

В. М. ПАВЛОВЕЦ



РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ В МЕТАЛЛУРГИИ

В. М. Павловец

**РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ
В МЕТАЛЛУРГИИ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 669.162.23
ББК 34.323
П12

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, профессор кафедры металлургии черных металлов
Юргинского технологического института (филиала)
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет» *Р. А. Гизатулин*;
доктор технических наук, профессор, заместитель директора
«ООО ЭнергоИзолит-Групп» *Л. Б. Павлович*

Павловец, В. М.

П12 Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии : монография / В. М. Павловец. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1041-0

Изложены основы теории и технологии производства железорудных окатышей. Раскрыты проблемы техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии применительно к сфере производства железорудных окатышей. Представлены результаты научных исследований и технические разработки в области теории и технологии подготовки железорудного сырья к металлургической плавке, посвященные новой технической концепции производства железорудных окатышей.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Металлургия», а также аспирантов и инженерно-технических работников.

УДК 669.162.23
ББК 34.323

ISBN 978-5-9729-1041-0

© Павловец В. М., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЛАВКЕ	12
1.1 Общие сведения о практике использования и производстве железорудных окатышей.....	12
1.2 Общая характеристика технологии производства железорудных окатышей.....	14
1.3 Основы теории и практики окомкования железорудных материалов в металлургии.....	19
1.3.1 Развитие техники окомкования железорудных материалов в начале промышленного производства окатышей.....	19
1.3.2 Характеристика современных окомкователей.....	41
1.3.3 Основы теории окомкования железорудных материалов.....	61
2 ОРГАНИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ, СТРУКТУРНО СОДЕРЖАЩЕГО ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕ СПОСОБОМ НАПЫЛЕНИЯ ВЛАЖНОГО МАТЕРИАЛА НА ДОННЫЙ ГАРНИСАЖ ОКОМКОВАТЕЛЯ.....	69
2.1 Анализ технологических резервов и разработка обобщенной структуры производственного маршрута подготовки железорудного сырья к спеканию	69
2.1.1 Разработка технологического алгоритма альтернативных способов подготовки железорудной шихты к спеканию на основе морфологического анализа.....	69
2.1.2 Анализ структурно-технологической схемы и совместимость элементов способов подготовки шихты к спеканию с заданными технологическими условиями.....	78
2.2 Организация технологической схемы и проектирование экспериментальной установки для получения сырых железорудных окатышей, структурно содержащей систему аппаратов для принудительного зародышеобразования.....	83
2.2.1 Общие принципы организации технологической схемы принудительного зародышеобразования влажной шихты напылением воздушно-шихтовой струей в холостой зоне окомкователя.....	83

2.2.2	Математическое описание движения зародыша сложной формы на тарели окомкователя и анализ способов окомкования железорудной шихты в режиме принудительного зародышеобразования	94
2.2.3	Конструкция экспериментальной установки для получения железорудных окатышей, структурно содержащая систему аппаратов для принудительного зародышеобразования... ..	111
2.2.4	Методика экспериментов и определения физических параметров напыленного слоя, зародышей и окатышей.....	120
2.3	Теплофизическая модель воздушношихтовой струи на участке загрузки шихты в окомкователь и динамика взаимодействия струи со слоем влажных железорудных материалов	122
2.3.1	Исследование физических характеристик трехфазной воздушношихтовой струи и ее структурных составляющих ...	122
2.3.2	Исследование температурных полей воздушношихтовых струй и теплового взаимодействия струи с шихтовыми материалами	132
2.3.3	Расчет давления воздушношихтовой струи на шихтовый гарнисаж окомкователя	135
2.3.4	Аэродинамические исследования при взаимодействии струи воздуха с поверхностью ограждения.....	143
2.4	Организация технологической схемы и исследование режимов напыления влажной шихты воздушношихтовыми струями на шихтовый гарнисаж в холостой зоне тарельчатого окомкователя	149
2.4.1	Формирование макроструктуры напыленных покрытий в технологиях газоструйного и плазменного напыления порошковой металлургии.....	149
2.4.2	Исследование механизма напыления влажной шихты на шихтовый гарнисаж окомкователя	155
2.4.3	Исследование геометрических и прочностных параметров напыленного слоя шихты, сформированного на шихтовом гарнисаже окомкователя	176
2.4.4	Исследование механизма формирования и уплотнения шихтового гарнисажа и напыленного слоя при загрузке шихты в окомкователь	182
2.4.5	Исследование механизма влагоудаления из напыленного слоя шихты на тарельчатом окомкователе.....	190
2.5	Исследование процесса получения железорудных окатышей способом принудительного зародышеобразования на тарельчатом окомкователе	200
2.5.1	Разработка и исследование теплосиловых режимов принудительного зародышеобразования.....	200

2.5.2 Перспективные схемы напыления шихты на гарнисаж окомкователя и деления напыленного слоя на зародыши.....	206
2.5.3 Исследование капиллярной пропитки шихтовых зародышей, сформированных по технологии принудительного зародышеобразования.....	223
2.5.4 Исследование процесса получения окатышей комбинированным способом, структурно содержащим принудительное зародышеобразование напылением шихты сжатым воздухом.....	225
2.5.5 Обоснование оптимальных параметров зародышеобразования и условий увлажнения.....	232

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ, СТРУКТУРНО СОДЕРЖАЩЕГО ОПЕРАЦИЮ НАПЫЛЕНИЯ ВЛАЖНОЙ ШИХТЫ НА КОМКУЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ	239
3.1 Исследование процесса взаимодействия воздушношихтовой струи и слоя влажных окатышей в рабочем пространстве окомкователя	239
3.1.1 Силовое взаимодействие воздушношихтовой струи и ее структурных составляющих со слоем влажных окатышей	239
3.1.2 Особенности взаимодействия струи сжатого воздуха и слоя пересыпающихся влажных окатышей в окомкователе.....	249
3.1.3 Влияние характера реакционной поверхности окомкователя на прочность железорудных окатышей, ускоренных сжатым воздухом	264
3.1.4 Измерение скорости окатышей, ускоренных струей сжатого воздуха на тарельчатом окомкователе	269
3.2 Формирование окатышей напылением влажной шихты на слой комкуемых материалов в рабочем пространстве окомкователя	273
3.2.1 Исследование механизма напыления влажной шихты на слой железорудных окатышей.....	273
3.2.2 Исследование технологии напыления влажной шихты на слой железорудных окатышей	277
3.2.3 Перспективные схемы напыления шихты на комкующиеся материалы в рабочей зоне окомкователя.....	287
3.3 Устранение поверхностных дефектов влажных окатышей напылением шихты воздушношихтовыми струями.....	293
3.3.1 Анализ причин образования дефектов и механизм образования трещин на поверхности сырых окатышей.....	293
3.3.2 Устранение дефектов на поверхности сырых окатышей напылением шихты на слой комкуемых материалов	296

3.4 Сравнительная оценка термостойкости и кинетики сушки железорудных окатышей, полученных с использованием теплосилового напыления влажной шихты	300
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	310
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	312
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	314