

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции
«Эффективные технологии производства цветных, редких и
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,
члена-корреспондента Академии наук РК,
лауреата Государственной премии Республики Казахстан
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

PROCEEDINGS

**of International scientific and practical conference
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy
science and industry concerns and in memory of well-known scientist
of metallurgy, Associate Member of the National Academy
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

Алматы 2018

УДК 669
ББК 34.3
Э94

Ответственный редактор: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

Жауапты редактор: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

Редакционный совет: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

Редакциялық алқа: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»: Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»: Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

ISBN 978-601-323-132-7

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

УДК 669
ББК 34.3

ISBN 978-601-323-132-7

© АО «ИМиО», 2018

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ГАЗОПЛАМЕННОЙ НАПЛАВКИ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.41>

*Бекишева А.А.¹, Кенжалиев Б.К.², Миронов В.Г.¹, Шилов Г. Т.¹,
ORCID: 0000-0003-2667-847X 0000-0003-1474-8354 0000-0002-7499-2378 0000-0002-8797-0127

Ильмалиев Ж.Б.¹

0000-0002-0979-0665

¹ТОО «КВТУ SPLAV» Казахстанско- Британский технический университет,
г. Алматы, Казахстан, *ardabekovna@mail.ru;

²АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан,

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос сокращения технологических операций для получения наплавочного материала на основе железа. Наплавочный порошковый сплав, сформированный в процессе механохимического синтеза композиции Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C, использован для газопламенной наплавки покрытия. Получен состав порошкового самофлюсующегося наплавочного сплава на железной основе с многофункциональным назначением. Использование аппарата для приготовления наплавочных порошков (атритора) позволяет проводить легирование исходных материалов, аналогично металлургическому легированию и получать в пределах одной частицы порошка сочетания самых разнообразных химических элементов.

Рассмотрен вопрос сокращения технологических операций для получения наплавочного материала на основе железа. Наплавочный порошковый сплав, сформированный в процессе механохимического синтеза композиции Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C, использован для газопламенной наплавки покрытия. Получен состав порошкового самофлюсующегося наплавочного сплава на железной основе с многофункциональным назначением

Порошковые наплавочные сплавы, в исходный металл которых вводятся различные легирующие элементы для придания сплаву определенных физических, химических, механических и самофлюсующихся свойств широко используются в практике восстановления и упрочнения деталей машин и механизмов с применением технологий термического нанесения покрытий. Состав и свойства наплавочных сплавов зависят от способа их нанесения на поверхность обрабатываемой детали.

Среди существующих методов нанесения покрытий перспективным является газотермическое напыление, в частности газопламенная наплавка [1, 2]. Основными преимуществами метода являются низкое тепловложение в упрочняемую деталь, возможность получения покрытия практически из любого материала, простота и универсальность.

Традиционной технологии подготовки наплавочных материалов страдают некоторыми недостатками. В частности, при расплавлении материала на стадии подготовки наплавочных сплавов для реабилитации узлов деталей и машин происходит угар компонентов сплава и др. [3]. Поэтому предложена подготовка наплавочных материалов методом механохимического легирования. Использование механохимической технологии позволяет исключить энергозатратную технологическую операцию - термическую обработку порошкового материала. В последнее время стал развиваться новый технический прием – газопламенное нанесение композиционных порошков с интегрированными комплексами исходных компонентов, получаемых методом механического легирования. Оптимальным вариантом снижения себестоимости и повышения эффективности получения нового наплавочного порошка для восстановления деталей методом газопламенного напыления является замена части дорогостоящих никеля и кобальта более дешевым железом с сохранением комплекса

технических, механических и физико-химических свойств. Аппараты для приготовления наплавочных порошков (аттриторы) позволяют проводить легирование исходных материалов, аналогично металлургическому легированию и получать в пределах одной частицы порошка сочетания самых разнообразных химических элементов. Обработка в аттриторе отличается высокой производительностью, не требует сложных технологических приемов и позволяет в дальнейшем получать гомогенизированные частицы порошка путем конгломерации тонкодисперсных исходных компонентов в более крупную частицу. Метод механохимического легирования дает возможность получать наплавочные порошковые материалы, которые обычным путем получить невозможно. Сочетание метода механического легирования с конгломерированием полученных смесей порошков позволяет создавать различные композиции наплавочного сплава обеспечивающие получение высококачественных покрытий.

