

**А.Ю.Борисенко, Ю.Н.Голованов, В.Н.Литвинов,
В.С.Лучкин, А.А.Качуренко**

О ВЛИЯНИИ СТРУКТУРНОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ В ОТЛИВКАХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Приведены результаты исследования явления структурной наследственности в отливках поршневых колец из серого заэвтектического чугуна. Показано неоднозначное влияние структуры используемых литейных чугунов на структуру получаемых отливок.

В период 50–70-х годов XX века многочисленные исследования специалистов в области литейного производства были посвящены изучению наследственного влияния шихтовых материалов на структуру и свойства отливок из серого чугуна. Из них наибольшую известность получили работы ленинградской школы металлургов–литейщиков, выполненные под руководством Н.Г.Гиршовича. Изучение структурной наследственности применительно к цветным сплавам в дальнейшем было продолжено в 90-е годы того же столетия самарской школой исследователей под руководством В.И.Никитина.

Особое внимание в вопросе изучения структурной наследственности серых чугунов привлекают следующие выводы [1]:

- характеристики чушковых чугунов, даже одного завода и одной марки, не всегда являются постоянными;
- природа чушковых чугунов существенно влияет при высоком углеродном эквиваленте чугуна вторичной плавки;
- происхождение чушковых чугунов определяет не только форму включений графита, но и структуру металлической основы;
- наиболее важным фактором влияния на структуру чушковых чугунов при получении серых чугунов является характеристика графита.

Из этих выводов следует, что эффект структурной наследственности должен заключаться в наследственной передаче отливкам особенностей структуры доменных литейных чугунов: размера и морфологии графитных включений, а также металлической матрицы (основы) чугуна. При этом, по данным работы [2], отрицательная наследственность доменных литейных чугунов наиболее значительно проявляется в отливках за счет «грубопластинчатой структуры графита».

Несмотря на имеющиеся многочисленные работы, подтверждающие наследственное влияние структуры шихтовых материалов на качество отливок из серого чугуна, теория наследственности до сих пор является одной из самых дискуссионных и не находит всеобщего признания.

С учетом сказанного, целью настоящей работы являлось установление возможности проявления структурной наследственности доменных ли-

тейных чугунов при массовом производстве из них отливок.

Исследования выполнены применительно к производству отливок поршневых компрессионных колец диаметром 110мм из серого заэвтектического чугуна в условиях Одесского завода поршневых колец (ОЗПК) за период 2003 года. В качестве исходного шихтового материала использовались чушки доменного литейного чугуна марок Л4 и Л5 производства меткомбината «Запорожсталь». Производство отливок осуществлялось методом индивидуального литья в песчано-глинистые формы после расплавления чушек и собственного возврата в соотношении, равном 50/50, с перегревом расплава до температур 1500–1550⁰С в 250 килограммовых индукционных печах. Химический состав исследуемых отливок за период 2003 года приведен в табл.1.

Таблица 1. Химический состав отливок поршневых колец диаметром 110 мм

Содержание элементов, % (по массе)								
C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
3,26– 4,08	0,38– 0,78	2,13– 3,09	0,21– 0,62	0,01– 0,12	0,09– 0,28	0,13– 0,35	0,28– 0,51	0,15– 0,56

Проведен качественный и количественный микроструктурный анализ по ГОСТ 3443–87 чушек, стояков литниковой системы, используемых в качестве возврата, а также самих отливок поршневых колец. Определялись максимальная длина графитных включений ($ПГ_{д}^{max}$), количество структурно-свободных дендритов, форма графитных включений ($ПГ_{ф}$), вид графита по распределению ($ПГ_{р}$) и его количество, в том числе сумма междендритного графита, а также микроструктура металлической матрицы.

Как показали результаты указанного анализа, наиболее значимыми микроструктурными характеристиками для всех трех анализируемых объектов оказались: максимальная длина графитных включений и количество структурно-свободных дендритов (рис.1). Результаты количественного микроструктурного анализа, приведенные в табл.2, показывают неоднозначное влияние структуры используемого доменного чугуна на структуру получаемых из него отливок. Так, например, изучая влияние размера графита в чушках на формирующийся графит в отливках, можно видеть, что в отдельные периоды года (январь–апрель, май, июль) такое влияние действительно имеет место. Увеличение размера графита в чушках от 360 до 430 и 500 *мкм* привело к увеличению размера графита в отливках от 105 до 200 и 250 *мкм* соответственно. В то же время в другие месяцы производства отливок такая зависимость отсутствует.

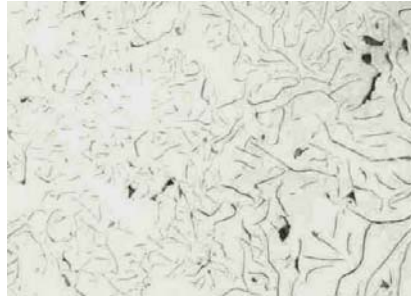
Таблица 2. Результаты количественного микроструктурного анализа чушек доменного чугуна производства «Запорожсталь», стояков литниковой системы и отливок поршневых колец Ø110К производства «ОЗПК» в 2003 г.

