

№ 1313

И.А. Шур

Н.А. Чиченев

С.М. Горбатюк

Машины и агрегаты металлургического производства

Механическое оборудование
для подготовки шихтовых материалов
к плавке

Курс лекций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1313

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИСиС



Кафедра машин и агрегатов металлургических предприятий

И.А. Шур

Н.А. Чиченев

С.М. Горбатюк

Машины и агрегаты металлургического производства

Механическое оборудование
для подготовки шихтовых материалов
к плавке

Курс лекций

Допущено учебно-методическим объединением
по образованию в области металлургии в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению 150400 –
Технологические машины и оборудование, специальность
150404 – Металлургические машины и оборудование

УДК 669.021.09
Ш95

Рецензент
канд. техн. наук, проф. *В.А. Чередников*

Шур И.А., Чиченев Н.А., Горбатюк С.М.

Ш95 Машины и агрегаты металлургического производства: Механическое оборудование для подготовки шихтовых материалов к плавке: Курс лекций. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 104 с.
ISBN 978-5-87623-271-7

Рассмотрены машины и агрегаты, составляющие механическое оборудование первого основного металлургического передела – подготовки шихтовых материалов к плавке. Приведены конструкции и расчеты щековых, конусных, молотковых и валковых дробилок, барабанных мельниц, смесителей и окомкователей, грохотов и агломерационных машин.

Курс лекций предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 150404 «Металлургические машины и оборудование», но может быть полезен студентам направления 150100 «Металлургия», а так же использован в курсовом и дипломном проектировании при разработке технологии и оборудования для подготовки шихтовых материалов к плавке.

УДК 669.021.09

ISBN 978-5-87623-271-7

© Национальный исследовательский
технологический университет
«МИСиС», 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение.....	5
Условные обозначения	6
1. Процессы подготовки шихтовых материалов	6
2. Характеристика процесса дробления	10
3. Щековые дробилки.....	14
3.1. Принцип действия и особенности конструкций	14
3.2. Расчет параметров щековых дробилок	22
3.2.1. Определение угла захвата	22
3.2.2. Расчет производительности щековой дробилки.....	22
3.2.3. Расчет мощности привода щековой дробилки.....	25
3.2.4. Расчет нагрузок в щековой дробилке	26
Пример расчета щековой дробилки	28
4. Конусные дробилки.....	32
4.1. Принцип действия и особенности конструкций	32
4.2. Расчет параметров конусных дробилок	37
4.2.1. Определение угла захвата	37
4.2.2. Расчет производительности конусной дробилки.....	37
4.2.3. Расчет мощности привода конусной дробилки	39
5. Молотковые дробилки (ударного действия).....	40
5.1. Особенности конструкции молотковых дробилок	40
5.2. Основные параметры молотковых дробилок	42
6. Валковые дробилки	44
6.1. Принцип действия	44
6.2. Расчет параметров валковых дробилок	45
7. Оборудование для измельчения (мельницы).....	49
7.1. Устройство и классификация мельниц	49
7.2. Особенности конструкций барабанных мельниц	52
7.3. Футеровка барабанов мельниц.....	55
7.4. Расчет параметров барабанных мельниц.....	57
8. Смесители и окомкователи шихты	63
8.1. Общие сведения.....	63
8.2. Лопастные смесители	63
8.3. Барабанные смесители и окомкователи.....	65
8.4. Чашевые окомкователи	75
9. Грохоты.....	80
9.1. Общие сведения.....	80
9.2. Колосниковые грохоты.....	82
9.3. Валковые грохоты	84
9.4. Барабанные грохоты	85
9.5. Инерционные грохоты	88
9.6. Дисковые и ротационные грохоты	92
9.7. Расчет вибрационного грохота	94
10. Агломерационная конвейерная машина непрерывного действия.....	100
Библиографический список	103

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие экономики России требует повышения уровня производства металлов при одновременном улучшении их качества. Успешное решение этой проблемы во многом зависит от эффективных технологий металлургического производства и применяемого для их осуществления механического оборудования. Поэтому подготовка специалистов в области металлургических машин и оборудования является стратегически важной задачей, необходимой для обеспечения национальной безопасности страны.

Курс «Машины и агрегаты металлургического производства» изучают в цикле специальных дисциплин. Его целью является ознакомление студентов с принципом действия и конструктивными особенностями узлов, механизмов, машин и агрегатов металлургических предприятий, обучение методике расчета и проектирования типовых систем и модулей технологических машин и агрегатов металлургического производства.

Данный курс лекций охватывает широкий комплекс вопросов, связанных с конструкциями и расчетами механического оборудования для подготовки шихтовых материалов к плавке.