Проведены исследования в области получения самофлюсующихся порошковых наплавочных материалов для газопламенного нанесения покрытий, оптимизирован состав наплавочного порошка для конкретных деталей и узлов различных машин и агрегатов. Получен состав порошкового самофлюсующегося наплавочного сплава на железной основе с многофункциональным назначением и различными технологическими свойствами, вместо наплавочных самофлюсующихся порошковых сплавов на никелевой, кобальтовой и медной основах.

Механическую активацию порошков химических элементов, входящих в шихту проводили в аттриторе конструкции АО «КБТУ» при энерго-напряженности 0,1 кВт/л при соотношении массы шаров к массе порошковой смеси 14:1, 30:1, 50:2. В качестве мелющих тел использовали шары шарикоподшипниковой стали марки ШХ-15 диаметром 5,0 мм. МА проводили в среде аргона.



Рисунок 1 – Аттритор

В результате интенсивной механической обработки чистые металлические порошки длительно перетирались между стальными шарами, частицы порошка при этом испытывают глубокую пластическую деформацию. Разрушаются, схватываются друг с другом. В результате образуются укрупненные композитные частицы слоистого строения, представляющие собой гранулы, имеющие состав исходной порошковой смеси. Эти гранулы гомогенны по своему внутреннему составу, т.е. зоны неоднородностей могут быть доведены до размеров нескольких микрон. Весь процесс механического легирования сопровождается термодинамическими фазовыми

превращениями элементов композиционного материала, вызывающими образование твердых растворов. Растворимость компонентов увеличивается в десятки процентов по сравнению с растворимостью в равновесных условиях. При этом часть легирующих элементов остается на поверхности композиционных частиц размером 10-100нм.

В результате механического легирования были получены порошковые композиционные материалы с размером частиц 10-20 мкм. Именно при этих размерах достигается получение гомогенизированной структуры порошковой смеси нового наплавочного сплава. Существующее оборудование для газопламенной наплавки или напыления требует применения наплавочных порошков размером 50-160 мкм. Поэтому полученный материал в атриторе был подвергнут дальнейшей конгломерации на лабораторном планетарном грануляторе АО «КБТУ» до требуемых размеров. Необходимость дополнительной конгломерации может быть использована для введения новых легирующих элементов, минуя аттрирование. Исследования показали, что процесс сфероидизации зависит как от рабочих параметров планетарного гранулятора, обеспечивающих степень давления на частицу вещества, так и твердости конгломерированного порошка и демпфирующих свойств композиционного материала при оптимальных сочетаниях рабочих параметров более 90% гранул близки к сфероидам и в них до 70% частиц требуемых размеров. Тогда как в исходном материале ПГ-Ж40 наибольшую весовую долю (40%) составляет фракция размером частиц менее 50 мкм.

Следует отметить о важности связующего вещества в конгломерированных порошках. Кроме своего основного назначения – склеивания частиц для образования конгломерата, оно должно предохранять его от разложения, вступать в химическую реакцию, участвовать в синтезе элементов покрытия, обеспечить сохранность гранул при наплавке, не должно вносить вредные примеси в покрытие. В качестве связующего при конгломерировании использовали органическую связку - фенольный лак ФЛ-98 в количестве 2-3%, в качестве растворителя этиловый спирт, хорошо смачивающий все исходные материалы изготавливаемого конгломерата. Однородное распределение и смачивание компонентов достигали за счет принудительной взаимно-конвенционной диффузии создаваемый в результате вращения лопастей смесителя. Так как конгломерация на связках при сушке как в смесителях, так и в процессе наплавки не всегда обеспечивает достаточную прочность частиц порошков (гранул) дополнительно использовали высокотемпературное (700 – 800 °С) спекание, позволяющее повысить прочность частиц и удалить связующее, так как наличие растворителя в частице может привести к разрыву конгломерата при нагреве в факеле наплавочной горелки. Из полученного конгломерированного порошка выделяли фракцию 50 – 160мкм, представляющий собой готовый продукт.

