



It is shown that Cr, Si and Cu influence mostly on the process of structure formation of castings at founding by directional hardening.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ю. СТЕЦЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧШГ НА СТРУКТУРУ ЗАГОТОВОК ПРИ ЛИТЬЕ НАПРАВЛЕННЫМ ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ

Чугун с шаровидным графитом (ЧШГ) является одним из наиболее перспективных материалов для современного машиностроения. Сдерживание производства ЧШГ в Республике Беларусь, как и в странах СНГ, определяется технологическими трудностями в получении отливок без отбела с заданными свойствами. Известно, что ЧШГ имеет высокую склонность к метастабильной кристаллизации. Это приводит к тому, что основная масса литья из этого чугуна подвергается длительной термической обработке (отжигу). Метод литья направленным затвердеванием позволяет получать полые цилиндрические заготовки из ЧШГ без отбела с заданной структурой [1, 2]. Она, как известно, во многом зависит от химического состава отливок ЧШГ.

Исследовали влияние углерода, марганца, кремния, хрома и меди на структуру заготовок из ЧШГ. Основу шихты для плавки ЧШГ составлял чугун ПВК-2 состава, %: углерод – 4,24; кремний – 0,71; марганец – 0,56; фосфор – 0,05; хром – 0,017; сера – 0,023. Плавку проводили в индукционной печи ИСТ-016 с кислой футеровкой. Температура жидкого металла составляла 1760–1780 К. Сфероидизирующее модифицирование проводили в ковше «сэндвич»-процессом совместно с графитизирующим модифицированием 75%-ным ферросилицием. Перед сфероидизирующим модифицированием расплав обрабатывали 75%-ным ферросилицием в количестве 0,3%

от массы плавки. В качестве сфероидизирующих модификаторов использовали лигатуру ЖКМК-5р состава, %: магний – 9,3, кальций – 5,6, РЗМ-4, кремний – 53,3, остальное – железо и лигатуру ФСМг состава, %: магний – 6,9, кальций – 2,7, алюминий – 0,78, РЗМ – 106, кремний – 50,0, остальное – железо. Сфероидизирующую лигатуру добавляли в количестве 1,2 – 1,4 % от массы плавки. Разливку модифицированного расплава осуществляли при температуре 1635 К на двухпозиционной машине непрерывно-циклического литья намораживанием. Извлекаемые из кристаллизатора заготовки помещали в закрывающийся ящик, футерованный ультраалюмокремневым шамотным кирпичом. В нем отливки самоотжигались, охлаждаясь со скоростью 0,2 К/с. Это обеспечивало получение литых заготовок без отбела. При литье ЧШГ методом направленного затвердевания углеродный эквивалент отливок должен составлять 4,0–4,2 [3]. Концентрация кремния в заготовках из ЧШГ обычно не превышает 3% [4]. Это объясняется тем, что предельное содержание кремния, переводящее ЧШГ в хрупкое или частично хрупкое состояние за счет образования силикокарбидов составляет около 3% [5]. Поэтому содержание углерода в отливках, полученных литьем направленным затвердеванием, обычно находится в интервале 3,1–3,5%. В этом диапазоне углерод, при прочих равных условиях, влияет на структуру отливок ЧШГ (см. таблицу).

Влияние углерода на структуру отливок ЧШГ

Номер плавки	Модификатор	Химический состав, %							Содержание феррита, %
		C	Si	Mn	Cr	P	Ni	Cu	
9064	ЖКМК-5р	3,41	2,5	0,68	0,2	0,07	0,68	0,6	30
9068	ЖКМК-5р	3,13	2,6	0,67	0,19	0,06	0,65	0,63	40

На основании приведенных данных (см. таблицу) следует полагать, что при литье направленным затвердеванием углерод в диапазоне концентрации 3,1–3,4 слабо влияет на структурообразование в отливках ЧШГ.

Влияние марганца на структуру ЧШГ исследовали для заготовок следующего состава, %: углерод – 3,33–3,49; марганец – 0,13–1,12; кремний – 2,70–2,89; хром – 0,13–0,14; фосфор – 0,06–0,10; никель – 0,5–0,63; медь – 0,45–0,65.

