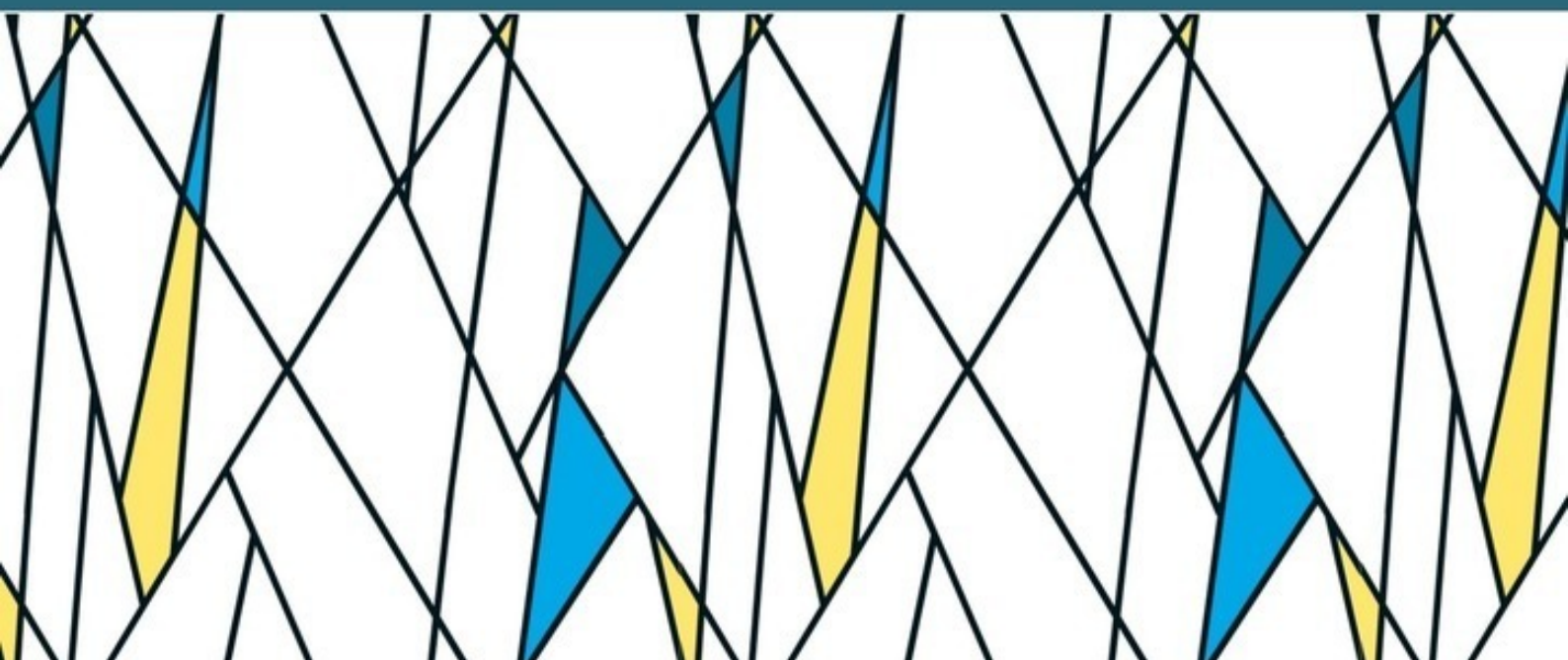


Виталий Александрович Скляр

*Прогрессивные
энерго-
и ресурсосберегающие
металлургические
технологии*

Учебное пособие для обучающихся
по направлению «Металлургия»



Виталий Скляр

**Прогрессивные энерго-
и ресурсосберегающие
металлургические технологии.
Учебное пособие для обучающихся
по направлению «Металлургия»**

«Издательские решения»

Скляр В. А.

Прогрессивные энерго- и ресурсосберегающие металлургические технологии. Учебное пособие для обучающихся по направлению «Металлургия» / В. А. Скляр — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-837624-5

В учебном пособии представлено описание энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые используются на современных предприятиях во всем мире. Рассмотрены вопросы применения современных технологий, которые позволяют экономить ресурсы и повышают эффективность производства стали и проката. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по металлургическим специальностям.