Состав одного из полученных порошковых наплавочных материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав наплавочного порошка

C	Si	Cr	B	Cu	Ni	Fe
1,1-1,4	2-3,0	14-15	2-2,9	3-4	30-32	32-40

Механохимическая технология позволяет получить требуемый состав порошковых наплавочных материалов без ограничений по числу компонентов, соединений различного химического состава, температуры плавления компонентов и их физико-химических свойств.

На основании проведенных исследований была разработана технологическая схема получения композиционного наплавочного сплава на основе железа.

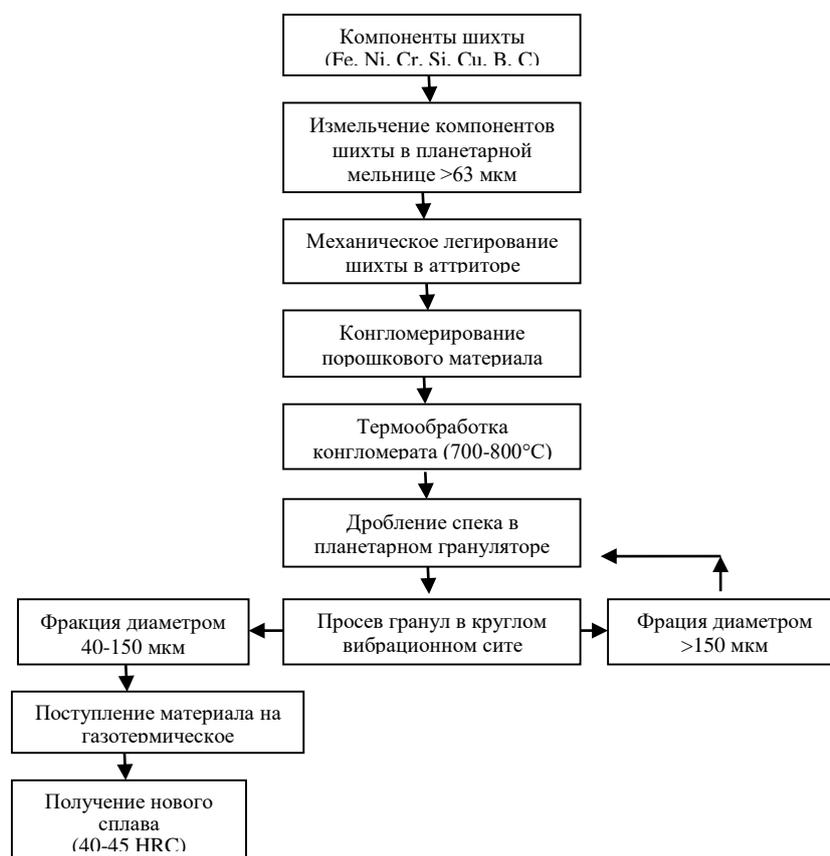


Рисунок 2 – Технологическая схема получения композиционного наплавочного сплава на основе железа

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mellor B.G., UK: CRC Press, 79-98 (2006).
- 2 Pawlowski L., The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings, John Wiley & Sons, Ltd (2008).
3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. Х12 В.Н. Попова; под ред. В.С. Степина и др. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.

RECEIVING COMPOSITE ALLOY ON THE BASIS OF IRON FOR CREATION OF THE SHEETING BY METHOD GAS-FLAME NAPLAVKI

*Bekisheva A.A.¹, Kenzhaliev B.K.¹, Mironov V.G.¹, Shilov G.T.¹,

ORCID: 0000-0003-2667-847X 0000-0003-1474-8354 0000-0002-7499-2378 0000-0002-8797-0127

Imaliyev Zh.B.¹

0000-0002-0979-0665

¹Kazakh British Technical University, “KBTU METALLUM” LLP, Almaty, Kazakhstan,
*ardabekovna@mail.ru;

²“Institute of Metallurgy and Beneficiation”, JSC Almaty, Kazakhstan

Abstract. *In work the question of reduction of technological operations for receiving naplavochny material on the basis of iron is considered. The Naplavochny powder alloy created in the course of mechanochemical synthesis of composition of Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C is used for a gas-flame naplavka of a covering. The structure powder самофлюсующегося naplavochny alloy on an iron basis with multipurpose appointment is received. Use of the device for preparation of naplavochny powders (attritor) allows to carry out alloying of initial materials, to similarly metallurgical alloying and to receive within one particle of powder of a combination of the most various chemical elements.*