

РАЗДЕЛ 5. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 669

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ СИНТЕЗА СВС

А.Т. Евтушенко, Р.В. Шевченко

В наше время многие промышленные заводы испытывают трудности в приобретении инструментальных сталей и сплавов из-за высокой стоимости. В связи с этим актуальным является поиск способов получения таких сталей на заводах методами, не требующими больших денежных вложений, используя современные технологии, позволяющие кроме того утилизацию отходов промышленного производства.

Ключевые слова: химические системы Менделеева, добавленные в шихту; СВС – синтез, самораспространяющийся высокотемпературный синтез; фронт горения – легирующие элементы; смеси порошков; шихта – состав.

Актуальной задачей нашего времени является развитие новых технологических процессов, основными чертами которых являются ограниченное число операций, обеспечивающих выход готовых материалов с использованием отходов производства.

Процессом, обладающим значительным технологическим потенциалом, является открытый академиком А.Г. Мержановым и его научной школой, самораспространяющийся высокотемпературный синтез – СВС.

В основе метода лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, соединений, протекающая в режиме направленного горения.

В АлтГТУ Евстигнеевым В.В. и его сотрудниками была проделана работа по восстановлению железа из отходов кузнечного производства – окалины.

Процесс заключался в том, что порошок окалины смешивался с алюминием, инициировался процесс СВС с получением слитка железа.

Задача наших исследований состояла в том, чтобы путем синтеза СВС процесса из окалины получать инструментальную сталь (с соответствующими легирующими добавками).

Эксперименты проводили в лабораторных условиях. Порошок окалины смешивался с алюминием, сушился и засыпался в реактор. Реакторами служили металлические трубы различного диаметра и высотой до 200 мм.

Первые исследования с разработкой технологии СВС синтеза проводили с добавлением в шихту TiC, зажигание осуществляли путем короткого замыкания спирали из мед-

ной проволоки через трансформатор.

Процесс горения происходит за 5–12 секунд, горение сопровождалось во взрывном режиме с сильным разбросом расплава, из-за образования газов. Происходило выгорание шихты с выходом небольшой массы слитка до 30 % от массы шихты и большим количеством пор и раковин [1–3].

Поэтому первой задачей было уменьшить выгорание и избавиться от пор.

Чтобы уменьшить разбрызгивание поверхность шихты покрывали слоем кислого флюса (АНФ-6) слоем 3–5 мм. Разбрызгивание уменьшалось, и увеличивался выход металлической фазы до 60 % от массы шихты.

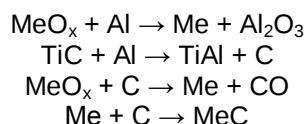
Однако лучший результат по выходу металлической фазы был получен при наложении на реактор грузов сразу после иницирования СВС процесса. Величина груза зависела от массы шихты. При таком протекании процесса выход металлической фазы составлял до 80 % от массы шихты [4].

Для подавления образования газовых пор и раковин в шихту добавляли раскислитель FeSi в количестве 2–3 % от массы шихты, меньшее количество не влияет на процесс, а более 3 % замедляет процесс СВС. Кремний повышает температуру горения смеси и влечет за собой увеличение объема жидкой фазы. Кроме того, ферросилиций раскисляет получающуюся металлическую фазу за счет связывания кремния с кислородом, что приводит к уменьшению пор [5, 6].

Во время СВС процесса в волне горения смесь исходных реагентов претерпевает ряд физических и химических превращений. При

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ СИНТЕЗА СВС

этом в зоне прогрева после плавления исходного окисла (MeO_x), образуется сплошная среда, в которой распределены капли Al и частицы TiC . Во время химического превращения капли и частицы взаимодействуют, протекают обменные реакции. Углерод из карбида титана переходит в жидкий раствор. Происходит карбидизация металла на реакции: $\text{Me} + \text{C} = \text{MeC}$. Или возможна другая реакция:



В результате образуются три конденсированных продукта MeC , Al_2O_3 + TiAl , а также газ CO [7, 8].

Процесс формирования структуры осуществляется при жидкофазном состоянии, поэтому большое значение имеет смачиваемость TiC металлическими компонентами. Структура и свойства улучшаются с приближением к нулю краевого угла смачивания TiC с железом. Краевой угол смачивания TiC компонентами зависит от температуры атмосферы, состава шихты. С увеличением температуры угол смачивания снижается.

С увеличением в шихте карбида титана от 10 до 20 % массы показывает изменение содержания углерода в сплаве от 0,4 до 0,7 % (таблица 1) и увеличение твердости.

Таблица 1 – Механические свойства сплава в зависимости от содержания TiC в шихте

№	Механические свойства			
	% TiC в шихте	% C в сплаве	HRC	КС, Дж/см ²
1	5	0,2	12	10
2	10	0,4	48	4
3	15	0,6	58	2
4	20	0,7	60	0,5

Положительное влияние на твердость сталей проявляется при содержании 10–15 % TiC . Добавление в шихту 20 % TiC резко снижает вязкость. При большем количестве TiC

Таблица 2 – Твердость СВС - сплава

Состав шихты	После СВС		Отпуск, °C			
	HRC	КС	HRC	КС	HR	КС
80 % Fe_2O_3 + 20 % Al + 15 % TiC	58	0,5	52	2	44	4

Закалка и отпуск этой стали повторяют

(более 20 %) синтез не происходит [9, 10].

