



It is determined that the working out technology will allow to increase the using of wastes, to reduce consumption of liquid steel for production of castings, to eliminate defect at casting and etc.

И. Г. САПЧЕНКО, О. Н. КОМАРОВ, С. Г. ЖИЛИН,
Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН

УДК 621.74.04

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ТЕРМИТНОЙ СМЕСИ И ЕЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОБЪЕМ ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ СТАЛИ МАРКИ Ст45Л

Методы литья с применением порошков термитных смесей позволяют значительно сокращать потребление жидкого металла вследствие уменьшения размеров прибылей при производстве отливок [1]. Повышение качества отливок и использование в технологическом процессе отходов производства (точнее их эффективная переработка) также определяют привлекательность данного метода литья.

Совершенствование существующих и разработка новых методов получения отливок с использованием термитных составов позволит значительно увеличить их промышленное применение.

Для повышения выхода стали в термитные шихты вводят наполнители: стальную и чугунную стружку, ферросплавы и другие легирующие компоненты.

Исследование влияния количества вводимых добавок на выход годного термитного металла является актуальной задачей и целью данной работы.

Стальная и чугунная стружка существенно влияют на химический состав получаемой термитной стали, содержат комплекс химических элементов и позволяют снизить, а в ряде случаев устранить использование некоторых дорогостоящих модификаторов, применяемых для составления термитной шихты.

Для составления термитных композиций применяли компоненты, химические составы которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав применяемых шихтовых материалов для составления термитных смесей

Наименование компонента	Средний химический состав шихтовых материалов, %								
	Fe	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	S	P
Стружка стальная*	98	0,35	0,23	0,6	0,2	0,25	0,25	0,04	0,035
Алюминиевая крупка	0,3	–	0,5	0,5–0,9	–	4,6–5,2	–	–	–
Окалина	–	0,1	0,22	0,22	–	–	–	0,02	0,02
Ферросилиций ФС45*	54,6	0,2	44	0,6	0,5	–	–	0,02	0,05
Ферромарганец ФМн75А*	10,6	7	6	76	–	–	–	0,02	0,3
Феррохром ФХ003А*	24,8	0,03	1	0,5	73	0,05	0,5	0,01	0,03
Порошок графита	–	96	–	–	–	–	–	–	–

Экспериментально установлено, что увеличение количества вводимых добавок в термитную смесь возможно при создании определенных температурных условий, обеспечивающих полное разделение термитного металла и шлака.

Основным компонентом алюмотермитного шлака является Al_2O_3 , содержание которого составляет $\approx 90\%$. Повышение температуры плавления несколько изменяет его вязкость, что оказывает решающее влияние на протекание алюмотермитного процесса. В данном случае лимитирующим фактором

служит подвод реагентов из шлака в расплавленный металл. Для разделения термитного металла и шлака требуется его перегрев на 50 °С и более, так как температура плавления $Al_2O_3 \approx 2050$ °С. В связи с этим температура алюмотермитного процесса, необходимая для полного разделения термитного металла и шлака, должна быть не менее 2100 °С. Полное расплавление ферросплавов при горении металлותרмитной шихты, максимальное усвоение легирующих элементов термитной сталью, разделение термитного металла и шлака в полной мере обеспечиваются расчетной температурой экзотермической реакции 3740 °С.

Температуру протекания реакции можно определить по формуле [2]

$$T_{Г.Ш.} = \frac{\left(Q_{Ш} m_{Ш} - \left(L_{Fe} m_{Fe} + L_{Al_2O_3} m_{Al_2O_3} + \sum_{i=1}^n L_{\Phi} m_{\Phi} \right) \right)}{\left(C_{pFe} m_{Fe} + C_{pAl_2O_3} m_{Al_2O_3} + \sum_{i=1}^n C_{p\Phi} m_{\Phi} \right)} + T_0,$$

