

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.745.669.13

Р. Э. ТРУБИЦКИЙ, В. А. АЛЬХИМЕНОК (ЛЛМЗ*),
А. Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г. В. ДОВНАР, канд. техн. наук (БНТУ)

ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫЙ ЧУГУН ДЛЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Для производства гильз карбюраторных и дизельных двигателей применяется высокоуглеродистый сплав, содержащий целый ряд легирующих элементов, в том числе медь, никель, ванадий, хром, титан и др., что обеспечивает получение требуемой микроструктуры и свойств изделия. В конструкциях автомобилей ГАЗ в основном используется чугун марки ИЧГ-33М, разработанный в НПО «НАМИ», а для автомобилей УАЗ – чугун, легированный ванадием [1]. Состав чугуна ИЧГ-33М разработан для технологии получения массивных заготовок гильз методом центробежного литья. Особенности технологии литья тонкостенных гильз в облицованный кокиль обусловили необходимость оптимизации их химического состава. При этом была поставлена задача получения оптимальной структуры и твердости гильз при минимизации материальных затрат, что достигнуто подбором состава легирующего комплекса, составом шихтовых материалов, а также технологией плавки и выпечной обработки.

Состав чугуна оптимизировали при изготовлении отливки гильзы ГАЗ-66 в облицованный кокиль, параллельно для сравнения заливали гильзы в разовые песочно-глинистые формы. Результаты сопоставляли со свойствами гильз из чугуна ИЧГ-33М, полученного способом центробежного литья. В последнем случае различались и размеры заготовок. Для сравнения в табл. 1 показана твердость отливок гильз ГАЗ-66, полученных из чугуна марки ИЧГ-33М литьем в облицованный кокиль на Лидском литейно-механическом заводе и центробежным способом на «Кострома-мотордеталь».

Из табл. 1 видно, что вследствие особенностей технологии тонкостенного литья в облицованный кокиль отливка гильзы имеет повышенную твердость. Это свидетельствует о высоком уровне легирования, особенно такими карбидообразующими элементами, как хром. Оптимальный состав

* Лидский литейно-механический завод.

Таблица 1

Сравнение свойств гильзы ГАЗ-66 из чугуна ИЧГ-33М, полученной по различным технологиям

C	Si	Mn	Cu	Ni	Ti	V	Cr	B	P	Технология получения гильзы			
										Облицованный кокиль (ЛЛМЗ)		Центрбежный способ («Костромамотордеталь»)	
										Толщина отливки, мм	НВ	Толщина отливки, мм	НВ
3,30	2,20	0,50	0,60	0,25	0,10	0,10	0,50	0,02	0,25	12	260–280	20	230–250
3,70	2,60	0,70	0,80	0,50	0,15	0,15	0,75	0,05	0,45		0		0

подбирали с помощью однофакторного эксперимента, в котором изучали влияние одного элемента. В качестве базового был принят чугун, содержащий 3,2 – 3,7% С; 2,0 – 2,6% Si; 0,6 – 0,12% Mn; до 0,12 – 0,15 V + В; 0,2 – 0,45% P; до 0,15% Ti. Приведенное содержание углерода и кремния оптимально для состава гильзовых чугунов, используемых различными фирмами. Превышение суммы Si и С сверх эвтектической приводит к образованию крупного первичного графита, выкрашивание которого не позволяет получать высокое качество поверхности при хонинговании гильз. Снижение углеродного эквивалента менее 4,1 опасно с точки зрения возможности появления отбела в тонкостенных отливках из сложнолегированного чугуна.

