



*The problem of refining of the used brake blocks of passenger cars is examined. There is shown possibility of production of high-test cast iron with a nodular graphite using charging materials with a high content of detrimental impurities. The influence of the melting conditions, modification of melt and chilling of casts on the structure and characteristics of the produced cast iron is studied.*

Д. А. ХУДОКОРМОВ, В. А. АЛЬХИМЕНОК, А. Т. СКОПЦОВ,  
В. А. КИШКЕВИЧ., Белорусский национальный технический университет

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

УДК 621.74

Совершенствование применяемых материалов характерно в последнее время для большинства областей машиностроения, в том числе и для железнодорожного транспорта. Локомотиво- и вагоностроение являются одним из крупнейших потребителей стального, чугуна и цветного литья. Повышение мощности локомотивов и увеличение скорости движения поездов потребовали использования новых конструкционных материалов, обладающих повышенным комплексом эксплуатационных свойств. В области литейного производства таким материалом является высокопрочный чугун (ВЧ). К настоящему времени он уже достаточно широко распространен в транспортном машиностроении. В современной железнодорожной технике ВЧ используется как заменитель серого чугуна (СЧ). В [1] сообщается, например, об успешном испытании тормозных колодок из ВЧ взамен колодок из СЧ на высокоскоростных поездах. Вместе с тем очевидно, что при существующем уровне развития железной дороги, сегодняшней ее загрузке и объеме перевозок быстрая замена одного материала другим невозможна. Кроме того, всякое усовершенствование на первоначальном этапе приносит затраты, отражающиеся на прибыльности транспортного предприятия. Одним из вариантов, позволяющих производить техническое перевооружение с наименьшими стоимостными и временными затратами, является использование собственных отходов. На железной дороге такими отходами служат отработанные тормозные колодки вагонов и локомотивов. Они изготавливаются из СЧ специального химического состава и их использование в качестве шихтового материала при производстве ВЧ представляется весьма перспективным.

Изыскание возможности получения качественного ВЧ из таких колодок являлось темой исследования, проводимого дорожным конструкторско-технологическим бюро (ДКТБ) Белорусской железной дороги. Плавки проводили на литейном участке ДКТБ, оборудованном индукционной пе-

чью ИСТ-006. Цель — получение чугуна с шаровидным графитом (ШГ), соответствующего марке ВЧ50. В качестве шихты использовали отработанные тормозные колодки пассажирских вагонов. Содержание основных элементов в чугуне тормозных колодок приведено ниже.

Тип колодки	C	Si	Mn	S	P
С	2,8–3,6	0,7–1,2	0,4–1,1	0,20	0,5
Р	2,6–3,6	1,3–2,0	0,3–0,9	0,15	2,5–3,5

Видно, что получение ВЧ, особенно высококачественного, представляет при использовании в качестве шихты тормозных колодок серьезные затруднения. Сера сама по себе не является, по видимому, десфероидизатором [2]. Связывая вводимый магний в сульфид  $MgS$ , она нейтрализует сфероидизирующее воздействие магния лишь косвенно. Известно, что увеличением вводимой навески магния можно добиться получения ШГ даже при повышенном содержании серы. Но образующиеся плены сульфидов существенно снижают механические свойства такого чугуна. Фосфор, образуя легкоплавкую эвтектику, также способствует охрупчиванию. Поэтому одним из направлений, обеспечивающих получение достаточно высококачественного ВЧ, является максимально возможное снижение содержания серы и фосфора.

В ходе проводимых работ изготавливали отливки типа "цилиндр" диаметром 90 мм. Химический состав колодок, используемых в качестве шихты, следующий: С — 3,27%, Si — 1,86, Mn — 0,81, S — 0,12, P — 1,60%. Поскольку магний вводится в виде кремнийсодержащей лигатуры, следует ожидать завышенного содержания кремния и в полученном ВЧ. Это неизбежно приведет в массивных отливках к полной или частичной ферритизации металлической основы и не позволит получить высокие показатели прочности. Поэтому углеродный эквивалент чугуна в шихте необходимо снизить. Наиболее предпочтительно это делать за счет кремния, так как он является более сильным

графитизатором, чем углерод [3]. В ходе настоящего исследования эти задачи решались путем добавления в расплав чугуна отходов стали Ст3.

