

Окнов Михаил Григорьевич

**Производство металлов и их
основные свойства**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
М69

М69 **Михаил Григорьевич О.**
Производство металлов и их основные свойства / Окнов Михаил Григорьевич – М.: Книга
по Требованию, 2023. – 183 с.

ISBN 978-5-521-26199-4

ISBN 978-5-521-26199-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

реакцию: $RO + C = R + CO$, где RO кислородное соединение, C — восстановитель. В качестве восстановителя теоретически может быть любое вещество с большим сродством к кислороду, практика же предъявляет к восстановителю дополнительные требования — удобство обращения, широкую доступность, дешевизну. Наиболее пригодным восстановителем является углерод, вполне удовлетворяющий и практическим требованиям, причем свойствами восстановителя он обладает в своих обычных видах — древесного угля, каменного угля и кокса. Реакции восстановления металлических окислов идут обычно при высокой температуре, когда сродство кислорода к углероду становится значительно больше, чем к металлу; необходимая для течения реакции температура развивается на счет горения углерода; таким образом, им одновременно выполняется и вторая задача — создание необходимых температурных условий для течения реакции восстановления. Все сказанное относительно кислородных соединений применимо ко всякому соединению металла с другим элементом: в каждом случае необходимо подыскать такой восстановитель, который бы имел большее сродство к этому элементу, чем металл, и создать такие условия, при которых этот элемент переходит из соединения с металлом в соединение с восстановителем. Например, в случае сернистых соединений металлов восстановителем может быть всякий другой металл, сродство которого к сере больше, чем у восстанавливаемого металла. В этом случае реакция восстановления выразится следующим образом: $RS + M = R + MS$, где R — восстанавливаемый металл, а M — восстановитель. Теоретически реакции восстановления осуществимы при всяких металлических соединениях: необходимо только подобрать подходящий восстановитель и создать необходимые для восстановления условия. Но редкие восстановители удовлетворяют вышеуказанным требованиям практики, поэтому последняя

в качестве восстановителя пользуется почти исключительно углеродом, переводя предварительно различные соединения металлов в кислородные, если последние не находятся в природе в достаточном количестве.

Кроме реакций восстановления в металлургии важное значение имеют реакции окисления, необходимые для получения металлов в чистом виде. При восстановлении металлов из их природных окислов, никогда не встречающихся в чистом состоянии, а всегда содержащих примеси других окислов, металл получается загрязненный другими металлами. Для удаления этих последних плавят полученный металл в присутствии воздуха, при чем примеси образуют снова кислородные соединения и механически удаляются с поверхности основного металла. Реакции окисления мы можем изобразить общей реакцией $R' + O = R'O$, где R' — примесь в восстановленном металле, O — кислород воздуха. Для реакций окисления также необходимо создать подходящие температурные условия, заранее определяемые теорией и наиболее экономично выполняемые практикой. Получением чистого металла роль металлургии не исчерпывается, потому что не всегда чистые металлы оказываются наиболее технически пригодными материалами; гораздо чаще многообразным требованиям практики удовлетворяют не чистые металлы, а сплавы их с другими металлами и металлоидами. Рациональное комбинирование металлов в сплавах и самый процесс получения последних составляют также важную задачу металлургии. И в этом случае задача решается на основании теоретического учения о природе сплавов и сводится к наиболее экономической переплавке металлов в различные технические сплавы. Многие сплавы для проявления наиболее выгодных для техники свойств требуют определенной тепловой обработки; иногда эта обработка сводится к очень быстрому охлаждению от определенных температур; иногда, наоборот, к медленному охлаждению,

иногда к продолжительному нагреву в известном интервале температур, иногда к повторному нагреву до невысокой температуры. Все это входит в задачу металлургии и с успехом выполняется ею на основе теоретического учения о сплавах. При этом металлургии чаще всего приходится иметь дело не с сырым сплавом, а с изделиями из него, и задачи металлургии в этом случае тесно переплетаются с задачами технологии—литейным делом, прокаткой, ковкой и холодной механической обработкой. Дружными усилиями этих отраслей знания из металлов извлекается максимум пользы, приносимой ими технике.

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ.

Производство чугуна.

