

Л.А. Адаменко, Г.Н. Зимокос, Л.Х. Иванова, Ю.Н. Бура

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ В ОТЛИВКАХ БРОНЕЙ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК

Аннотация. Установлено влияние химического состава на свойства высокомарганцевой стали в отливках броней конусных дробилок, что дало возможность обосновать легирующий комплекс для таких отливок.

Ключевые слова: отливка, сталь, легирование, структура, свойство, стойкость.

Постановка проблемы и состояние вопроса. При производстве стали Гадфильда [1] приходится решать ряд моментов, отрицательно влияющих как на технологические, литейные, так и эксплуатационные свойства отливок: а) при эксплуатации стали 110Г13Л в условиях высоких абразивных и низких динамических нагрузок, не успевает образоваться упрочнённый поверхностный слой, что ведёт к быстрому выходу деталей из строя; б) высокое содержание фосфора, вносимого в сталь со средне- и высокоуглеродистым ферромарганцем, и как следствие – выделение фосфидной эвтектики по границам зерен; в) выделение карбидов по границам зерна; г) высокое содержание в металле газов и неметаллических включений при высокой закиси марганца в шлаке; д) склонность к росту дендритов при высокой температуре заливки и др.

Состав высокомарганцевой стали колеблется в пределах: 1,0...1,4% С; 0,4...1,0% Si; 10,0...14,0% Mn; 0,08...0,12% P; 0,02...0,04% S. Средний, наилучший состав стали для фасонных отливок: 1,25% С; 0,8% Si; 12,5% Mn; P<0,10%; 0,02% S. В этом составе оптимально отношение Mn/C, равное 10. Высокое содержание углерода в стали получается автоматически, при присадке обычного доменного ферромарганца, в котором отношение Mn/C несколько выше 10 (80% Mn и 7% С). Содержание кремния определяется его влиянием как раскислителя и отчасти как успокоителя. Несмотря на высокое содержание марганца в стали, ее необходимо раскислять, имея в виду и известное

восстановление MnO. Установлено, что при присадке 0,6...1,0% Si вместо обычных 0,25...0,45% получают более высокие свойства стали из-за ее очищения, всплывания легкоплавких силикатов марганца. Содержание фосфора обычно не удается иметь ниже 0,08% (редко 0,06%). Фосфор вводится в сталь ферромарганцем, содержащим обычно 0,3...0,4% P. Удалить фосфор в процессе плавки обычными методами (железисто-известковыми шлаками) нельзя, так как одновременно будет окисляться марганец. Небольшого понижения содержания фосфора можно добиться введением пиролюзита в шлак после добавки ферромарганца. Несмотря на высокое содержание углерода, фосфор до 0,12% мало влияет на понижение пластичности стали, так как он находится в твердом растворе внутри аустенитного зерна. Только при содержании $P > 0,12\%$, когда свободные сложные фосфиды могут находиться уже по границам зерен, появляется значительная хрупкость не только при нормальных, но и при высоких температурах. Низкое содержание серы в 0,02% часто получается также автоматически, благодаря высокому содержанию марганца в стали. Поэтому при плавке высокомарганцевой стали обычно не проводятся какие-либо специальные мероприятия по десульфурации стали в печи под шлаками.

В зависимости от условий работы деталей из высокомарганцевой стали 110Г13Л, к ее химическому составу и механическим свойствам, а также к способам производства предъявляются различные требования. Однако широкие пределы концентраций углерода и марганца при прочих равных условиях не гарантируют постоянства свойств даже для деталей одного и того же назначения.

Известно, что модифицирование и легирование являются одними из важнейших средств повышения надежности и долговечности литых деталей. Под модифицированием понимается процесс регулирования первичной кристаллизации стали, изменения степени дисперсности кристаллизующихся фаз путем введения в расплав малых добавок отдельных элементов или их соединений. Влияние химического состава и некоторых легирующих элементов исследовали авторы [2-3].

Цель работы заключалась в применении системного подхода к исследованию влияния основных химических элементов, входящих в

марганцовистую сталь, а также титана, ванадия и хрома на ее механические и эксплуатационные свойства.

Основные результаты исследования. Уточнение химического состава системы C-Mn-Si-P осуществляли методом активного эксперимента [4]. При проведении опытов была реализована полуреплика от полного факторного эксперимента 2^4 . По результатам механических и эксплуатационных испытаний исследуемых вариантов стали, были вычислены коэффициенты уравнений регрессии и проверена математическая модель на адекватность.

Анализ абсолютных значений, доверительных интервалов значимости и знаков коэффициентов уравнений регрессии показал, что из всех элементов состава наибольшее влияние на свойства стали и стойкость броней конусных дробилок оказывали углерод и фосфор. При этом влияние фосфора на свойства стали было в 5 раз сильнее, чем углерода. Углерод несколько повышал прочность стали, но резко снижал пластичность. Марганец, в исследуемых пределах, незначительно повышал прочность и пластичность. Повышение содержания кремния снижало износостойкость отливок за счет снижения уровня механических свойств стали. Полученные зависимости подтверждены многолетней практикой эксплуатации отливок дробильного оборудования (рис.1).