где $Q_{Ш}$ – теплотворная способность металлותרмитной шихты, кДж/кг; $T_{Г.Ш.}$ – температура горения термитной шихты, °С; $m_{Ш}$, m_{Fe} , $m_{Al_2O_3}$, m_{Φ} – масса соответственно металлותרмитной шихты, железа, оксида алюминия, ферросплавов и стружки, кг; L_{Fe} , $L_{Al_2O_3}$, L_{Φ} – теплота плавления железа, оксида алюминия, ферросплавов и стружки, кДж/кг; C_{pFe} , $C_{pAl_2O_3}$, $C_{p\Phi}$ – удельная теплоемкость соответственно железа, оксида алюминия, ферросплавов и стружки, кДж/(кг·°С); T_0 – температура окружающей среды, °С.

По экспериментальным данным (см. рисунок), максимальное количество добавок, вводимых в термитную смесь, составляет 50% при температуре предварительного подогрева 1000 °С, выход восстановленного термитного металла (ϕ) при этом составляет 74% от массы термитной смеси.

Выход термитного металла (ϕ) рассчитывается следующим образом:

$$\phi = M_{Т.м.} / M_{Т.с.} \cdot 100\%,$$

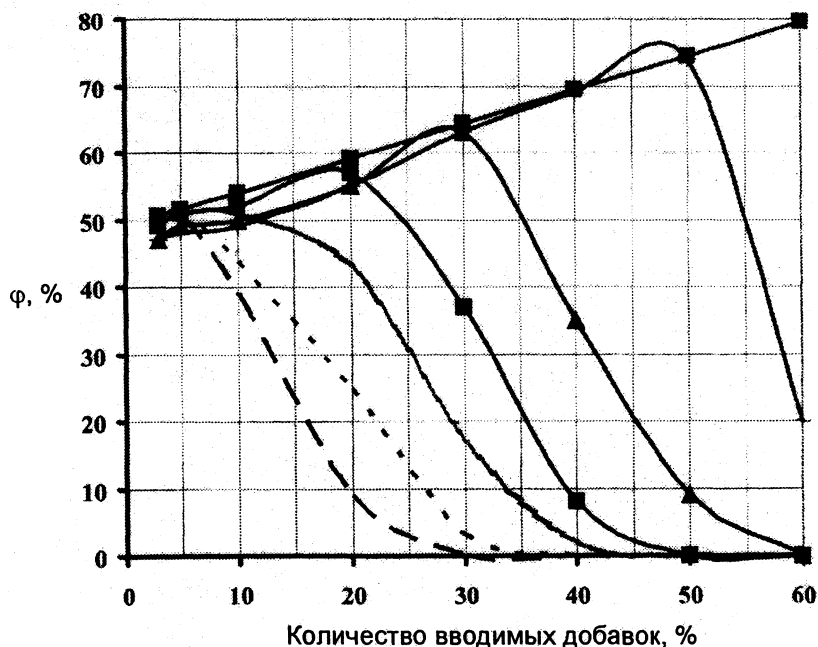
где $M_{Т.м.}$ – масса термитного металла; $M_{Т.с.}$ – масса термитной смеси.

Наличие пиковых точек объясняется тем, что при повышении количества вводимых добавок в термитную смесь выход металла увеличивается, а общая температура реакции снижается. Происходит это до тех пор, пока вводимые добавки не окажут решающего воздействия на температуру реакции и она не станет ниже критической (ниже температуры 2100 °С – температуры плавления шлака). После снижения температуры реакции ниже порога плавления шлака выход металла уменьшается, так как шлак находится в твердом состоянии и образующийся металл неэффективно отделяется от него и блокируется его твердыми частями.

При небольшом (до 20%) введении добавок при температурах выше 600 °С наблюдается пониженный выход металла по сравнению с температурами прогрева оснастки до 600 °С. Такой эффект определяется тем, что образующийся металл вследствие высокой температуры реакции разбрызгивается за пределы огнеупорной оснастки и частично переходит в виде «корольков» в шлак. Второй причиной снижения выхода является повышенный угар металла вследствие высокой температуры реакции.

