

УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА (СВС)

САЛКЫНБАЕВ Б. Ж.^{1*}  ДОСЕКЕНОВ М. С.¹  МАНАШЕВ И.Р.² 

*Салкынбаев Бекарыс Жолдыкулович¹ — магистр технических наук, инженер технолог., ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>.

Досекенов Мурат Сагитжанович¹ — магистр технических наук, главный инженер-технолог, ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: murat.dossekenov@erg.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2483-8118>;

Манашев Ильдар Рауэфович² — кандидат технических наук, заместитель директор ООО «Научно-техническая производственная фирма «Эталон»; г. Магнитогорск, Россия

E-mail: mir@ntpf-etalon.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6565-1001>.

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы утилизации металлического порошка высокоуглеродистого феррохрома методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Статья посвящена исследованию аспирационных металлических пылей, образующихся при производстве ферросплавов. В статье анализируется состав исходного материала, физико-химические свойства, а также влияние на испытательный процесс. В публикации затрагивается актуальность данной темы и преимущества метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Особое внимание было обращено сравнительным анализом данного метода от других традиционных процессов обработки материала. Данная статья поможет рассмотреть проблему загрязнения окружающей среды и влияние традиционных металлургических процессов на экосистему. Авторы также подробно анализируют физические свойства исходных порошковых образцов и их режим температуры горения. В публикации изображены схемы проведения процессов, лабораторные устройства и вид получаемого материала. В данной статье сделан подробный анализ на виды лабораторных устройств, их физические и механические свойства. В публикации приведен тщательный и детальный химический анализ получаемого материала. В процессе исследования были получены ожидаемые результаты, которые представлены в виде таблиц и рисунка. Статья состоит из введения, основной части, вывода, заключения и списка литературы.

Ключевые слова: Металлический порошок, ферросплав, высокоуглеродистый феррохром, СВС-процесс, СВС-реактор, температура горения, циклонная пыль.

Введение

В ближайшем будущем сталь останется основным строительным материалом для различных зданий, сооружений, автомобилей, машин и механизмов [1]. Очевидно, что производство и потребление стали продолжат уверенно расти и в следующие десятилетия. Структура производства и потребления стали постепенно меняется, сокращая долю обычной углеродистой стали и увеличивая долю легированной стали, особенно микролегированной с добавками ванадия, титана, ниобия, бора, азота и других элементов. Применение таких сталей в различных отраслях промышленности вместо традиционных углеродистых сталей имеет ряд преимуществ. Они позволяют снизить металлоемкость изделий и конструкций, а также повысить качество и надежность деталей машин и механизмов. Это приводит к увеличению спроса на ферросплавы и легирующие материалы, которые играют ключевую роль в современном сталеплавильном производстве. Однако производство этих материалов сопровождается образованием значительного количества техногенных отходов, таких как пыль, шлак и шлаки, которые требуют утилизации. Проблема эффективной переработки ферросплавных пылей и других дисперсных некондиционных материалов остаётся актуальной для отечественных ферросплавных заводов. Традиционные методы утилизации, такие как окускование и переплавка или использование брикетов при выплавке стали, имеют низкую эффективность из-за потерь исходного материала, значительная часть которого сгорает или переходит в шлак [2]. Поэтому разработка новых энергоэффективных и

экологически чистых технологий, способных извлечь ценные компоненты мелкодисперсных ферросплавов в процессе утилизации, является важной задачей. Перспективным способом переработки мелкодисперсных некондиционных ферросплавов является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), открытый в 1967 г. советскими учёными А.Г. Мержановым, И.П. Боровинской, В.М. Шкиро. СВС был предложен как энергоэффективный способ получения тугоплавких неорганических соединений – карбидов, силицидов, нитридов и прочих [3]. Этот метод основан на сжигании порошковых компонентов в инертной или реагирующей атмосфере. Благодаря экзотермическим реакциям, происходящим в процессе, СВС-процесс обычно происходит за счет собственной теплоты, что делает его более энергоэффективным и производительным по сравнению с традиционным печным синтезом неорганических соединений. При этом СВС продукты, в отличие от материалов, получаемых в традиционных печах, имеют уникальную композиционную структуру и отличаются «чистотой» по вредным примесям. Такая структура образуется в результате прохождения в объеме шихты высокотемпературного фронта горения (температура реакции здесь может достигать 2500 °С и более) и последующего структурообразования продукта в условиях большого градиента температур и высокой скорости. Использование метода СВС для обработки дисперсных ферросплавов открывает новые возможности для создания уникальных композиционных легирующих и огнеупорных материалов. Разработка и использование таких материалов в металлургической промышленности могут значительно улучшить их производительность и снизить расходы.