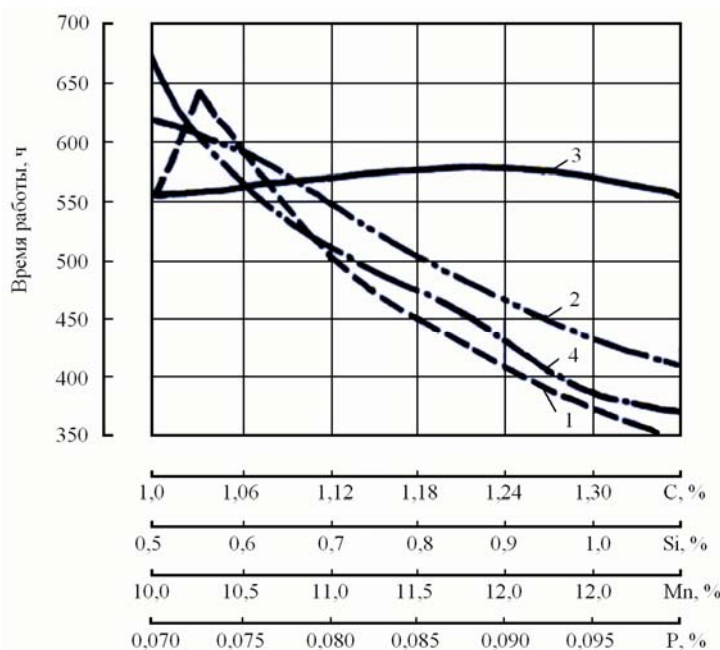


Рисунок 1 - Влияние основных химических элементов, входящих в марганцовистую сталь, на стойкость броней конусов: углерод (1), кремний (2), марганец (3) и фосфор (4)

Из расчетов следует, что, снизив содержание фосфора с 0,07...0,10% до 0,02...0,05% можно повысить пластичность, вязкость и износостойкость стали на 40...50%. Влияние фосфора может усиливаться или ослабляться в зависимости от содержания углерода в стали. При высоких концентрациях углерода фосфор более опасен, чем при низких. Исследования показали, что для тяжело нагруженных отливок содержание углерода в стали должно выбираться в зависимости от содержания фосфора: $C=1,27-2,7 P$.

С целью повышения износостойкости отливок броней конусных дробилок применяли легирование стали хромом в количестве 0,5...1,2%. При таких концентрациях хрома низкофосфористая сталь при оптимальном содержании углерода (1,2...1,3%) обладает достаточно высокой вязкостью и износостойкостью. Повышение износостойкости стали 110Г13ХЛА вызвано появлением в аустенитной матрице хромистых карбидов, обладающих высокой твердостью и прочностью. При термообработке часть карбидов растворяется и упрочняет высокомарганцевистый аустенит. Оставшиеся карбиды измельчаются и при эксплуатации способствуют упрочнению металла за счет создания вокруг них заблокированных скоплений дислокаций. Прочность металла при этом повышается, пластичность и вязкость несколько снижаются, но остаются на уровне, превышающем характеристики обычной высокомарганцевой стали, и обеспечивают нормальную эксплуатацию броней без поломок и повышение износостойкости в среднем на 15...20%.

Исследование опытных плавок стали 110Г13Л с ванадием показали, что присадки ванадия изменили природу и характер распределения неметаллических включений в стали. Микротвердость стали с ванадием непрерывно возрастала по мере повышения концентрации ванадия за счет повышения легированности аустенита, однако при ее однородности, более гомогенной является сталь с содержанием ванадия 0,3%. Присадки ванадия в оптимальных количествах способствовали повышению механических свойств (табл. 1) и износостойкость стали.

Наилучшими характеристиками обладала сталь с содержанием ванадия 0,2...0,3%, при этом ее износостойкость повышалась на 20...30%.

Влияние ванадия на механические свойства литой стали 110Г13Л

Содержание ванадия	Механические свойства			
	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²
-	659	28,1	26,6	216
0,2...0,3 %	830	32,4	29,4	227
0,5...0,6 %	781	22,5	21,6	174

Выводы

1. Исследованиями установлено, что в стальных отливках броней конусных дробилок содержание углерода взаимосвязано с содержанием фосфора: $C=1,27-2,7 P$.

2. Определен эффективный легирующий комплекс химических элементов Cr+V в высокомарганцевой стали, способствующий повышению механических свойств и износостойкости отливок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Л.Я. Производство стальных отливок / Л.Я. Козлов, В.М. Колокольцев, К.Н. Вдовин.– М.: МИСИС, 2003.–352 с.
2. Павлов Г.С. Влияние фосфора и углерода на стойкость отливок броней конусных дробилок / Г.С.Павлов, А.А.Шерстюк, Г.Н.Зимокос и др.//Литейное производство.–1971.– № 4.– С.39–40.
3. Зимокос Г.Н. и др. О рациональном составе высокомарганцевой стали/ Г.Н. Зимокос, Н.М. Шелудько, А.А. Шерстюк и др. //Литейное производство.–1971.– № 11.– С.10–11.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А., Парасюк П.Ф. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов.– М.: Наука, 1965.– 279 с.