ISBN 978-5-44-837624-5

© Скляр В. А.
© Издательские решения

Содержание

Предисловие	6
1. Энерго- и ресурсопотребление на металлургическом предприятии	7
§1. Потребление энергии в структуре предприятия	7
§2. Энергоемкость продукции	10
Вопросы для самоконтроля	11
2. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии	12
§1. Классификация вторичных энергетических ресурсов	12
§2. Вторичные энергетические ресурсы в доменном производстве	15
§3. Вторичные энергетические ресурсы в коксохимическом производстве	16
§4. Вторичные энергетические ресурсы в сталеплавильном производстве	17
§5. Вторичные энергетические ресурсы других производств	18
Вопросы для самоконтроля	19
3. Ресурсо- и энергосбережение при производстве чугуна, технологии прямого восстановления железа	20
§1. Производство агломерата и окатышей	20
Конец ознакомительного фрагмента.	21

**Прогрессивные энерго-
и ресурсосберегающие
металлургические технологии**
Учебное пособие для обучающихся
по направлению «Металлургия»
Виталий Александрович Склад

© Виталий Александрович Склад, 2017

© Виталий Александрович Склад, иллюстрации, 2017

Корректор Ольга Игоревна Бражникова

ISBN 978-5-4483-7624-5

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Предисловие

Проблема энерго- и ресурсосбережения с каждым годом становится все острее и острее. Это связано с истощением топливных ресурсов, постепенным ухудшением качества рудного сырья и ростом цен на некоторые виды ресурсов. Поэтому проблемы рационального расходования топливных ресурсов и эффективного использования готового металлопроката являются одними из самых актуальных мировых проблем в металлургическом комплексе.

При написании данного учебного пособия была поставлена цель собрать информацию о большинстве используемых в мировой практике энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые используют ведущие металлургические предприятия и производители металлургического оборудования.

В данном пособии рассмотрены вопросы ресурсо- и энергосбережения по всей технологической цепочке, начиная от подготовки рудного сырья и заканчивая производством готовой металлопродукции. Широко представлены современные высокотехнологичные процессы, в том числе, которые не используются в отечественной металлургии.

1. Энерго- и ресурсопотребление на металлургическом предприятии

§1. Потребление энергии в структуре предприятия

Предприятия черной металлургии потребляют большое количество топлива, тепловой и электрической энергии. В целом в России они потребляют около 90% коксующегося угля, 50% электроэнергии и 25% природного газа от всего объема производимых и добываемых в стране. При этом считается, что более 50% энергоресурсов используются нерационально.

Следует отметить, что из всех видов энергоресурсов наиболее распространенным является использование топлива доля потребления, которого в общем балансе составляет более 90%, в то время как доля электроэнергии и тепловой энергии существенно ниже. Поэтому большинство энергосберегающих мероприятий направлено именно на снижение расхода топлива в различных технологических процессах.

Структуру потребления различных энергетических ресурсов в общем энергетическом балансе плавки стали при использовании доменного производства можно представить в виде диаграммы, изображенной на рисунке 1.1.

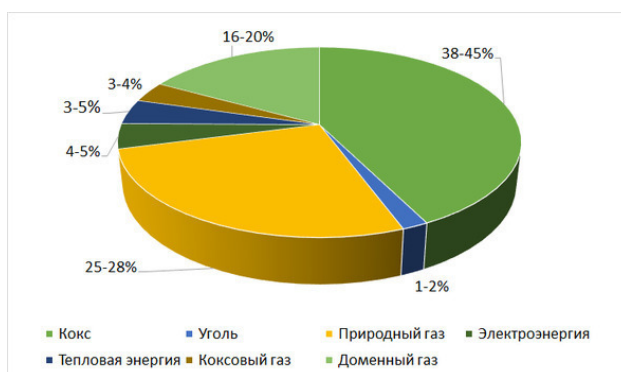


Рисунок 1.1 – Структура потребления энергетических ресурсов в общем балансе плавки стали при использовании доменного производства

Таким образом, первое место в потреблении энергоресурсов занимает кокс, на втором месте идет природный газ, третье место занимает вторичный энергоресурс – доменный газ.

Если же на металлургическом предприятии отсутствует доменный процесс, а в качестве сталеплавильного агрегата используется дуговая сталеплавильная печь (ДСП), то наибольшее место в структуре потребления энергетических ресурсов занимает электроэнергия (см. рисунок 1.2).