Написан на основе курса лекций, которые более 10 лет читаются авторами в Государственном технологическом университете «Московский институт стали и сплавов» для студентов, обучающихся по специальности 150404 «Металлургические машины и оборудование» на кафедре машин и агрегатов металлургических предприятий.

Введение

Полный цикл производства металлопродукции на современных предприятиях цветной и черной металлургии включает три основных стадии (передела): подготовительный, плавильный и обработки давлением. Производство металлов характеризуется большим объемом перерабатываемого сырья, что обусловлено низким содержанием полезных элементов в добываемой руде. Так, в настоящее время перерабатываются руды, содержащие 16...70 % железа, 0,7...3,0 % меди, 1...3 % цинка, 0,5...5,0 % никеля, 0,1...4,0 % кобальта и т.д.

Подготовка шихтовых материалов относится в соответствии с принятой классификацией к первому основному переделу металлургического производства и характеризуется большим разнообразием технологических операций. Процессы обогащения и применяемое для их реализации механическое оборудование по функциональному назначению можно разделить на три группы: подготовительные, основные и вспомогательные. Подготовительные процессы включают операции дробления, измельчения, смешивания, грохочения и др. К основным процессам относятся операции обогащения, использующие различные свойства материалов: флотационные, гравитационные, магнитные, электрические и др. Вспомогательные процессы предназначены для повышения эффективности основного производства и дальнейшей переработке полученных продуктов и включают операции обезвоживания, сушки, обжига и др.

Кроме того, механическое оборудование для подготовки шихтовых материалов включает подъемно-транспортные машины (конвейеры, гидро- и пневмотранспорт, питатели и др.), которые осуществляют подачу, перемещение и складирование сырья и шихтовых материалов между технологическими агрегатами.

Условные обозначения

a	– размер кусков материала
A	– площадь
B, b	– ширина
C	– жесткость колебательной системы
D, d	– диаметр
e	– эксцентриситет
E	– модуль упругости материала при сжатии
f	– коэффициент трения материала по щеке
F	– сила
g	– ускорение свободного падения
G	– вес шаровой нагрузки в мельнице
i	– степень дробления
J	– момент инерции
H, h	– высота
K, k	– коэффициент (общее обозначение)
L, l	– длина
m	– масса
M	– момент
n	– частота вращения
p	– давление
P	– мощность
r	– эксцентриситет вращения вала
R, r	– радиус
S	– перемещение, ход
T, t	– время, период
V	– объем
v	– скорость
W	– работа
Z	– количество (роликов, зубьев, резцов и др.)
α, β, θ	– угол
φ	– угол трения
ε	– относительная деформация
ν	– частота колебаний короба
η	– КПД механических передач привода
δ	– толщина срезаемого слоя (высота резца)
λ	– угол наклона
ψ	– коэффициент заполнения материалом камеры дробления
ω	– угловая скорость
ρ	– объемная масса
σ	– предел прочности материала на сжатие
Π	– производительность

1. ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шихта – смесь сырых материалов и топлива, подлежащих переработке в металлургическом производстве. Состав шихты в значительной степени зависит от выплавляемого металла.

Основными видами шихтовых материалов при выплавке стали являются: руда; кокс (уголь); флюсы (известняк) (рис. 1.1).

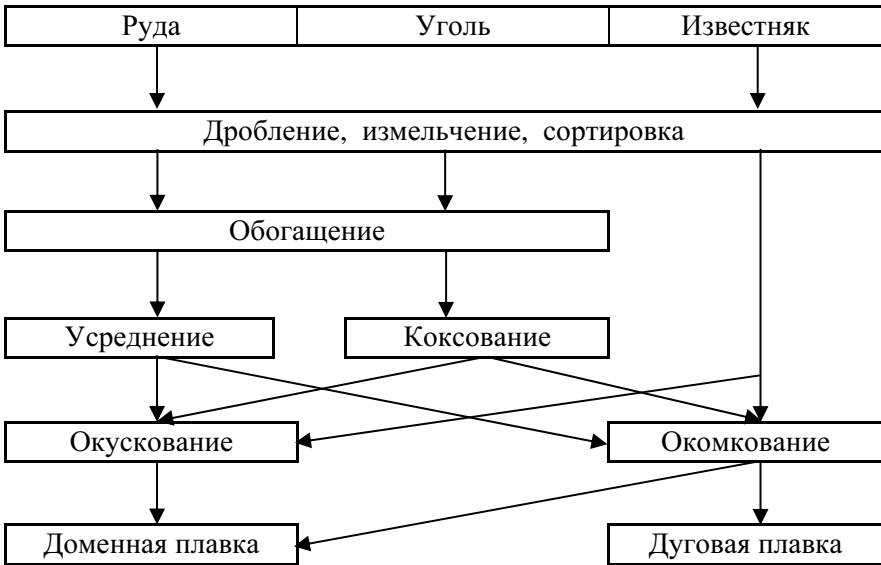


Рис. 1.1. Схема технологического процесса подготовки шихтовых материалов при выплавке стали