По зависимостям, полученным в работе [1], рассчитана ожидаемая твердость базового чугуна в отливке гильзы с толщиной стенки 10 – 12 мм при толщине облицовки 5,5 мм, температуре заливки 1350 °С.

$$\delta_{\text{отл}}^{\text{ЭКВ}} = \frac{T_{\text{зал}} - 350}{1176} \sqrt{\delta_{\text{отл}} \delta_{\text{обл}}} = \frac{1350 - 350}{1176} \sqrt{11 \cdot 5} = 6,6 \text{ мм};$$

$$S_C = \frac{C}{4,23 - 0,312\text{Si} - 0,33\text{P} + 0,18\text{Mn}} = \frac{3,5}{4,23 - 0,312 \cdot 2,4 - 0,33 \cdot 0,3 + 0,18 \cdot 0,6} = 1,0;$$

$$\delta_B = 1083 - 833S_C - 5\delta_{\text{отл}}^{\text{ЭКВ}} = 1083 - 833 \cdot 1 - 5 \cdot 6,6 = 207 \text{ МПа};$$

$$\text{HB} = 110 + 0,41\delta_B = 110 + 0,41 \cdot 207 = 194 \text{ HB}.$$

Фактическая твердость гильзы из чугуна приведенного состава 187 – 205 HB, что подтверждает точность расчетных зависимостей и свидетельствует о необходимости уровня твердости гильзы 240 – 260 HB. В табл. 2 показана зависимость твердости гильз, полученных из чугуна базового состава в облицованном кокиле, от содержания хрома, никеля и меди. Во всех случаях перед заливкой чугун подвергали тщательному модифицированию 0,4 – 0,6% ФС75. Видно, что увеличение на 0,1% концентрации хрома, никеля и меди способствует повышению твердости чугуна на 7 – 10, 3 – 5 и 4 – 6 HB соответственно. Дополнительные эксперименты по комплексному легированию чугуна показали близкое к аддитивному влияние Cr, Ni и Cu на твердость отливок, что позволяет использовать для расчета твердости уточненную зависимость

$$\text{HB}_{\text{лег}} = \text{HB} + \sum K_i C_i.$$

Коэффициент K_i характеризует относительное влияние C_i (Cr, Ni и Cu) на твердость отливок ($K_{\text{Cr}}=80$; $K_{\text{Ni}}=35$; $K_{\text{Cu}}=50$).

Помимо твердости, в отливках гильз необходимо обеспечить практически полную перлитизацию металлической матрицы (не более 2 – 5% феррита). Из полученных структурных зависимостей следует, что каждый

элемент в отдельности не может обеспечить полной перлитизации матрицы без негативных последствий. Так, для хрома это связано с необходимостью использования высоких концентраций, когда не исключается отбел. Медь и особенно никель обеспечивают необходимую твердость и перлитную структуру при таких концентрациях, когда существенно возрастает стоимость сплава.

Анализ влияния Cr, Cu и Ni на структуру и твердость чугуна позволил установить оптимальный уровень легирования базового чугуна (табл. 2), который отличается от ИЧГ-33М более низким содержанием хрома, меди и никеля. Однако благодаря эффективной технологии литья в облицованный кокиль в отливках обеспечиваются требуемый уровень твердости и структура.

Таблица 2

Влияние легирующих элементов на твердость гильз

Добавка	Твердость	Легирующий элемент			
		Cr	B	Ni	Cu
0,05		–	210	–	–
0,1		200	235	200	195
0,2		210	255	205	203
0,3		215	–	217	208
0,4		223	–	223	212
0,5		235	–	229	223

Таким образом, в ходе выполненных исследований оптимизирован состав гильзового чугуна для отливок, получаемых литьем в облицованный кокиль, содержащий: углерод 3,2 – 3,7%; кремний 2,0 – 2,6%; марганец 0,6 – 1,2%; фосфор 0,2 – 0,45%; хром 0,2 – 0,5%; медь 0,2 – 0,6%; ванадий + бор до 0,12%; титан – до 0,15%; никель – до 0,15%.

В условиях Лидского литейно-механического завода изготовлена опытная партия гильз из разработанного материала и поставлена на Заволжский моторный завод (Россия) для проведения стендовых испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономное легирование железоуглеродистых сплавов / С. Н. Леках, А. Г. Слуцкий, В. Л. Трибушевский и др. – Мн.: Наука и техника, 1996. – 173 с.