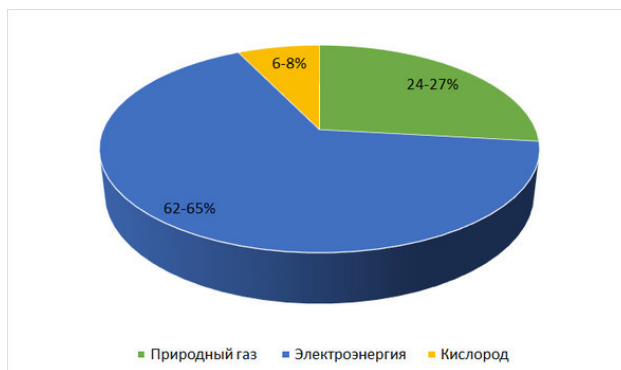


Рисунок 1.2 – Структура потребления энергетических ресурсов в общем балансе плавки стали при использовании электросталеплавильного производства

Если рассмотреть распределение потребления энергетических ресурсов по цехам металлургического завода (рисунки 1.3—1.5), то, наиболее энергоемким являются доменное и прокатное производства, в которых потребляется и наибольшее количество топливных ресурсов (кокс и природный газ, соответственно).

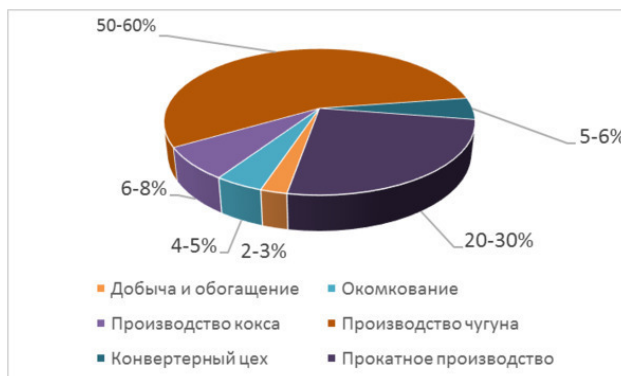


Рисунок 1.3 – Структура потребления энергетических ресурсов на заводе с доменным производством



Рисунок 1.4 – Структура потребления энергетических ресурсов на заводе с электросталеплавильным производством

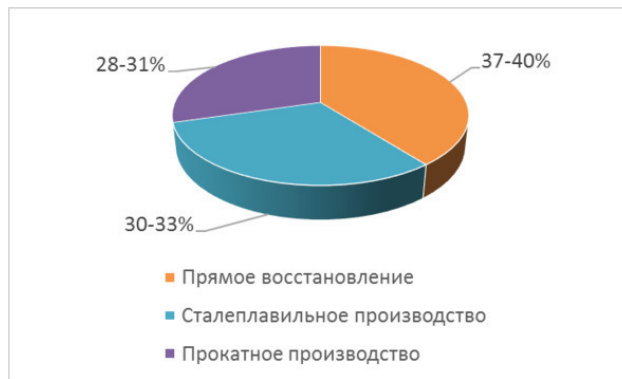


Рисунок 1.5 – Структура потребления энергетических ресурсов на заводе с установками прямого восстановления железа

Затраты энергии на производство 1 тонны продукции обычно определяются ее энергоемкостью, которая является важнейшим показателем производства, поскольку определяет его эффективность и напрямую влияет на себестоимость произведенной продукции.

§2. Энергоемкость продукции

Энергоемкость продукции – это комплексный показатель, показывающий суммарный расход энергии на единицу продукции. В энергоемкость входят затраты всех видов энергетических ресурсов, которые были затрачены на производство продукции. Поскольку разные виды энергетических ресурсов имеют разные единицы измерения (кВт•ч, м³, ккал, т и т.д.) то для удобства проведения сравнительных расчетов все затраты энергии необходимо пересчитать в так называемые в тонны условного топлива или ГигаДжоули – ГДж.

Тонна условного топлива (т у.т.) – является искусственной единицей измерения. За 1 тонну условного топлива принято считать то количество энергии, которое выделяется при сгорании 1 тонны каменного угля с теплотой сгорания 7000 ккал/кг. Это количество равно, 93×10^{10} Дж.

Средние затраты энергии на производство 1 тонны готового проката составляют: Россия – 1,24; Япония – 0,90; страны Евросоюза – 0,99 т у.т./т.