Характеристика структуры	Вид литья	Месяц 2003 г.										
		Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.
ПГ _д ^{max} , мкм	Чушки	360	360	360	360	430	400	500	400	400	400	400
	Стояки	600	550	–	530	745	520	860	–	570	360	360
	Кольца	155	105	–	110	200	195	250	–	110	95	95
Дендриты аустенита, %	Чушки	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	30
	Стояки	10	5	–	5	5	–	–	–	10	5	5
	Кольца	10	10	10	20	25	20	20	20	30	20	20
Сумма междендритного графита (ПГ _{р4} , ПГ _{р8} , ПГ _{р9}), %	Чушки	50	50	50	50	50	20	20	40	40	40	40
	Стояки	50	10	10	10	10	–	–	10	10	5	10
	Кольца	80	50	50	55	50	50	50	55	80	90	85

Из табл.2 видно, что использование в октябре и ноябре чушек с большим размером графитных включений, чем в январе–апреле приводит не к увеличению, а, наоборот, к снижению размера графита в стояках литниковой системы и в самих отливках. Графитные включения в чушках и стояках литниковой системы представлены преимущественно пластинчатой прямолинейной (ПГ_{ф1}) и завихренной (ПГ_{ф2}) морфологией, в то время как в отливках – преимущественно гнездообразной (ПГ_{ф4}).



а)



б)



в)

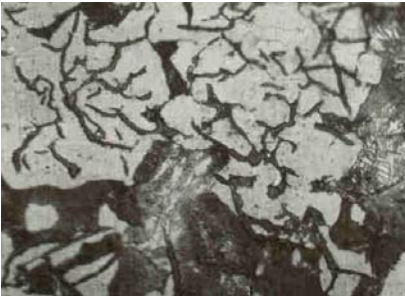
Рис. 1. Микроструктура доменного чугуна (а), стояка литниковой системы (б) и отливки поршневого кольца диаметром 110 мм (в), $\times 100$ (не травлено)

Анализируя количество структурно-свободных дендритов аустенита и междендритного графита (ПГ_{р4}, ПГ_{р8}, ПГ_{р9}), можно видеть, что и в этом случае эффект структурной наследственности не имеет своего явного проявления. Количество дендритов аустенита и междендритного графита в чушках и в отливках поршневых колец приблизительно одинаково, вместе с тем в стояках литниковой системы их количество значительно меньше.

Обращает на себя внимание тот факт, что в структуре исследованных образцов наблюдается образование дендритов аустенита и междендритного графита, несмотря на заэвтектический состав используемого чугуна, а также то, что их количество и размер графитных включений может значительно отличаться. Указанные особенности объяснить с точки зрения проявления наследственности затруднительно. Однако с позиции основного влияния на формирующуюся структуру химического состава (дополнительного легиро-

вания Ni, Cr, Cu, Mo и Mn), условий кристаллизации и возникающей при этом химической неоднородности кристаллизующегося сплава, эти особенности вполне объяснимы.

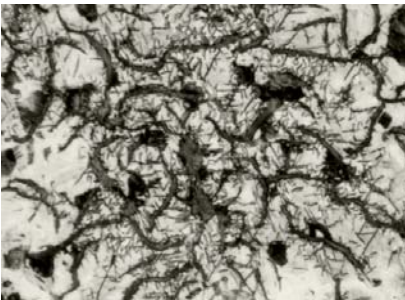
Изучение строения металлической матрицы исследуемых образцов также не выявило закономерностей наследственного влияния микроструктуры исходных доменных чугунов на микроструктуру отливок. Исследования показали, что исходная микроструктура металлической матрицы чушек доменного чугуна является перлитно–ферритной с 60–70% феррита и 40–30% перлита (рис.2,а). Образующаяся микроструктура металлической матрицы стояков литниковой системы также является перлитно–ферритной, но количество выделяющегося при этом феррита не превышает 30% (рис.2,б). В то же время микроструктура металлической матрицы отливок поршневых колец существенно отличается от микроструктуры чушек и стояков и представляет собой преимущественно бейнито–мартенситную структуру с участками троостита (рис. 2,в).



а)



б)



в)

Рис. 2. Микроструктура металлической матрицы доменного чугуна (а), стояка литниковой системы (б) и отливки поршневого кольца диаметром 110 мм (в), $\times 500$.

Установленное в работе неоднозначное влияние исходной структуры доменных литейных чугунов на структуру отливок поршневых колец объясняется, по-видимому, «чистотой» проводимого эксперимента в производственных условиях в течение достаточно длительного периода. Имеющиеся при этом неизбежные колебания технологических параметров и связанные с этим корректировки технологии произ-

водства отливок определенным образом влияли на полученные результаты. Так, например, на размер, морфологию и распределение графитных включений в исследуемых образцах, несомненно, повлияло то, что, начиная с февраля 2003 года для гарантированного устранения возможного отбела, было применено модифицирование барийсодержащим модификатором ФС65Ва4. С августа месяца было также снижено количество заваливаемого в шихту электродного боя. Кроме того, в процессе производства отливок в 2003 году в отдельные непродолжительные периоды в качестве добавок в шихту использовались другие литейные чугуны, структура которых не была предварительно исследована, что также могло повлиять на полученные результаты.

Таким образом, результаты выполненных исследований не позволяют однозначно установить прямую зависимость структуры отливок из серого чугуна от структуры шихтовых материалов. Очевидно, необходимо проведение дальнейших исследований, направленных не только на установление структурной наследственности шихтовых материалов, но и на определение степени ее влияния по сравнению с другими факторами, основным из которых является кинетика фазовых и структурных превращений.

1. *Явления* структурной наследственности литейных сплавов/ В.И. Никитин, В.С. Исмагилов, Е.Б. Пронь// Литейное производство. – 1996. – № 8. – С. 16–18.
2. *Давыдов С.В.* Эффективный способ устранения «наследственности» в доменных чугунах и чугунах ваграночной плавки // Черные металлы. – Июнь 2003.–С.15–17.

Статья рекомендована к печати д.т.н. С.М.Жучковым