Чугун является исходным материалом для получения всех самых разнообразных продуктов железнделательной промышленности; малоценный материал сам по себе, он является ценнейшим сырым материалом для производства всевозможных сортов железа и стали. Для широкого развития производства чугуна требуется наличие большого количества железных руд, хорошего топлива и удобных путей сообщения. Если последнее условие может быть осуществлено усилиями техники в любом месте, то первые два условия находятся вне власти человека и являются счастливой привилегией небольшого числа местностей; неувидительно, поэтому, что производство чугуна приурочено к определенным районам, где имеются запасы железных руд и топлива, причем, в виду очень крупного масштаба современного производства, эти запасы должны быть очень большими. Иногда производство чугуна может возникнуть по соседству с удобными водными путями, позволяющими работать на привозных сырых материалах, — в этом случае судьба производства зависит от ряда благоприятных экономических условий, при которых производимый чугун может конкурировать с чугуном типичных металлургических районов. В России имеется два металлургических района — Донецкий бассейн (Екатеринославская и Донецкая губ.) и Урал (Пермская, Екатеринбургская и Уфимская губ.). В первом из них счастливо сочетались все три условия,

необходимые для развития производства чугуна: здесь имеются богатейшие месторождения железных руд (Кривой Рог), имеются запасы подходящего для производства чугуна каменного угля и, наконец, усилиями последних сорока лет создана густая сеть железнодорожных путей, помимо тех водных путей, которые частью прилегают к бассейну (Черное и Азовское моря), частью прорезывают его (Днепр, Дон). Во втором из названных районов имеются на лицо только два условия — обильные рудные месторождения (Высокая, Магнитная, Благодать, Бакал) и не столь обильные, но достаточные для современного масштаба производства запасы древесного топлива. Но здесь не хватает удобных путей сообщения, так как имеющиеся водные пути (Кама и ее притоки) недостаточны, а железнодорожные пути находятся в зачаточном состоянии. С другой стороны, пути сообщения здесь находятся в соответствии с масштабом производства, а этот последний не может быть сильно увеличен, вследствие ограниченности запасов топлива. Последнее обстоятельство в конечном итоге и является причиной остановки в развитии Уральской металлургической промышленности; только приток подходящего топлива извне (напр., из Кузнецкого бассейна в Сибири или из лесов Северного края) может дать толчок дальнейшему развитию Урала. Кроме двух указанных районов, производство чугуна существует в Олонецком крае и в средней полосе России (Тульская, Рязанская, Нижегородская губ.), но здесь производство рассчитано на удовлетворение лишь местных потребностей и по масштабу совершенно несравнимо с производительностью Урала и Донецкого бассейна; да и природные богатства названных районов далеко не благоприятствуют большому масштабу производства, ибо здесь нет ни обильных запасов железных руд, ни хорошего топлива.

Железные руды. Железные руды должны прежде всего иметь в себе возможно большое процентное содержание

железа и соответственно малое содержание пустой породы. Нижний предел содержания железа в руде, при котором еще выгодно вырабатывать из нее чугун, определяется как местными условиями производства, так и другими свойствами руды; иногда бывает выгодно перерабатывать руду с 30% — 35% Fe, при других же условиях является невыгодной переработка руды с 45% — 50%. Нередко более бедная, но легко перерабатываемая руда имеет преимущество перед более богатой, но трудно перерабатываемой.

В общем можно принять, что среднее содержание железа в рудах, переплавляемых при современном состоянии техники, равняется 50%. Но, несомненно, с истощением запасов богатых руд и с развитием механического обогащения руд, эта цифра будет понижаться, и нельзя предвидеть предела этому понижению. Во всякой железной руде, кроме железа, входящего в нее в форме того или иного окисла, имеется пустая порода — смесь различных минералов, чаще всего — кварца (SiO_2), глины ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и известняка (CaCO_3). В небольших количествах всегда присутствуют самые разнообразные примеси — сернистые соединения, сернокислые, фосфорнокислые, мышьяковистые, которые иногда своим присутствием обесценивают руду, так как при переплавке дают загрязненный вредными примесями чугун. Вода, часто входящая в состав железных руд, гигроскопическая или конституционная, является нежелательной составной частью, так как на испарение ее непроизводительно расходуется лишнее топливо, что удорожает производство чугуна.

Помимо состава при оценке руды обращают внимание на ее физическое состояние; руды очень плотные и руды рассыпающиеся представляют две нежелательные крайности: в первом случае появляется лишний расход на разрыхление руды путем обжига, во втором — лишняя дорогая операция уплотнения руды путем брикетирования. Очевидно, лучшей рудой будет та, которая по своему физическому

состоянию может быть легко перерабатываема без обжига и без брикетирования. По составу железного окисла, являющегося основной рудной породы, различают следующие руды:

1. Магнитный железняк. Состоит из закись-окиси железа Fe_3O_4 ; максимальное содержание железа в нем соответствует содержанию его в Fe_3O_4 , т.-е.

$$\text{Fe} = \frac{168 \cdot 100}{232} = 72\%.$$

Хотя среди магнитных железня-

ков встречаются наиболее богатые руды, все же обычное содержание пустой породы достигает 10—15%, а содержание железа в руде падает до 50—65%. Ценность столь богатой руды несколько понижается, вследствие чрезвычайной плотности и необходимости подвергать ее предварительному разрыхлению путем обжига. Вредные примеси — S, P, As находятся в руде в небольших количествах. В России богатые залежи магнитного железняка находятся на Урале (гг. Высокая, Благодать, Магнитная), где эта руда переплавляется уже в течение около двухсот лет.