В целом энергоемкость произведенного проката зависит от способов выплавки стали и ее разливки. Так, в случае производства сортового проката с использованием слиткового передела, затраты на 1 тонну проката составят 1350 кг у.т./т, а при разливке на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) – 1180 кг у.т./т. При производстве же тонколистового проката из мартеновской стали и разливки в слитки, затраты на 1 тонну проката составят 1110 кг у.т./т, в то время как при использовании кислородно-конвертерного способа и разливки на МНЛЗ – 1070 кг у.т./т. Такая небольшая разница объясняется тем, что в мартеновском производстве можно использовать большое количество металлолома, на получение которого практически не надо затрачивать энергию, в то время как шихта для кислородного конвертера состоит в основном из чугуна, производство которого, потребляет много энергии.

Поэтому, даже учитывая то, что кислородно-конвертерный способ сам по себе экономичнее мартеновского в 12...18 раз, сквозные затраты энергии при переходе с одного способа на другой фактически не уменьшаются. В то время, как переход от получения заготовки с помощью слиткового передела к разливке на МНЛЗ существенно уменьшает затраты энергии на производство готового проката.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Приведите структуру энергопотребления металлургического предприятия и назовите основные виды топлив, которые потребляются в металлургии.*
- 2. Что называется энергоемкостью продукции? Какое из металлургических производств наиболее энергоемкое?*
- 3. Чему соответствует 1 тонна условного топлива?*

2. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии

§1. Классификация вторичных энергетических ресурсов

Многие металлургические агрегаты характеризуются не только большим потреблением энергоресурсов, но и имеют при этом низкий коэффициент полезного действия (КПД), из-за больших потерь тепла в окружающую среду, обусловленных особенностью их конструкции. В большинстве случаев эти потери тепла уменьшить нельзя, но можно использовать данное тепло на другие нужды.

В коксовых батареях, доменных печах, кислородных конвертерах и некоторых других агрегатов в процессе основного производства образуются искусственные технологические газы, которые затем можно использовать как топливный ресурс для печей или котлов.

Данные тепловые и топливные ресурсы называют вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР).

Вторичные энергоресурсы – это содержащаяся в продукции или отходах энергия, которая не используется в основном технологическом агрегате, но может применяться в других агрегатах.

Таким образом, к ВЭР не может относиться, например, подогрев воздуха перед подачей в печь с помощью рекуператора, так как тепло отходящих газов будет использоваться в самом агрегате. Но если тепло отходящих газов направить в котел-утилизатор, то такой источник тепла будет относиться к ВЭР.

За счет использования ВЭР на предприятии можно покрыть потребности в тепловой энергии на 30...70%.

Все имеющиеся ВЭР можно разделить на три группы: горючие, тепловые и ВЭР избыточного давления (рисунки 2.1).



Рисунок 2.1 – Классификация вторичных энергетических ресурсов

Горючие ВЭР – это отходы основного производства, используемые в качестве топлива для других агрегатов. К ним относятся различные технологические газы, которые образуются в основном производственном агрегате во время технологического процесса. Горючие ВЭР образуются во многих технологических агрегатах, причем в больших объемах, и поэтому широко используются на металлургических предприятиях. Использование горючих ВЭР позволяет экономить до 20% и более привозного топлива (природного газа, угля, мазута и т.д.).

Тепловые ВЭР – это теплосодержание печных газов, воды из системы охлаждения, жидкого, кристаллизующегося или нагретого под прокатку металла, шлака, и т.д, которое можно использовать как источник теплоэнергии для других нужд. Обычно они используются для нагрева воздуха и газа для горения в печах, других исходных материалов (например, металлолома) а также для выработки горячей воды или пара. Источники тепловых ВЭР разнообразны и встречаются фактически на каждом звене технологической цепочки производства металла, поскольку большинство металлургических процессов происходит при высокой температуре.

Тепловые ВЭР используются в основном в котлах-утилизаторах для получения пара или горячей воды, камерах предварительного подогрева шихтовых материалов, в контактных нагревателях, а также в системах испарительного охлаждения (СИО).

Тепловые ВЭР по величине их температуры можно условно разделить на высокотемпературные (более 600 °С), среднетемпературные (300...600 °С) и низкотемпературные (менее 300 °С). В основном используются высокотемпературные тепловые ВЭР, поскольку эффект от их применения велик.