Методика проведения эксперимента

ТОО «НИИЦ ERG» совместно с ООО НТПФ «Эталон» были проведены исследовательские работы по утилизации аспирационных металлических пылей, образующихся при производстве ферросплавов, методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В частности, используя такой прием как «химическая печь» (Рис.1) опробовали СВС-переработку образцов циклонной пыли высокоуглеродистого феррохрома ФХ850 (Таблица 1) в лабораторных и опытно-промышленных условиях. В результате проведенных исследований была установлена возможность получения товарного высокоплотного кускового сплава высокоуглеродистого феррохрома.

Таблица 1 - Химический состав исходного материала

Материал	Массовая доля, %						
	Cr	C	Si	S	P	N	O
Циклонная пыль ВУФХ (ФХ850)	63,2	8,2	2,2	0,058	0,024	0,06	4,2

Пористость исходных порошковых образцов (П) до спекания вычисляли по относительной плотности:

$$П = (1 - \rho_n / \rho_{и}) \cdot 100 \%, (12)$$

где ρ_n и $\rho_{и}$ – насыпная и истинная плотность материала.

Температура горения (T_r) измерялась с помощью микротермопар ВР-5/ВР-20, при проведении опытов спай термопары помещался в нижний торец образца на глубину 15-20 мм. СВ-синтез осуществляли в лабораторных СВС-реакторах объемом 3 и 15 дм³ (рис. 2). Скорость горения измеряли посредством фото видеосъемки процесса через штатные окна реакторов. Кроме того, для проведения опытно-промышленных экспериментов также использовали универсальный СВС-реактор объемом 0,15 м³ (рис. 3). Спекание осуществляли в среде газообразного азота чистотой 99,95 %, при избыточном давлении 0,1-0,3 МПа.

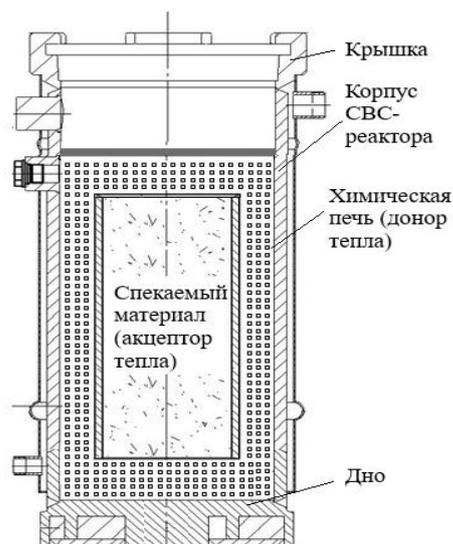


Рисунок 1. Схема проведения СВС-процесса во внешней химической печи (слева) и фотография его практической реализации (справа)



а)

б)

Рисунок 2. Лабораторные СВС-реактора: БПД-3 (а) и БПД-15 (б)

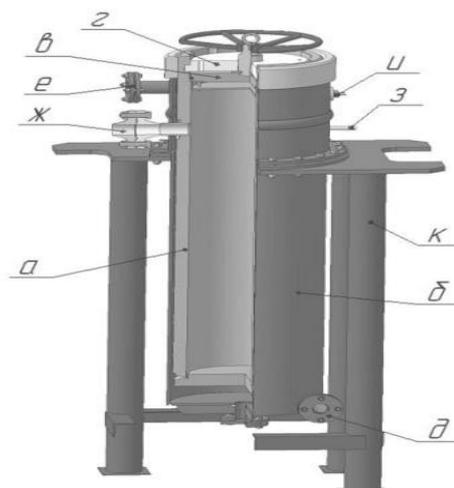


Рисунок 3. Устройство и внешний вид классического СВС-реактора объёмом 0,15 м³.

