

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ НИЗКОСЕРНИСТОГО КОВКОГО ЧУГУНА

В развитии производства ковкого чугуна наметилось два основных направления, которые позволяют существенно повысить качественные и технико-экономические характеристики этого конструкционного материала. К ним относятся расширение производства отливок из ковкого перлитного чугуна и использование в качестве плавильных агрегатов электрических печей. Применение ковкого чугуна со структурой зернистого перлита дает возможность на 15-20% снизить вес деталей, сохраняя относительно хорошую обрабатываемость металла резанием [1]. Перевод литейных цехов на электроплавку чугуна решает, с одной стороны, важный вопрос использования дешевых шихтовых материалов, включающих стальные и чугунные отходы собственного и отраслевого производства [2], а также обеспечивает снижение вредных примесей в сплаве и стабильность технологического процесса.

В настоящей работе исследовалось влияние серы, марганца и кремния на формирование структуры, а также на механические и технологические свойства перлитного ковкого чугуна. В качестве исходного использовался чугун, содержащий 2,75±2,85% C; 0,90±1,03% Si; 0,018±0,020% S; 0,023±0,05% P; 0,05% Cr; 0,20% Mn, который получали путем науглероживания армко-железа в лабораторной индукционной печи. Содержание серы, марганца и кремния в исследуемых чугунах изменялось в следующих пределах: 0,018±0,13% S; 0,2±1,2% Mn; 1,00±1,45% Si. Из чугуна отливались в сухих песчаных формах образцы для определения ударной вязкости размером 10x10x50 мм образцы для изучения отжигаемости чугуна, а также технологические пробы, позволяющие оценивать отбел и жидкотекучесть. Образцы для определения ударной вязкости подвергались термической обработке, состоящей из быстрого нагрева до температуры 950°C, 5-часовой выдержки, нормализации и сфероидизирующего эвтектоидный цементит отжига при 700±10°C в течение 7 часов. Скорость распада цементита на высокотемпературной стадии отжига изучалась выдержкой образцов при 950°C в течение

0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0 часов. Применение для плавки чугуна электропечей позволяет значительно снизить концентрацию в нем серы. При неизменном содержании марганца это приводит к резкому увеличению отношения Mn/S (от 2 до 30 и более), оказывая существенное влияние на механические свойства ковкого чугуна со структурой зернистого перлита.

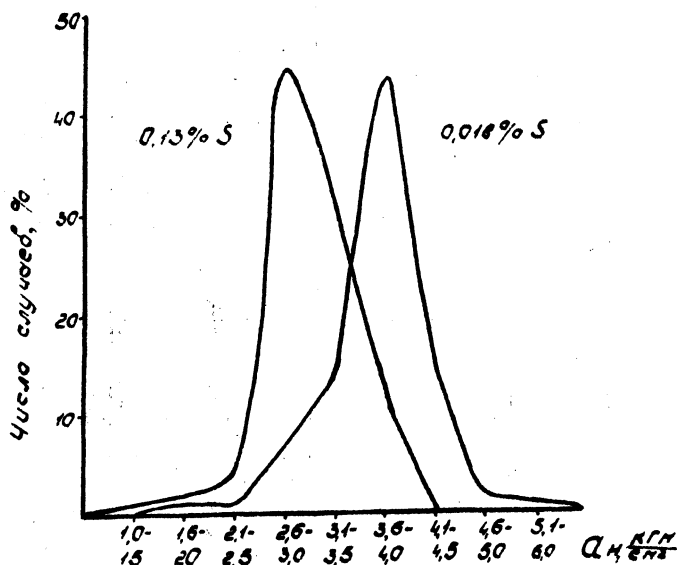


Рис. I. Частотные кривые

На рис. I приведены частотные кривые значений ударной вязкости по результатам испытания 100 образцов низкосернистого и 100 образцов высокосернистого ковких чугунов. Из рисунка видно, что уменьшение концентрации серы от 0,13 до 0,016% обеспечивает повышение ударной вязкости перлитного ковкого чугуна примерно в 1,5 раза. При этом сокращается продолжительность отжига чугуна на первой стадии графитизации, а также ускоряется процесс сфероидизации эвтектоидного цементита. Микроструктурный анализ отожженных образцов с различным содержанием серы показал, что перлит в низкосернистом сплаве после 7-часовой выдержки при температуре