Использование низкотемпературных ВЭР возможно в так называемой турбине Рэнкина (Organic Rankine Cycle – ORC). Это турбина специальной конструкции, в которой в качестве рабочего вещества используется не вода, а другое вещество с низкой температурой кипения (например, аммиак или фреон). Низкотемпературные ВЭР подаются в теплообменник, где отдают тепло этому теплоносителю, полученный низкотемпературный пар подается на турбину, которая вырабатывает электрическую энергию.

К *ВЭР избыточного давления* относят газ, воду или пар, которые, выходя из основного производственного агрегата, имеют высокое давление, которое можно использовать на турбине для получения электроэнергии. В этом случае в основном применяются газовые бескомпрессорные утилизационные турбины (ГУБТ).

Все рассмотренные виды ВЭР в больших количествах образуются и используются на металлургических предприятиях..

В качестве горючих ВЭР используются коксовый газ, доменный газ и конвертерный газ. Характеристика данных газов приведена в таблице 1.1

Характеристика	Доменный газ	Коксовый газ	Конвертерный газ	Ферросплавный газ
Температура выхода из агрегата, °С	175...350	700...800	1400...1600	500...700
Теплота сгорания МДж/м ³	3,6...4,6	17...18,5	10...11	8...8,4
Химический состав, %:				
- CO	23...40	5...7	65...75	60...90
- CO ₂	12...20	2...3	12...16	2...20
- H ₂	1,5...60	51...60	0...3	2...10
- N ₂	55...58	3...5	5...15	2...4
- CH ₄	До 0,5	20...30	-	0,3...5
Выход с 1 т основного продукта, м ³ /т	1100...2200	400...500	16...20	400...800

Таблица 1.1 – Характеристика топливных ВЭР

§2. Вторичные энергетические ресурсы в доменном производстве

Доменный газ – это наиболее часто используемый топливный ВЭР, который образуется в доменной печи в процессе горения кокса в фурменной зоне и последующего прохождения через слой шихты с восстановлением железа из рудного материала. Горючий потенциал коксового газа объясняется наличием СО, который не успел прореагировать с оксидами железа в рудной части шихты.

Сжигание доменного газа производится в паровых котлах, а также в нагревательных колодцах и методических печах прокатных цехов. Однако это использование опасно из-за большой токсичности доменного газа (наличие в его составе СО – угарного газа) и требует повышенных мер безопасности с постоянным контролем состава воздуха в цеху. Возможно применение доменного газа и для работы коксовых батарей, а также для доменных воздухонагревателей. Может применяться, как только сам доменный газ, так и смесь его с другими видами топлива. За счет сжигания доменного газа возможно покрытие до 30...40% потребности в тепловой энергии металлургического комбината.

Использование доменного газа как теплового ВЭР нерационально из-за его низкой температуре на выходе из печи.

Кроме горючего потенциала доменный газ имеет избыточное давление на выходе из печи, величина которого составляет 0,15...2,4 МПа и зависит от производительности печи. Использование данного избыточного давления производится путем пропускания доменного газа через ГУБТ, которая вырабатывает электрическую или механическую энергию для производственных нужд.

В доменном цехе образуются и тепловые ВЭР. Используется в основном тепло дымовых газов доменных воздухоподогревателей. Температура этих газов может составлять 150...600 °С. Теплосодержание этих газов применять их в котлах-утилизаторах, а также для нагрева самого доменного газа до подачи в газовую утилизационную бескомпрессорную турбину.

К тепловым ВЭР доменного производства относят также физическое тепло основного продукта – чугуна и побочного продукта – шлака. Теплосодержание чугуна фактически полностью используется при дальнейшем производстве стали. Использование же теплоты шлака возможно на установках по грануляции доменного шлака (который используется как строительный материал). В этих установках шлак, имеющий температуру 1200...1500 °С, сначала продувают воздухом, который нагревается при этом до 600 °С. Полученный теплый воздух могут использовать для выработки пара, а тепло остывающих гранул шлака для нагрева воды и выработки пара в котле-утилизаторе.

Физическое тепло шлака можно непосредственно у доменной печи во время его выпуска. Для этого непосредственно над шлаковой леткой и каналом устанавливаются плиты-холодильники, нагревающиеся от тепла шлака, внутри которых проложен змеевик, по которому идет воздух или газ для вдувания через фурмы в доменную печь.