В результате высокой скорости охлаждения происходит самозакалка сплава из жидкого состояния, образуется структура мартенсита (рисунок 1).

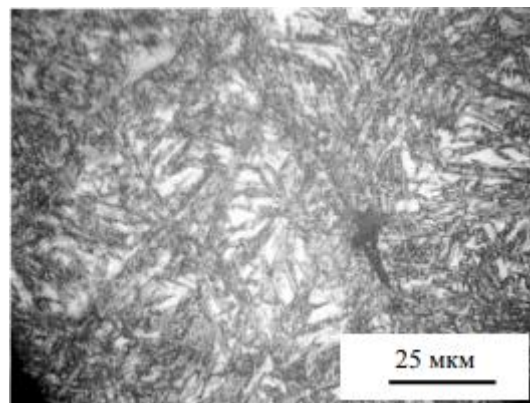


Рисунок 1 – Микроструктура сплава (с 20 % TiC)

Рентгеноструктурный анализ сплавов с добавлением TiC не показывает следов Ti в сплаве (рисунок 2).

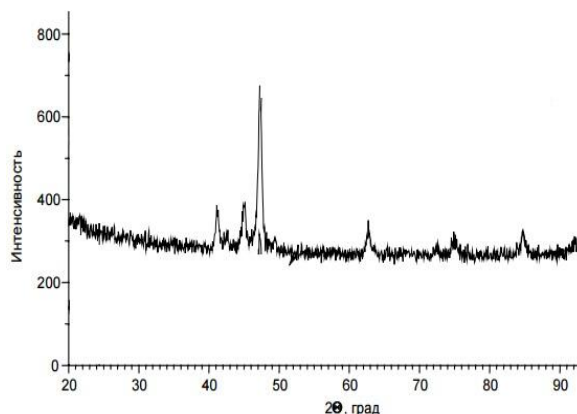


Рисунок 2 – Рентгенограмма сплавов с добавлением карбида титана

Проведенные исследования механических свойств получаемой стали с 0,6 % C (15 % TiC) показали, что сталь ведет себя также, как и обыкновенная углеродистая сталь (таблица 2) [6, 11].

результаты стали с 0,6 % C .

ВЫВОДЫ

1. Для получения стали методом СВС синтеза из отходов производства состав шихты должен быть:

80 % Fe_2O_3 + 20 % Al + 15–20 % TiC.

2. Повышение давления в реакторе ускоряет разделение металл-шлак, способствует более полному выходу металлической фазы до 80 %.

3. Введение в шихту до 2 % FeSi обеспечивает раскисление сплава, уменьшает образование пор, повышает выход металлической фазы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cochevin, B. Nanocrystalline TiC combustion – synthesized from nanostructured reactants and TiC diluent / B. Cochevin, S. Dubois, V. Gauthier, M. F. Beaufort, D. Vrel, J. P. Bonnet // VIII International Symposium on Self – Propagating High Temperature Synthesis, Italy, 21–24 June, 2005, Abstracts Book. P. 28–30.
 2. Dargar, S. In – situ densification of shs composites from nanoreactants / S. Dargar, L. Groven, I. Chaudhuri, J. Puszynski // VIII International Symposium on Self – Propagating High Temperature Synthesis, Italy, 21–24 June, 2005, Abstracts Book. P. 31–33.
 3. Евстигнеев, В. В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Современные проблемы / В. В. Евстигнеев // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4-1. – С. 21–35.
 4. Батаев, А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебник / А. А. Батаев, В. А. Батаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
 5. Мержанов, А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика / А. Г. Мержанов. – Черноголовка : ИСМАН, 2002. – 234 с.
 6. Евтушенко, А. Т. Определение компонентного состава шихты в самораспространяющемся высокотемпературном синтезе интерметаллических соединений / А. Т. Евтушенко, О. А. Лебедева, С. С. Торбунов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2005. – № 6. – С. 30–32.
 7. Кипарисов, С. С. Карбид титана: получение, свойства, применение / С. С. Кипарисов, Ю. В. Левинская, А. П. Петров. – Москва : Металлургия, 1987. – 218 с.
 8. Шиганова, Л. А. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез микро- и нанопорошков нитридов титана, хрома, молибдена и вольфрама с применением азидов натрия и галогенов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Шиганова, Л. А. – Самара, 2010. – 24 с.
 9. Левашов, Е. А. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Е. А. Левашов [и др.]. – М. : БИНОМ, 1999. – 176 с.
 10. Мержанов, А. Г. Процессы горения и взрыва в физикохимии и технологии неорганических материалов / А. Г. Мержанов // Успехи химии. – 2003. – Т. 72, № 4. – С. 323–345.
 11. Амосов, А. П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов : учебное пособие / А. П. Амосов, И. П. Боровинская, А. Г. Мержанов. – М. : Машиностроение, 2007. – 568 с.
- Евтушенко А.Т.**, к.т.н., проф. АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852) 29-07-39.
Шевченко Р.В., магистрант, каф. МАПП АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: r.shevchenko.92@mail.ru.