

## ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы применения металлизированных железорудных окатышей для плавки чугуна/Д.Н.Худокормов, Г.В.Губин, В.М.Королев и др. — Литейное производство. М., 1977, № 5. 2. Получение ковкого чугуна с использованием металлизированных окатышей/Г.В.Гордейчик, О.А.Белый, С.Н.Леках и др. — В сб.: Металлургия, Минск, 1978, вып. 12. 3. Процесс плавки металлизированных железорудных окатышей в вагранке/С.Н.Леках, О.А.Белый, И.Ф.Дворниченко и др. — Изв.вузов. Черная металлургия. М., 1978, №1.

УДК 621.745.57–776

А.Г.СЛУЦКИЙ, С.Н.ЛЕКАХ, Е.И.ШИТОВ,  
Г.Ф.АНДРЕЕВ, С.С.БОРОДУК

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СЕРЫХ ЧУГУНОВ

Применение низколегированных серых чугунов, содержащих до 0,5% легирующего компонента, позволяет повысить прочность и износостойкость машиностроительных отливок без существенного изменения их стоимости, дополнительных капитальных вложений и корректировки существующего технологического процесса производства литья. В последние годы для указанной цели широкое применение находят добавки хрома, никеля, титана, ванадия и других элементов.

С целью определения сравнительной эффективности влияния различных легирующих элементов на структуру и свойства чугуна выплавляли синтетические Fe–C–Si сплавы из особо чистых шихтовых материалов, а также технические чугуны на базе литейного чугуна ЛКЗ и стального лома. Карбонильное железо, реакторный графит и полупроводниковый кремний сплавляли в силитовой печи в атмосфере аргона. Плавку технических чугунов проводили в индукционной печи с кислой футеровкой. Испытания на износостойкость осуществляли в режиме сухого трения скольжения.

На рис. 1, а приведено влияние V, Cr, Ti, Ni на твердость синтетического сплава железа, содержащего 3,5% углерода и 1,8% кремния. Практически все исследованные элементы повышают твердость чугуна. Однако самым эффективным является ванадий. В среднем на каждые 0,1% добавки ванадия твердость возрастает на 15 единиц НВ. Для хрома эта величина составляет в среднем 8–9 единиц НВ, титана 5–6 единиц НВ. Никель при небольших добавках до 0,1% снижает твердость, а дальнейшее увеличение добавки приводит к росту данного показателя. Металлографическим анализом установлено, что исследованные легирующие элементы оказывают существенное влияние на структуру сплавов.

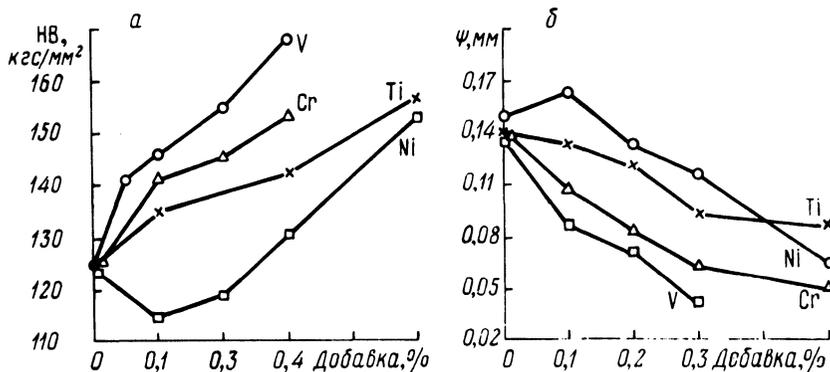


Рис. 1. Влияние ванадия, хрома, титана и никеля на твердость (а) и износостойкость (б) синтетического чугуна.

Таблица 1

Легирующий элемент	Величина добавки, %	Свойства			
		$\sigma_{п'}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в'}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	НВ, кгс/мм <sup>2</sup>	Отбел, мм
Исходный чугун	—	40	16	170	10
Ванадий	0,1	44	19	189	12
	0,2	46	22	207	15
	0,3	50	23	227	18
Хром	0,1	43	18	186	13
	0,2	45	21,5	200	16
	0,3	48	22	220	19
Никель	0,1	42	16,5	174	8
	0,2	43	18,5	180	10
	0,3	43	19	182	10
Титан	0,1	44	18	177	12
	0,2	46	19	183	14
	0,3	44	20	198	14

Ванадий измельчает графитные включения, увеличивает количество аустенита. Твердость чугуна, легированного ванадием, повышается за счет легирования феррита, а также увеличения количества перлита. Хром влияет на микроструктуру чугуна аналогично ванадию, но в меньшей степени, чем последний. Никель практически не измельчает графит и не оказывает существенного влияния на первичный аустенит. Небольшие добавки никеля вызывают графитизирующий эффект. Добавки титана резко измельчают графитные включения, не изменяя при этом количество феррита.

Износостойкость синтетических сплавов с добавками исследованных легирующих элементов представлена на рис. 1,б. Наиболее износостойким является чугун, легированный ванадием, причем 0,1% ванадия повышает износостойкость чугуна на 20%. По эффективности влияния на износостойкость исследованные элементы можно расположить в следующий убывающий ряд: ванадий, хром, титан, никель.

Результаты исследований влияния легирующих элементов на свойства промышленных сплавов представлены в табл. 1.

Исследованные элементы повышают механические характеристики промышленного чугуна. Добавки ванадия и хрома повышают предел прочности при изгибе на 25 и 20%, предел прочности при разрыве на 40 и 35%, твердость на 30 и 28% соответственно. При этом возрастает склонность чугуна к отбелу. Никель и титан в меньшей степени повышают прочность и твердость чугуна, однако величина отбела при этом не возрастает.

Микроструктурный анализ промышленных чугунов показал, что из всех исследованных элементов ванадий наиболее сильно влияет на первичную кристаллизацию аустенита, эвтектическое и эвтектоидное превращения, а в меньшей степени — хром. Титан резко измельчает включения графита при концентрации его в сплаве от 0,08 до 0,2%. Добавки в серый чугун при комплексном легировании ванадия и титана в количестве 0,15% и 0,08% соответственно позволяют повысить на 1–2 марки свойства чугуна. Это может быть осуществлено путем введения в шихту от 10 до 70% природнолегированных перделельных чугунов, выплавленных из титаномагнитовых руд Качканарского горнообогатительного комбината. Промышленные испытания комплекснолегированных чугунов показали, что при незначительных затратах на легирование износостойкость чугунных отливок повышается на 20–50% в зависимости от условий эксплуатации.