



The influence of the casting wall thickness and contents of elements-grayers on degree of graying and mechanical characteristics of grayed steels was investigated.

В. А. САВЧЕНКО, И. П. ВОЛЧОК, ЗНТУ

УДК 621.785.5

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ГРАФИТИЗИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Графитизированные стали представляют собой заэвтектоидные железоуглеродистые сплавы, в которых определенная часть углерода находится в виде графитовых включений. Благодаря более низкому, по сравнению с чугунами, содержанию углерода (1,0–1,8%) и соответственно графита этим сплавам присущи, с одной стороны, положительные качества чугунов (низкая чувствительность к концентраторам напряжений, высокая демпфирующая способность, невысокая стоимость и др.), с другой – более высокие по сравнению с чугунами механические свойства.

Процессы графитизации железоуглеродистых сплавов зависят от содержания элементов-графитизаторов и толщины стенки отливки (скорости охлаждения). Для графитизированных сталей, как и для чугунов, основными элементами-графитизаторами являются углерод и кремний. Литературные данные о влиянии скорости охлаждения на процессы графитизации графитизированных сталей противоречивы. Как известно, у чугунов с увеличением толщины отливки повышается степень графитизации [1]. В работе Р.П. Тодорова и М.В. Николова [2] показано, что тонкостенные отливки графитизируются в большей степени, чем толстостенные, что является специфической осо-

бенностью рассматриваемых сплавов. По данным [3], микроструктура стали, модифицированной ферросилицием ФС75, состояла из перлита с включениями графита глобулярной формы диаметром 3–15 мкм, при этом с увеличением толщины сечения отливки и содержания кремния увеличивалось количество и форма включений графита.

Поэтому в данной работе было изучено влияние содержания элементов-графитизаторов – углерода и кремния, а также скорости охлаждения на процессы структурообразования графитизированных сталей. Для этого были проведены опытные плавки в 45-килограммовой индукционной печи. Содержание углерода варьировалось от 0,51 до 1,12%, кремния – от 0,89 до 1,84%, марганца – от 0,32 до 0,37% (см. таблицу); толщина стенки отливки изменялась от 10 до 50 мм. В качестве шихтовых материалов использовали чушковый литейный чугун марки Л5 (ГОСТ 4832-80), отходы литья из стали 20 (ГОСТ 2787-86). Алюминий для раскисления, а также ферромарганец марки ФМн78 (ГОСТ 4756-70) и ферросилиций марки ФС65 (ГОСТ 19658-81) вводили в ковш перед заливкой металла в сухие песчано-глинистые формы при температуре 1500 °С.

Химический состав и механические свойства (литое состояние) опытных плавов

Номер плавки	Содержание элементов, мас. доля %			Механические свойства	
	C	Si	Mn	σ_b	$\delta, \%$
1	0,51	1,29	0,37	716	4,4
5	0,68	0,89	0,33	928	4,6
6	0,68	1,35	0,32	870	2,4
7	0,84	1,00	0,36	779	1,8
8	0,81	1,43	0,37	794	1,6
9	0,81	1,97	0,35	835	2,3
4	1,04	1,67	0,35	380	1,4
3	1,05	1,16	0,35	520	0,8
10	1,12	1,84	0,33	499	1,6

Металлографический анализ полученных сплавов в литом состоянии показал, что присадки ферросилиция в ковш непосредственно перед

заливкой послужили графитизирующим модификатором, который способствовал процессу образования свободного графита в сталях в литом

состоянии. Это согласуется с результатами работы А.А. Жукова [4], который показал, что степень графитизации структуры в чугунах в значительной мере определяется содержанием кремния. Согласно [4], кремний повышает активность и коэффициент диффузии углерода, стимулирует выделение графитной фазы. Графитизирующее действие кремния значительно усиливается, когда его вводят в составе модификатора. В результате модифицирования в расплаве образуются сильно пересыщенные кремнием микрообъемы, в которых облегчается зарождение центров графитизации. Результаты наших исследований показали, что с увеличением содержания углерода и кремния в сплаве отмечалось повышение количества свободного углерода и изменение формы графитовых включений от единичных мелких до равномерно распределенных глобулярных и хлопьевидных. В зависимости от содержания углерода и кремния изменялась также структура металлической основы графитизированных сталей. При содержании углерода 1,05–1,12% и кремния 1,16% сталь имела структуру металлической основы, состоящую из цементита, перлита и феррита, при 1,67% кремния – перлитно-ферритную, а при 1,84% кремния – феррито-перлитную.

На рис. 1 показаны кривые $HV=f(Si)$ при различном содержании углерода. Наличие минимумов на кривых объясняется, на наш взгляд, двумя процессами, происходящими в стали, при ее легировании возрастающими концентрациями кремния: а) снижением в структуре количества структурно свободного цементита и цементита

перлита, т.е. повышением степени графитизации и соответственно снижением твердости; б) твердорастворным упрочнением стали и, как следствие, повышением ее твердости.

