химического состава и степени сфероидизации графита (до 30% шаровидного), объем концентрированной усадочной раковины изменяется в пределах 1-4% и, как и для ЧПГ, имеет тенденцию к уменьшению с увеличением степени эвтектичности чугуна.

Эти особенности образования усадочных дефектов в отливках из ЧВГ помогают объяснить результаты исследования кинетики протекания литейной усадки во времени и ее изменение в зависимости от температуры.

Кинетику изменения свободной усадки ЧВГ изучали на специальном приборе при отливке образца $\varnothing 20 \times 200$ мм с одновременной автоматической записью кривой протекания усадки и температурной кривой охлаждения образца. Последующий совместный анализ этих кривых позволяет установить температурную зависимость усадки во времени.

В таблице 1 приведены данные о величине линейной усадки для чугунов с различной формой графита.

Таблица 1 – Величина линейной усадки для чугунов с различной формой графита

Форма графита	$C_3 = C+I/Si, \%$	$\sigma_{в}, \text{ кгс/мм}^2$	Этапы линейной усадки, %				Линейная усадка, % $\epsilon_{\text{лин}}$
			предусадочное расширение, $\epsilon_{\text{яр}}$	доперлитная усадка, $\epsilon_{\text{дп}}$	расширение при перлитном превращении, $\epsilon_{\gamma \rightarrow \alpha}$	последперлитная усадка, $\epsilon_{\text{пп}}$	
Пластинчатая	3,85	33,4	0,13	0,33	0,00	0,93	1,31
Вермикулярная	4,59	38,6	0,30	0,36	0,03	1,03	1,06
Вермикулярная	3,75	48,0	0,24	0,46	0,00	0,96	1,18
Шаровидная	4,41	-	0,60	0,40	0,05	1,05	0,80
Шаровидная	3,82	-	0,43	0,48	0,03	0,97	1,02

Анализ данных показал, что у ЧВГ, как и у ЧПГ и ЧШГ, протекание линейной усадки ($\epsilon_{\text{лин}}$) складывается из следующих основных этапов: предусадочного расширения ($\epsilon_{\text{пр}}$), доперлитный ($\epsilon_{\text{дп}}$) и послеперлитный ($\epsilon_{\text{пп}}$) и расширения при перлитном превращении ($\epsilon_{\gamma \rightarrow \alpha}$). При этом по абсолютной величине отдельные этапы линейной усадки ЧВГ несколько отличаются от ЧПГ и ЧШГ. Прежде всего, это относится к величине предусадочного расширения. Абсолютная величина предусадочного расширения ЧВГ несколько больше, чем у ЧПГ, но почти в два раза меньше, чем у ЧШГ. При этом для чугунов с различной формой графита характерна закономерность: с уменьшением степени их эвтектичности уменьшается предусадочное расширение и увеличивается линейная усадка.

Также можно отметить, что предусадочное расширение у ЧВГ, как и у ЧПГ, происходит в основном при эвтектической кристаллизации, в то время как у ЧШГ оно начинается выше температуры эвтектической кристаллизации и заканчивается в твердом состоянии. Такая разница в величине и времени проявления предусадочного расширения у чугунов с вермикулярным и шаровидным графитом, по-видимому, и объясняет их различие в склонности к образованию усадочных дефектов.

Малая по сравнению с высокопрочным чугуном величина предусадочного расширения ЧВГ в первый момент кристаллизации обуславливает сохранение первоначальных размеров отливки и литейной формы, что способствует сокращению объема усадочной раковины за счет меньшего при этих условиях дефицита жидкого металла для питания отливки. Кроме того, выделение основной массы достаточно разветвленных вермикулярных включений графита в период эвтектической кристаллизации также способствует более полной компенсации усадки чугуна в жидко-твердом состоянии. В результате этого ЧВГ имеет более низкую склонность к образованию усадочных дефектов, чем ЧШГ, и незначительно отличается по этому показателю от ЧПГ.

Таким образом, ЧВГ обладает высокими литейными свойствами и может широко применяться вместо ЧПГ, а также успешно использоваться в некоторых случаях вместо ЧШГ при получении сложных фасонных отливок, в которых трудно, а порой и невозможно предотвратить образование усадочных дефектов. При такой замене наряду с повышением теплотехнических характеристик обеспечиваются более высокая плотность кристаллизующегося металла и конструктивная прочность детали в целом, что в значительной степени компенсирует некоторое снижение прочностных свойств ЧВГ по сравнению с отдельными марками высокопрочного ЧШГ.

УДК 621.745.

Литье в песчано-глинистые формы магниевых сплавов

Студент гр. 104310 Петровец С.В.
Научный руководитель – Чичко А.Н.,
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Особенности литья магния и его сплавов определяется возможностью их самовоспламенения при температурах на 10-20 °С, превосходящих их температуру плавления, равную 680 °С для чистого магния и около 650 °С – для его сплавов, что требует применения при плавке специальных защитных атмосфер или флюсов.

Стандарт NF П 57-704 (Франция) регламентирует марки магниевых сплавов, их обозначение и свойства. Стандарт включает сплавы на основе системы Mg–Al–Zn: G-A8Z, G-A9Z, G-A6Z3, и сплавы, содержащие цирконий: G-Z5Zr, G-Z4TRZr, G-TR3Z2Zr, G-Z6Th2Zr, G-Zr, G-Th3Z2Zr, G-Ag3TR2Zr (TR – обозначение PM3).

Основные легирующие элементы магниевых сплавов: алюминий – растворим в магнии, измельчает зерно сплавов, улучшает жидкотекучесть; цинк – используется в ограничен-