Дальнейшее увеличение температуры подогрева нецелесообразно, так как требует применения высокотемпературных печей.

Ограничение температуры окислительно-восстановительной реакции представляется необходи-



Выход термитного металла (ϕ , %) в зависимости от количества вводимых добавок и при различных температурных режимах реакции восстановления: — — — подогрев 20 °С; --- --- подогрев 200 °С; —■—■— подогрев 600 °С; —▲—▲— подогрев 1000 °С; —■—■— теоретический выход; — — — подогрев 400 °С; —▲— подогрев 800 °С

мым как по нижнему, так и по верхнему пределам. Это является следствием достижения металлом температуры кипения (температуры кипения железа $T=2870$ °С), что приводит к неудовлетворительному качеству отливок. Отливки получаются с газовыми порами, раковинами и неудовлетворительным качеством поверхности, перегретый до температуры кипения термитный металл имеет более высокую усадку, содержит в себе повышенное по сравнению с нормами содержание газов, таких, как водород, азот, кислород. Содержание растворенного водорода в жидком металле должно быть менее $1,25 \cdot 10^{-3}\%$, азота – менее 0,006% [1].

Таким образом, интервал температур горения термитных смесей должен находиться в пределах 2100–2800 °С, что достигается созданием определенных условий: изменением температуры подогрева и введением в термитную смесь различных добавок, которые существенно влияют на химический состав получаемого термитного металла.

Для анализа химического состава получаемых отливок были составлены термитные композиции (табл. 2), различающиеся введением определенного количества добавок. Согласно расчетам, предполагаемый химический состав сплава, получаемого из этих композиций, должен соответствовать стали марки Ст45Л, имеющей химический состав по ГОСТ 977-75 (табл. 3).

Таблица 2. Применяемые термитные композиции для Ст45Л

Наименование компонента	Соотношение компонентов термитной смеси, %, при								
	1,97% добавок	3% добавок	5% добавок	10% добавок	20% добавок	30% добавок	40% добавок	50% добавок	60% добавок
Стружка стальная	0	1,03	3,03	8,05	18,05	28,05	38,06	48,08	58,09
Алюминиевая крупка	29,41	29,1	28,5	27	24	21	18	15	12
Окалина	68,62	67,9	66,5	63	56	49	42	35	28
Ферросилиций ФС45	0,41	0,41	0,42	0,43	0,47	0,51	0,54	0,57	0,61
Ферромарганец ФМн75А	0,91	0,91	0,89	0,86	0,81	0,75	0,7	0,64	0,58
Порошок графита	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,69	0,7	0,71	0,72

Таблица 3. Химический состав металла по ГОСТ 977-75

Марка сплава	Химический состав получаемого сплава, %							
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Ст45Л	0,42–0,50	0,20–0,52	0,40–0,90	0,045	0,04	0,30	0,30	0,30

Экспериментально установлено, что при составлении термитной шихты для получения Ст45Л химический состав присутствующих элементов должен находиться в пределах, допустимых ГОСТ 977-75 (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав получаемого металла из термитных смесей Ст45Л

Номер образца	Химический состав отливок из термитной стали, %							
	C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	S	P
1	0,475	0,48	1,54	0,25	1,05	0,27	0,04	0,03
2	0,440	0,45	0,91	0,44	1,20	0,44	0,035	0,03

Таким образом, реализация разрабатываемой технологии в производстве позволит повысить рациональное использование отходов, сократить расход жидкой стали на производство отливок, устранить брак при литье, увеличить выход годного литья, повысить качество отливок по ряду технологических и эксплуатационных показателей.

Литература

1. Бигеев А.М. Металлургия стали. 2-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Металлургия. Челябинское отделение, 1988.
2. Новохацкий В.А., Жуков А.А., Макарычев Ю.И. Малоотходная технология производства стальных отливок с экзотермическими приливами. М.: Машиностроение, 1986.
3. Соболев Б.М., Иванов В.В. Расчеты технологических процессов плавки чугуна: Учеб. пособ. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 1995.