Руда имеет плотность (объемную массу) $\rho = 1,2 \dots 3,6 \text{ т/м}^3$ и различается по содержанию железа, пустой породы и вредных примесей. Одним из важнейших этапов подготовки шихтовых материалов к доменной плавке является удаление из них пустой породы, для чего их подвергают предварительной обработке: дроблению, сортировке и обогащению.

Процесс *обогащения* заключается в удалении из сырой руды и угля пустой породы и некоторых вредных примесей. В результате в руде повышается относительное содержание железа и образуется железорудный концентрат. Обогащение осуществляется на горно-обогатительных

комбинатах и основывается на разделении материалов по их плотности (гравитационное обогащение), на различной способности минералов смачиваться водой (флотационное обогащение) и др.

Усреднение является операцией повышения однородности концентрата по составу и размерам. Процесс состоит в закладке усредняемого материала в штабель многочисленными тонкими слоями при различных сочетаниях поперечных, продольных и вращательных движений рабочего органа штабелера с последующим отбором материала из максимального числа слоев.

Перед спеканием концентрат подвергают окомкованию во вращающихся барабанных смесителях до образования влажных комков размерами 0,5...5,0 мм. Каменный уголь после дробления, сортировки и обогащения подвергается коксованию. *Кокс* – твердый углеродистый остаток, образующийся при нагреве угля до температуры 950...1050 °С без доступа воздуха. Он используется для ведения доменной плавки и служит топливом и восстановителем. Кокс имеет объемную массу $\rho = 0,43...0,48 \text{ т/м}^3$. При коксовании, кроме кокса (70...80 %) образуется коксовый газ (15...25 %) и жидкие продукты, которые являются ценным химическим сырьем. *Коксик* – мелочь размерами менее 5...10 мм, остающаяся после сортировки кокса и используемая при агломерации. *Флюсы* служат для придания легкоплавкости пустой породе (связывают ее), отшлаковывания золы кокса и получения жидкоподвижного шлака. В качестве флюса применяют известняки: для агломерации – непрочные, с размером менее 3 мм; для доменной плавки – высокопрочные, кусковые.

Перед доменной плавкой измельченные железосодержащие материалы подвергают окускованию посредством агломерации. *Агломерация* – термический процесс спекания компонентов шихты при температуре 600...1200 °С, которые имеют следующие размеры: руда (концентрат) – 0,5...5 мм; коксик – 5...10 мм; известняк – менее 3 мм.

Процесс агломерации основан на горении топлива в слое спекающегося материала при непрерывном пропускании через него воздуха и сопровождается выжиганием серы. При этом образуются жидкие легкоплавкие соединения, которые связывают отдельные комки в куски. После дробления агломерата получают куски размером 5...50 мм, которые имеют объемную массу $\rho = 1,6...1,7 \text{ т/м}^3$. Кроме агломерата при доменной плавке используют кокс размерами кусков 20...40 мм и известняк размерами 10...15 мм.

Тонкоизмельченный концентрат крупностью менее 0,5 мм и пылевидную рудную мелочь, спекание которых на агломерационных машинах нерентабельно, подвергают окомкованию. Процесс *окомкования* заключается в увлажнении, сушке и обжиге окатышей или ша-

рообразных комочков, которые иногда называют гранулами. Для окомкования используют компоненты со следующими размерами: руда (концентрат) – менее 0,5 мм и пылевидная мелочь; коксик – менее 3...5 мм и угольная пыль; известковое молоко (для увлажнения). В результате получают окатыши диаметром 8...20 мм, которые направляют непосредственно в плавильные печи вследствие высокого содержания железа. Объемная масса окатышей $\rho = 2,1 \dots 2,2 \text{ т/м}^3$.

В цветной металлургии проводятся аналогичные операции механической подготовки шихты: дробление и измельчение исходных материалов, сортировка материалов по крупности, обезвоживание и др. В качестве примера на рис. 1.2 приведена упрощенная схема технологического процесса подготовки шихтовых материалов на медеплавильном заводе.



Рис. 1.2. Схема технологического процесса подготовки шихтовых материалов на медеплавильном заводе