§3. Вторичные энергетические ресурсы в коксохимическом производстве

В качестве ВЭР используется и *коксовый* газ, который образуется при производстве кокса, в процессе разложения и выделения органических веществ из каменного угля при нагреве в коксовых батареях без доступа воздуха. Характеристика коксового газа приведена в таблице 1.

Коксовый газ применяется в основном в виде смеси с доменным газом для сжигания в мартеновских печах или воздухоподогревателях доменных печей, в нагревательных колодцах и методических печах цехов прокатки и термической обработки металла. Возможно его сжигание в парогазовых и газотурбинных установках для производства электроэнергии.

Косовый газ используется и как тепловой ВЭР. Охлаждение коксового газа производится в основном за три этапа, тепло, отобранное на каждом этапе можно использовать на разные нужды. Тепло первой стадии получают при охлаждении стояков коксовой камеры. Отобранное тепло может использоваться для производства горячей воды и пара. На второй стадии тепло отбирается в газосборниках, но широко не используется. Отбираемое низкотемпературное тепло на третьей стадии (первичные холодильники) используется для нагрева улавливающих растворов, которые используются для очистки коксового газа от серы.

На многих коксохимических предприятиях производится утилизация и физической теплоты самого кокса. Это становится возможным в случае применении технологии сухого тушения кокса, которая предусматривает его охлаждение инертным газам, а не водой (мокрое тушение). По этой технологии инертный газ пропускают через горячий кокс в специальной камере, при этом он нагревается до температуры 650...850 °С. Нагретый инертный газ направляется в котел-утилизатор, или применяется для подогрева воздуха и газа для горения в коксовой батарее, а также в камере подогрева исходной угольной шихты перед загрузкой в коксовую батарею.

§4. Вторичные энергетические ресурсы в сталеплавильном производстве

Конвертерный газ образуется во время конвертерной плавки стали. При продувке жидкого чугуна кислородом через фурму углерод содержащийся в чугуне сгорает с образованием оксидов CO и CO₂. Состав и свойства конвертерного газа приведен в таблице 1.

Ограниченность использования конвертерного газа связана с сильным изменением его выхода и химического состава в процессе продувки, что не позволяет осуществлять его стабильную подачу в агрегат для утилизации. Поэтому во многих случаях конвертерный газ сжигают тут же на свече, поскольку он сильно токсичен.

Конвертерный газ сжигают в паровых котлах, расположенных рядом с конвертером, а также используют для отопления камер предварительного подогрева металлолома перед его загрузкой в конвертер. В случае организации операции забора конвертерного газа для последующего использования на большом расстоянии от конвертера необходимо его предварительное охлаждение и очистка, он может использоваться для сжигания в энергетических агрегатах, как химическое сырье или восстановитель для железорудного сырья.

§5. Вторичные энергетические ресурсы других производств

Ферросплавный газ образуется в закрытых печах для выплавки ферросплавов, характеристика газа приведена в таблице 1. В связи с большой загрязненностью пылью и токсичностью, ферросплавный газ в основном сжигали тут же на свечах. Но возможно и его использование как топливного ВЭР после операции очистки от пыли.

На аглофабриках в качестве ВЭР могут использоваться тепло воздуха, охлаждающего агломерат, и тепло самих агломерационных газов, которые направляются в котел-утилизатор.

В прокатных цехах образуются только тепловые ВЭР. В основном широко используется тепло дымовых газов нагревательных колодцев и методических печей. Поскольку их КПД достаточно низок, то тепло дымовых газов потребляется в котлах-утилизаторах, а тепло охлаждающей воды, которая охлаждает элементы печи (балки, глиссажные трубы), используется в СИО для получения пара высокого давления. Возможно также и использование тепла готовой продукции.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Что такое вторичные энергоресурсы, и на какие виды они делятся?*
- 2. Назовите вторичные энергоресурсы, которые вырабатываются в металлургических агрегатах и где они используются.*

3. Ресурсо- и энергосбережение при производстве чугуна, технологии прямого восстановления железа

§1. Производство агломерата и окатышей

Окускование руды является необходимой операцией перед загрузкой ее в шахтную печь, которая обеспечивает требуемую проницаемость столба шихты и прочность материала. Для доменной печи используется агломерат и/или окатыши, а для шахтных печей прямого восстановления только окатыши.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.