Не допускалось увеличение содержания кремния в исходном расплаве более 1,5%. Неизбежное снижение содержания углерода восполнялось добавлением карбюризатора под струю выливаемого в ковш металла. Карбюризатор представлял собой порошок графита, полученный обтачиванием огарков электродов дуговых печей на токарном станке. Усвоение углерода принималось равным 50 — 70%. Перед выпуском из печи заливали стандартную открытую клиновую пробу. Удовлетворительной принималась глубина отбела до 6 мм. Кроме того, в ряде опытных плавов дополнительно проводили десульфурацию известняком. Расплав перегревали до температуры 1420 — 1450°C и выпускали в ковш. Сфероидизирующее модифицирование проводили в ковше. Магний вводили в расплав в виде лигатуры типа ФСМг7. Лигатуру засыпали на дно ковша и закрывали сверху пластиной из тонколистовой стали. Опытным путем установлено, что достаточной для образования шаровидного графита в расплаве с имеющимся повышенным содержанием серы является навеска лигатуры в пределах 2,0 — 2,2%, а при проведении операции десульфурации — 1,5 — 1,8% от обрабатываемой порции чугуна. Вносимый с лигатурой кремний обеспечивал после сфероидизирующей обработки содержание этого элемента в чугуне в пределах 2,2 — 2,6%. С учетом введенного карбюризатора содержание углерода в чугуне поддерживалось в пределах 3,2 — 3,4%. Несколько пониженное содержание углерода необходимо для повышения прочностных свойств ВЧ, что особенно важно при использовании шихты с большим количеством вредных примесей.

Промодифицированный чугун заливали в сырые песчано-глинистые формы. Отливки со свидетелями охлаждали в формах до температуры 700 — 800°C, после чего — на воздухе. Такой режим охлаждения позволяет исключить образование так называемого "белого излома", весьма распространенного в чугунах, содержащих повышенное количество элементов, образующих легкоплавкие фазы по границам зерен. Выделение этих фаз активно идет при медленном охлаждении с 600 — 700°C. Последующий металлографический анализ

Обработка расплава	Предел прочности при растяжении $\sigma_r$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость НВ
С десульфурацией	512	6	241
Без десульфурации	437	4	241

чугуна показал наличие в структуре ШГ правильной и неправильной формы. Во всех случаях количество ШГ было не меньше 90% (остальное — ВГ). Тип металлической основы — перлитный, с включениями фосфидной эвтектики. Ее количество — около 4% площади шлифа. Испытания механических свойств на образцах, вырезанных из тела полученных отливок, показали несколько отличающиеся значения механических свойств в зависимости от того, подвергался ли чугун операции десульфурации известняком. Результаты приведены в таблице.

Из таблицы видно, что в ВЧ, полученном из расплава с высоким содержанием серы, понижены прочность при растяжении и особенно относительное удлинение. В то же время твердость такого чугуна такая же, как у чугуна, прошедшего частичную десульфурацию. Причиной снижения прочностных и пластических свойств является именно наличие плен сульфидов магния в чугуне. Однако прочностные свойства такого чугуна, хотя и не удовлетворяют требованиям к ВЧ50, значительно превышают прочностные свойства любого вида серого чугуна. Таким образом, установлена возможность получения достаточно качественного ВЧ с использованием чугунных отходов с достаточно высоким содержанием вредных примесей (сера и фосфор).

Учитывая, что отработавшие тормозные колодки — самый распространенный вид металлических отходов при эксплуатации железных дорог, опыт получения ВЧ с использованием в качестве шихты колодок может быть полезен при решении задачи технического усовершенствования железнодорожного транспорта.

### Литература

1. Захарченко Э. В., Левченко Ю. Н. и др. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. Киев: Наукова думка, 1986.
2. Годоров Р. П. Графитизированные железоуглеродистые сплавы. М.: Металлургия, 1981.
3. Гиршович Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. Л.: Машиностроение, 1966.