а) гильза; б) кожух водяного охлаждения; в) крышка; г) упор; д) подвод воды; е) отвод воды; ж) подвод азота; з) отвод азота; и) электрод; к) стойка

Результаты

В результате проведенных исследований показана возможность спекания в режиме горения циклонной пыли высокоуглеродистого феррохрома марки ФХ850 с получением товарного кускового сплава, близкого по химическому составу с высокоуглеродистым феррохромом марки ФХ850 (рис. 4, табл.2).



Рисунок 4. Внешний вид полученного сплава

Таблица 2. Химический анализ полученного сплава

Материал	Массовая доля, %					
	Cr	C	Si	S	P	N
Порошок ВУФХ после СВС-переработки в «химической печи»	63,3	7,7	1,9	0,060	0,023	0,8

Выводы.

В результате проведенных экспериментов установлена возможность спекания циклонной пыли высокоуглеродистого феррохрома в режиме горения без предварительной обработки, с получением кускового высокоуглеродистого феррохрома. Разработанная технология требует дальнейшего развития и опробования в промышленных масштабах.

Список литературы

1. Манашев, И.Р. Утилизация дисперсных ферросплавов СВС-методом / И.Р. Манашев // Сборник трудов международной научной конференции «Физико-химические основы металлургических процессов имени академика А.М. Самарина». – Выкса. – 2022. – С. 364-369.
2. Шатохин, И.М. СВС-технология производства новых материалов для доменного и сталеплавильного производств / И.М. Шатохин, А.Е. Букреев, И.Р. Манашев // Новые огнеупоры. – 2012. – №3. – С. 46.
3. Мержанов А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений / А.Г. Мержанов, И.П. Боровинская // Докл. АН СССР. – 1972. – Т. 204. – С. 366-369.

References

1. Manashev, I.R. Utilizaciya dispersnyh ferrosplavov SVS-metodom / I.R. Manashev //

Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Fiziko-himicheskie osnovy metallurgicheskikh processov imeni akademika A.M. Samarina». – Vyksa. – 2022. – S. 364-369.

2. SHatohin, I.M. SVS-tehnologiya proizvodstva novyh materialov dlya domennogo i staleplavil'nogo proizvodstv / I.M. SHatohin, A.E. Bukreev, I.R. Manashev // Novye ogneupory. – 2012. – №3. – S. 46.

3. Merzhanov A. G. Samorasprostranyayushchijsya vysokotem-peraturnyj sintez tugoplavkih neorganicheskikh soedinenij / A.G. Merzhanov, I.P. Borovinskaya // Dokl. AN SSSR. – 1972. – T. 204. – S. 366-369.

ЖОҒАРЫ КӨМІРТІКТІ ФЕРРОХРОМДЫ МЕТАЛЛ ҰНТАҒЫН ӨЗІН-ӨЗІ ТАРАТАТЫН ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ СИНТЕЗ ӘДІСІМЕН ҚАЙТА ӨНДЕУ

САЛҚЫНБАЕВ Б.Ж.^{1*}, ДОСЕКЕНОВ М.С.¹, МАНАШЕВ И.Р.²

*Салкынбаев Бекарыс Жолдыкулович¹ — техника ғылымдарының магистрі, инженер технолог., ЖШС «Ғылыми Зерттеу Инжинирингтік Орталығы ERG», Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>.