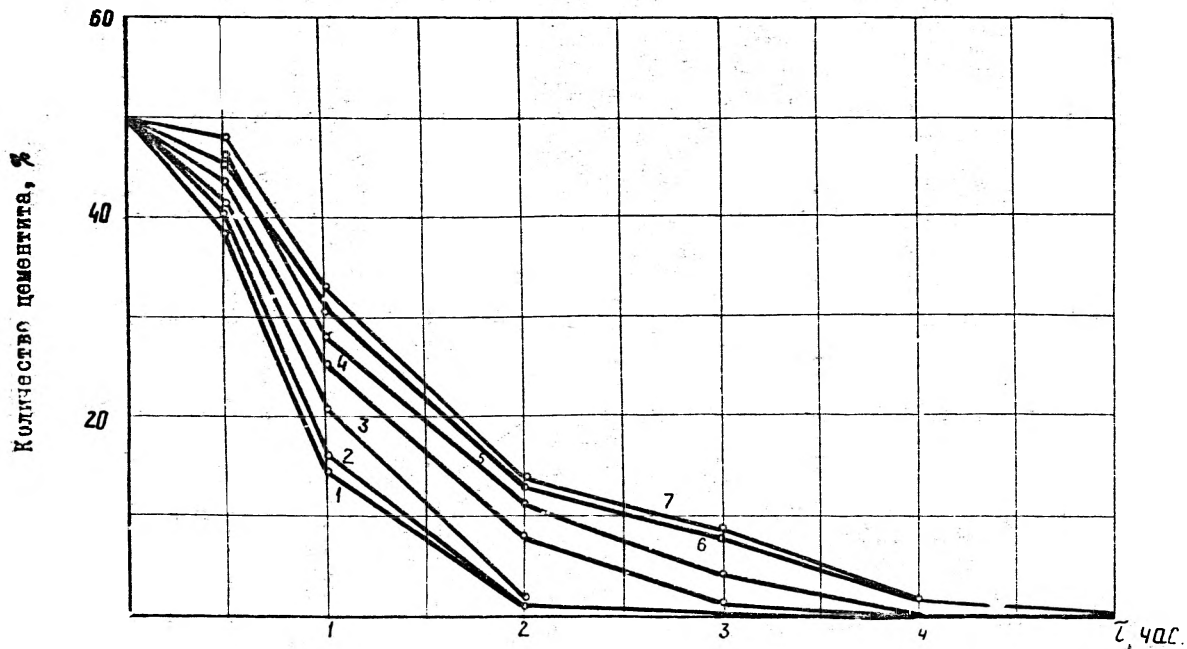


Рис.2. Кинетика распада цемента в зависимости от содержания Mn:

1. 0,20 - 0,21% Mn

2. 0,40 - 0,41% Mn

3. 0,60 - 0,61% Mn

4. 0,80 - 0,82% Mn

5. 0,55% Mn; 0,09% S

6. 1,00 - 1,02% Mn

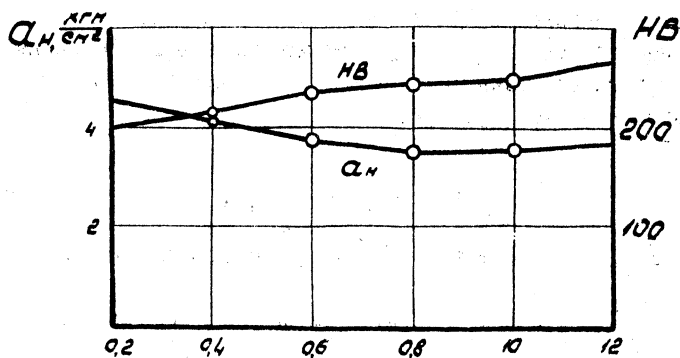
7. 1,20 - 1,21% Mn

700° полностью имеет зернистую структуру, в то время как в высокосернистом ковком чугунае значительное количество перлита остается пластинчатым.

С целью выяснения влияния марганца на структуру и свойства низкосернистого ковкого чугуна с зернистой структурой перлита в шихту вводили 75% ферромарганца из расчета 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2% Mn.

Представленные на рис.2 результаты измерения скорости распада цементита на первой стадии отжига указывают на то, что марганец при увеличении его содержания в расплаве до 1,2% тормозит процесс графитизации. Однако сравнение скоростей распада цементита при отжиге низкосернистого ковкого чугуна и ковкого чугуна, выплавляемого на Минском автозаводе, показало, что даже при содержании 0,8% Mn графитизация низкосернистого чугуна идет более интенсивно, чем чугуна обычного заводского состава, содержащего 0,55% марганца и 0,097% серы. При этом марганец не оказывает существенного влияния на количество включений углерода отжига, но несколько улучшает их форму.

В процессе сфероидизирующего отжига марганец тормозит процесс подкритической графитизации, увеличивая количество связанного в чугунае углерода. Последнее приводит к некоторому повышению твердости чугуна и незначительному снижению ударной вязкости.



Добавка марганца, вес %

Рис.3

В противоположность марганцу кремний, при увеличении его содержания в сплаве от 1,0 до 1,45% (при 0,8% Mn), ускоряет процесс подкритической графитизации, понижая плотность перлита и увеличивая количество ферритной составляющей. Это приводит к снижению твердости перлитного ковкого чугуна и повышению ударной вязкости от 3,5 до 4,9 кгм/см².

Анализ технологических проб на отбел доказал, что повышение концентрации марганца закономерно увеличивает склонность низкосернистого чугуна к отбелу. Глубина отбела по клиновой пробе для низкосернистого чугуна с 0,8% Mn примерно равна глубине отбела чугуна обычного заводского состава. Зависимость жидкотекучести от величины добавки марганца в сплаве имеет экстремальный характер. Марганец при содержании до 0,6% повышает жидкотекучесть белого чугуна за счет раскисления сплава и частичной десульфурации, однако дальнейшее увеличение содержания марганца снижает жидкотекучесть. Это связано, по-видимому, с уменьшением интервала затвердевания чугуна, так как марганец смещает точку эвтектического превращения вправо.

Таким образом, резкое увеличение отношения Mn/S, достигаемое за счет снижения концентрации серы в процессе электроплавки чугуна, обеспечивает улучшение как механических, так и технологических свойств ковкого чугуна со структурой зернистого перлита. При этом оптимальным следует считать содержание серы 0,02% и марганца 0,8%. Учитывая тот факт, что кремний понижает склонность чугуна к отбелу и может вызвать графитизацию в процессе затвердевания, содержание его в чугуне с низкой серой не должно превышать 1,0+1,1%.

Л и т е р а т у р а

1. Х о р о ш е в а М. И. Автореферат канд. дисс. Новочеркасск, 1972.
2. И в а н о в Д. И. "Литейное производство", 1971, № 3.