Результаты приведены на рис. 1. При содержании марганца 0,13% отливки получались полностью ферритными, при $Mn = 1,12\%$ — перлитно-ферритными с содержанием эвтектического цементита 2–4%. В диапазоне концентрации 0,4–0,7% марганец слабо влияет на структурообразование в отливках ЧШГ.

Влияние хрома на структуру ЧШГ исследовали для заготовок следующего состава, %: углерод — 3,15–3,31; марганец — 0,50–0,69; кремний — 2,70–2,9; хром — 0,08–0,27; фосфор — 0,06–0,07; никель — 0,48–0,67; медь — 0,50–0,63. Результаты представлены на рис. 2. При содержании хрома 0,08% структура отливок полностью ферритная. При концентрации хрома 0,20% — перлитно-ферритная, при $Cr = 0,27\%$ в структуре отливок содержится до 6% цементита.

Влияние кремния и меди на структуру ЧШГ исследовали для заготовок следующего состава, %: углерод — 3,36–3,47; марганец — 0,50–0,67; фосфор — 0,06–0,09; никель — 0,45–0,56; кремний — 1,60–3,0; хром — 0,08–0,15; фосфор — 0,06–0,07; медь — до 0,64.

Поскольку хром оказывает очень большое влияние на процесс структурообразования заготовок ЧШГ, то влияние кремния и кремния с медью исследовали для двух диапазонов концентрации хрома. Первый — 0,08–0,1% Cr, второй — 0,13–0,15% Cr. Результаты исследований показаны на рис. 3. Из рисунка следует, что кремний и медь, как и хром, оказывают существенное влияние на процесс структурообразования заготовок при литье направленным затвердеванием. В отсутствие меди при $Cr \leq 0,1\%$, используя в качестве сфероидизирующего модификатора лигатуру ФСМг-6, полностью ферритные литые заготовки можно получать при минимальной концентрации кремния 2%. Медь увеличивает эту концентрацию до 2,5%, а увеличение хрома до 0,13–0,15% — до 3%.

Установлено, что сфероидизирующая лигатура ЖКМК-6 обладает большей графитизирующей способностью, чем лигатура ФСМг-4 [6]. Это объясняется тем, что в ЖКМК-6 больше концентрация РЗМ. В используемой лигатуре ЖКМК-5р 4% РЗМ, а в ФСМг-6 — только 1,06%. Поэтому графитизирующая способность сфероидизирующего модификатора ЖКМК-5р выше, чем ФСМг-6. Отсюда следует, что при использовании лигатуры ЖКМК-5р полностью ферритные литые заготовки можно получать при содержании кремния в отливках ЧШГ менее 2%. При этом в них не должна содержаться медь, а концентрация хрома — не превышать 0,1%.

Таким образом, при литье направленным затвердеванием для стабильного получения литых заготовок без эвтектического цементита необходимо, чтобы $Mn \leq 1\%$; $Cr \leq 0,2\%$. Кремний, хром и медь оказывают существенное влияние на получение литых заготовок ЧШГ с заданной структурой.

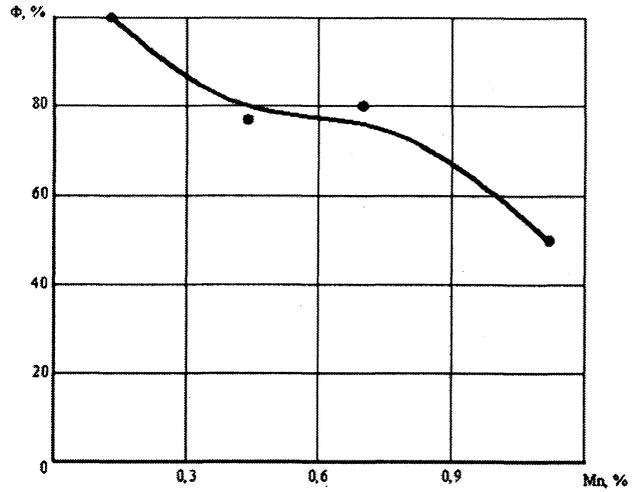


Рис. 1. Влияние марганца на литую структуру заготовок ЧШГ, сфероидизирующий модификатор ЖКМК-5р