2. Красный железняк. Эта руда содержит в себе безводную окись железа Fe_2O_3 ; теоретическое содержание Fe в этом окисле равняется

$$\frac{112 \cdot 100}{160} = 70\%;$$

руда же, со-

держащая 10—15% пустой породы, содержит железа 55%—60%; в отношении вредных примесей руда является чаще всего очень чистой. Если принять во внимание, что руда для своей переработки не требует ни обжига, ни брикетирования, то можно считать ее одной из лучших железных руд. В России большие залежи красного железняка находятся в Кривом Роге. Криворожский железняк обладает всеми качествами хорошей руды: богатым содержанием железа, чистотой и нормальной плотностью; этой рудой питается и долго еще будет питаться Донецкая металлургическая промышленность.

3. Бурый железняк. Эта руда состоит из водной окиси железа, состав которой чаще всего выражается формулой — $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, отвечающей содержанию железа $\frac{224 \cdot 100}{374} = 60\%$. В виду водного происхождения этой руды, она часто содержит в себе значительное количество землистой пустой породы ($29\% — 30\%$), вследствие чего содержание железа падает иногда до $30\% — 40\%$. Очень часто в буром железняке содержатся в значительном количестве вредные примеси S и P. Кроме того, эту руду приходится часто подвергать обжигу для удаления воды, а иногда брикетировать, когда она является рассыпчатой (напр., болотные руды). В России имеются два крупных месторождения бурого железняка — Бакальское на южном Урале и Керченское. Бакальская руда отличается исключительной чистотой как в отношении пустой породы, так и вредных примесей, поэтому она, будучи выплавлена на чистом топливе — древесном угле, дает идеально чистые чугуны. Второе месторождение, Керченское, дает рассыпчатый бурый железняк с большим содержанием пустой породы и фосфористых примесей. Необходимость брикетирования этой руды компенсируется легкостью добывания ее, поэтому из нее с выгодой выплавляются фосфористые чугуны, перерабатываемые затем томасовским способом в обычное железо и сталь. Другие месторождения бурого железняка не столь обильны, как два названные, и разбросаны они почти по всей северной половине России, несколько концентрируясь лишь в Олонецком крае. В виду большой разбросанности этих мелких месторождений они не могут дать здесь начала крупной металлургической промышленности, к тому же добываемым здесь рудам, чаще всего болотным, присущи все недостатки бурых железняков — невысокое содержание железа, значительное содержание фосфора и крайняя рыхлость.

4. Шпатовый железняк. Руда состоит из углекислой соли закиси железа FeCO_3 , в которой теоретическое количество железа равняется $\frac{56 \cdot 100}{116} = 48,3\%$.

Это сравнительно невысокое содержание железа становится в рудах еще меньше, вследствие присутствия 15% — 20% пустой породы; в отношении вредных примесей руда стоит значительно выше бурых железняков. Но в виду необходимости предварительного обжига шпатового железняка для удаления CO_2 и в виду бедности его железом, эту руду нужно признать посредственной, тем более, что мощные залежи ее встречаются очень редко. В России таких залежей совсем нет, отдельные же небольшие месторождения встречаются на протяжении всей центральной России и лишь в отдельных местах питают местную железнотермическую промышленность.

5. Суррогаты железных руд. В качестве таковых нередко применяют в смеси с рудами побочные продукты различных производств. Таковы, напр., колчеданные огарки, получающиеся на сернокислотных заводах при обжиге серного колчедана FeS_2 и состоящие из Fe_2O_3 ; по содержанию железа (60% — 65%) они являются богатой рудой, но содержание S в них настолько значительно, что они могут служить для выплавки лишь низших сортов чугуна. Нередко переплавляют вместе с рудами шлаки, получающиеся при производстве стали и содержащие значительное количество железа, окалину, получающуюся при прокатке железа и стали и состоящую почти целиком из Fe_2O_3 ; наконец, переплавляют пыль, оседающую в газопроводах доменной печи и состоящую из смеси руды и топлива. Использование всех этих суррогатов представляет интерес потому, что заводы этим путем освобождаются от загромождающих их территории отбросов и в то же время получают возможность съэкономить более ценные руды.