

УДК 536.46

О ВОЗМОЖНОСТИ АЗОТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ В ПОТОКЕ АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

Б. Ш. Браверман, Ю. М. Максимов, Ю. В. Цыбульник

Отдел структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН, 634021 Томск
bbraverman@yandex.ru

Горение порошков ферросплавов в потоке азотсодержащего газа позволяет получать азотсодержащие лигатуры в виде отдельных, не связанных между собой гранул при давлении, близком к атмосферному.

Ключевые слова: СВС, ферросплавы, азотирование, пределы горения.

Азотированные ферросплавы используются в качестве лигатур при выплавке качественных сталей. Производство таких ферросплавов является одним из наиболее энергоемких процессов в металлургии.

Проблему создания энергосберегающей технологии производства азотсодержащих лигатур позволяет решить классический метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [1, 2]. Эта технология предусматривает проведение азотирования при давлении азота в реакторе $5 \div 10$ МПа. Процесс является периодическим, предусмотрены частые остановки для загрузки шихты и выгрузки продукта. Поскольку температура горения ферросплавов близка к температуре плавления, продукт получается в виде прочного, трудно измельчаемого слитка. Относительно небольшие размеры СВС-реакторов сдерживают широкое внедрение этого метода. Решением проблемы может стать разработка непрерывного процесса азотирования, аналогичного СВС ферритов, описанному в [3].

Горение в потоке активного газа, которое позволяет проводить СВС при давлении, близком к атмосферному, изучали в [4–6]. Горение ферросплавов в таких условиях не исследовалось. В представленной работе рассмотрено горение ферросплавов в потоке азотсодержащего газа на примере феррованадия (FeV) марки ФВД-55. Азотированный FeV применяется, в частности, для выплавки высокопрочных низколегированных сталей, используемых при строительстве нефте- и газопроводов.

Использовали два варианта шихты. В одном случае в реактор засыпали порошок FeV без дополнительной обработки, в другом — порошок предварительно гранулировали аналогично [7]. В качестве связующего использовали раствор канифоли в ацетоне. Смесь раствора с порошком FeV протирали через сито с диаметром ячейки 4 мм, высушивали для удаления ацетона и отсеивали гранулы необходимого размера.

Горение осуществляли в потоке азотсодержащего газа в проточном реакторе диаметром 22 мм. Избыточное давление на входе в реактор не превышало 4 000 Па. Температуру горения измеряли термомпарами ВР 5/20 толщиной 50 мкм.

При горении негранулированных порошков спекание конденсированной фазы приводило к нарушению газопроницаемости с последующим срывом горения. Длина сгоревшей части образца не превышала 50 мм. При использовании гранулированных порошков продукт получался в виде не связанных между собой гранул (рис. 1), что обеспечивало сохранение газопроницаемости. Сгорали образцы длиной более 300 мм.

По результатам ситового анализа дисперсный состав исходного порошка следующий: 41.4 % — $0 \div 40$ мкм, 42.1 % — $40 \div 80$ мкм, 16.5 % — $80 \div 100$ мкм. В первом варианте удалось осуществить горение в потоке чистого азота порошков дисперсностью $0 \div 40$ и $0 \div 80$ мкм. Порошок дисперсностью $0 \div 100$ мкм не удалось зажечь. Однако при использовании гранулирования этот порошок горел в потоке азота.



Рис. 1. Конечные продукты горения в азоте:

1 — негранулированный порошок ферроманганца, 2 — гранулированный

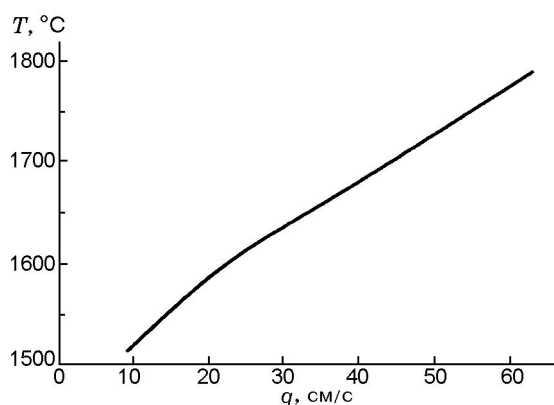


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры реакционной зоны от скорости потока: дисперсность порошка ферроманганца $0 \div 100$ мкм, средний размер исходных гранул 0.47 мм

Негранулированные порошки горели только в чистом азоте, а гранулированные горели и при разбавлении азота аргоном до 60 %.

Измеренная максимальная температура зоны реакции превышает температуру образования жидкой фазы в системе Fe—V (1460°C) и повышается с увеличением скорости потока (рис. 2). Продукт при этом сохраняет газопроницаемость. Гранулы не сплавляются между собой.

Таким образом, можно отметить, что использование гранулирования шихты при азотировании ферроманганца в потоке азота позволяет по сравнению с негранулированной шихтой значительно расширить пределы горения, увеличить длину образцов, улучшить измель-

чаемость продукта. Получение продукта в виде несвязанных гранул открывает возможность создания непрерывной технологии азотирования ферроманганца и ряда других ферросплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов Ю. М. СВС азотированных ферросплавов — основа для развития металлургии качественных сталей. Концепция развития СВС как области научно-технического прогресса / под ред. А. Г. Мержанова. — Черноголовка, 2002. — С. 224–227.
2. Максимов Ю. М., Мержанов А. Г., Зитдинов М. Х., Васильев А. П. Опытная промышленная технология азотирования ферросплавов методом СВС. — Черноголовка, 1985. — (Препр. /АН СССР. ОИХФ).
3. Avakyan P. B., Nersesyan M. D., Merzhanov A. G., Richardson J. T. Continuous SHS technology and properties of soft magnetic ferrites // Intern. J. Self-propagating High-temp. Synth. — 2002. — V. 11, N 1. — P. 81–91.
4. Алдушин А. П. Теория фильтрационного горения: Общие представления и состояние исследований. Распространение тепловых волн в гетерогенных средах / под ред. Ю. Ш. Матроса. — Новосибирск: Наука, 1988. — С. 9–52.
5. Гольдшлегер У. И., Амосов С. Д., Шкиро В. М., Барзыкин В. В. Плоские и спиновые волны горения в системах с фильтрационным подводом газообразного реагента // Докл. АН. — 2000. — Т. 374, № 4. — С. 503–506.
6. Kochetov N. A., Seplyarskii B. S., Vadchenko S. G. Dynamic modes of Ti combustion in a coflow of N_2 —Ar mixture // Intern. J. Self-propagating High-temp. Synth. — 2008. — V. 17, N 3. — P. 2006–2009.
7. Amosov A. P., Makarenko A. G., Samboruk A. R., Seplyarskii B. S., Samboruk A. A., Gerasimov I. O., Orlov A. V., Yatsenko V. V. Effect of batch pelletizing on a course of SHS reactions: an overview // Intern. J. Self-propagating High-temp. Synth. — 2010. — V. 19, N 1. — P. 70–77.

Поступила в редакцию 20/V 2012 г.