Досекенов Мурат Сагитжанович¹ — техника ғылымдарының магистрі, бас инженер-технолог, ЖШС «Ғылыми Зерттеу Инжинирингтік Орталығы ERG», Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: murat.dossekenov@erg.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2483-8118>;

Манашев Ильдар Рауэфович² — техника ғылымдарының кандидаты, «Эталон» ғылыми-техникалық өндірістік фирмасы» ЖШҚ директорының орынбасары; Магнитогорск қ., Ресей

E-mail: mir@ntpf-etalon.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6565-1001>.

Андатпа. Бұл мақалада өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез арқылы жоғары көміртекті феррохром металл ұнтағын қайта өңдеу әдістері талқыланады. Мақала ферроқорытпаларды өндіру кезінде түзілетін аспирациялық металл шандарын зерттеуге арналған. Мақалада бастапқы материалдың құрамы, физикалық және химиялық қасиеттері, сондай-ақ сынақ процесіне әсері талданады. Басылым осы тақырыптың өзектілігін және өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез әдісінің артықшылықтарын қозғайды. Бұл әдісті басқа дәстүрлі материалды өңдеу процестерінен салыстырмалы талдауларға ерекше назар аударылды. Бұл мақала қоршаған ортаны ластау проблемасын және дәстүрлі металлургиялық процестердің экожүйеге әсерін қарастыруға көмектеседі. Авторлар сонымен қатар бастапқы ұнтақ үлгілерінің физикалық қасиеттерін және олардың жану температуралық режимін егжей-тегжейлі талдайды. Басылымда технологиялық схемалар, зертханалық құрылғылар және алынған материал түрі бейнеленген. Бұл мақалада зертханалық құрылғылардың түрлері, олардың физикалық және механикалық қасиеттері егжей-тегжейлі талданады. Басылымда алынған материалдың мұқият және егжей-тегжейлі химиялық талдауы берілген. Зерттеу барысында күтілетін нәтижелер алынды, олар кестелер мен суреттер түрінде берілген. Мақала кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттерден тұрады.

Түйін сөздер: Металл ұнтағы, ферроқорытпа, жоғары көміртекті феррохром, CBC үрдісі, CBC реакторы, жану температурасы, циклон шаңы.

DISPOSAL OF HIGH-CARBON FERROCHROME METAL POWDER BY SELF-PROPAGATION HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

SALKYNBAYEV B.Z.^{1*}, DOSSEKENOV M.S.¹, MANASHEV I.R.²

*Salkynbayev Bekarys Zholdykulovich¹ — master of technical sciences, engineer technologist., LLP «ERG Research and Engineering Center», Aktobe, Kazakhstan

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>

Dossekenov Murat Sagitzhanovich¹ — master of technical sciences, Chief Technology Engineer, LLP «ERG Research and Engineering Center», Aktobe, Kazakhstan

E-mail: murat.dossekenov@erg.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2483-8118>;

Manashev Ildar Raufovich² — Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of «Scientific and Technical Production Company «Etalon»» LLC; Magnitogorsk, Russia

E-mail: mir@ntpf-etalon.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6565-1001>.

Abstract. This article discusses the methods of recycling high-carbon ferrochrome metal powder by self-

propagating high-temperature synthesis. The article is devoted to the study of aspiration metal dusts formed during the production of ferroalloys. The article analyzes the composition of the source material, its physicochemical properties, and the impact on the testing process. The publication touches upon the relevance of this topic and the advantages of the self-propagating high-temperature synthesis method. Particular attention was paid to comparative analyses of this method from other traditional material processing processes. This article will help to consider the problem of environmental pollution and the impact of traditional metallurgical processes on the ecosystem. The authors also analyze in detail the physical properties of the original powder samples and their combustion temperature mode. The publication shows the process flow charts, laboratory devices, and the type of resulting material. This article provides a detailed analysis of the types of laboratory devices, their physical and mechanical properties. The publication provides a thorough and detailed chemical analysis of the resulting material. In the course of the study, the expected results were obtained, which are presented in the form of tables and a figure. The article consists of an introduction, main part, conclusion, conclusion and list of references.

Kew words: Metal powder, ferroalloy, high-carbon ferrochrome, SHS process, SHS reactor, combustion temperature, cyclone dust.