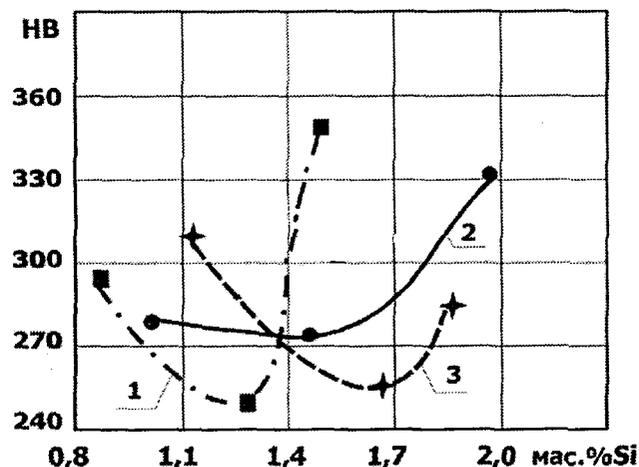


Рис. 1. Влияние кремния на твердость графитизированной стали: 1 – 0,51–0,68% С; 2 – 0,81–0,84% С; 3 – 1,04–1,12% С

В зависимости от толщины сечения и содержания углерода и кремния изменялись распределение и дисперсность включений графита. В пробах толщиной 10 мм при содержании 1,04% углерода и 1,67% кремния выделялся мелкодисперсный шаровидный графит. С увеличением толщины стенки отливки увеличивалось количество и размер включений графита (рис. 2, а). Эта же тенденция сохранялась и в пробах с повышенным содержанием кремния (1,84%), но в них выделялся хлопьевидный графит (рис. 2, б).

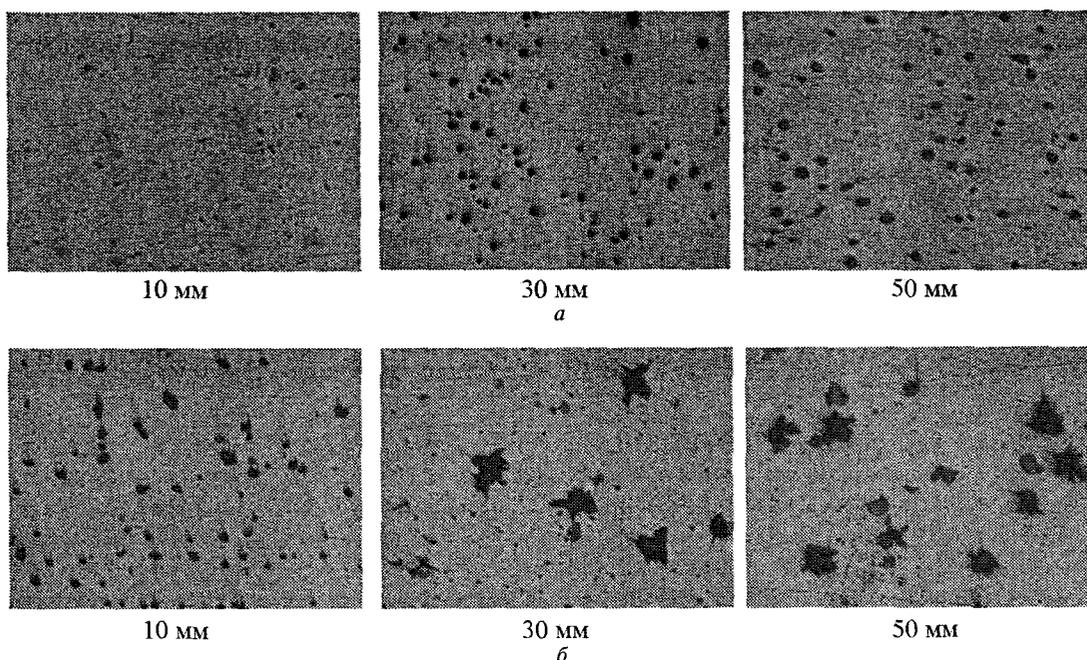


Рис. 2. Включения графита в зависимости от толщины стенки: а – 1,04% С, 1,67% Si; б – 1,12% С, 1,84% Si. x200

В зависимости от содержания углерода и кремния в графитизированных сталях изменялись и их механические свойства: предел прочности — от 380 до 930 МПа; относительное удлинение — от 0,8 до 4,6% (см. таблицу).

В целом результаты исследований показали, что графитизированные стали являются перспективным конструкционным материалом с благоприятным сочетанием структуры и физико-механических свойств. Важным аспектом этого конструкционного материала является то, что в результате ковшевого модифицирования и правильного подбора содержания углерода и кремния уже в литом состоянии можно получить включения графита от вермикулярной до хлопьевидной фор-

мы и показатели механических свойств на уровне лучших марок высокопрочного чугуна.

Литература

1. Витусевич В.Т., Билецкий А.К., Науменко М.И. Структура чугуна при различных способах модифицирующей обработки и повышенных скоростях затвердевания // Процессы литья. 2003. №1. С. 40–45.
2. Тодоров Р.П., Николов М.Л. Структура и свойства отливок из графитизированной стали. М.: Metallurgia, 1976.
3. Бубликов В.Б., Козак Д.С., Нестерук С.П., Зеленая Л.А. Об особенностях кристаллизации модифицированной графитизированной стали // Процессы литья. 2004. №2. С. 41–46.
4. Жуков А.А. Новое о графитизированной стали // Литейное производство. 1993. №3.