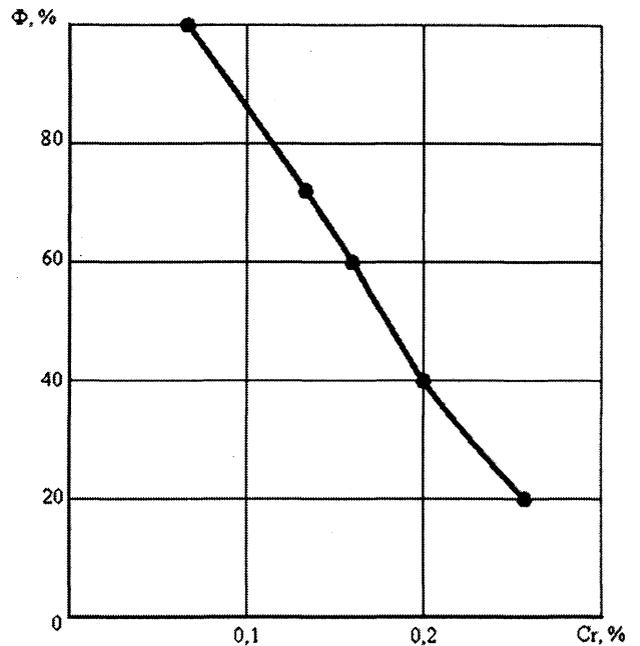


Рис. 2. Влияние хрома на литую структуру заготовок ЧШГ, сфероидизирующий модификатор ЖКМК-5р

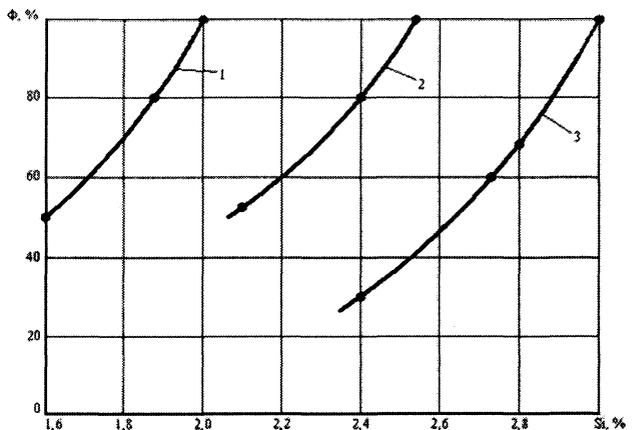


Рис. 3. Влияние кремния и меди на литую структуру заготовок ЧШГ: 1 — сфероидизирующий модификатор ЖКМК-5р, $Cu = 0,50-0,64\%$, $Cr = 0,13-0,15\%$; 2 — сфероидизирующий модификатор ФСМг-6, $Cu = 0,50-0,64\%$, $Cr = 0,08-0,10\%$; 3 — сфероидизирующий модификатор ФСМг-6, $Cr = 0,08-0,10\%$

Литература

1. Мазько В.С., Павленко З.Д., Стеценко В.Ю. Получение отливок из высокопрочного чугуна методом направленного затвердевания // Современные технологии процесса получения высококачественных отливок, повышение стойкости литейной оснастки и режущего инструмента: Тез. докл. Чебоксары, 1987. С.125.
2. Стеценко В.Ю., Мазько В.С. Литье полых цилиндрических отливок из ВЧШГ методом направленного затвердевания // Повышение качества непрерывнолитых заготовок и эффективности процесса: Тез. докл. Могилев, 1990. С.58.
3. Марукович Е.И., Мазько В.С., Стеценко В.Ю. Затвердевание отливок из чугуна с шаровидным графитом при непрерывно-циклическом литье // Литье и металлургия. 2001. № 2. С. 58–59
4. Щербатинов Н.П., Абраменко Ю.Е., Бех Н.И. Высокопрочный чугун в машиностроении. М.: Машиностроение, 1988.
5. Шевчук Л.А. Структура и свойства чугуна. Мн.: Наука и техника, 1978.
6. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Чудков С.Р. Влияние сфероидизирующих модификаторов на графитизацию чугуна при непрерывном горизонтальном литье // Литье и металлургия. 2000 № 1. С. 33–36.