

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Metallurgie

Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legierungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung

Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde - Gewinnung des Roheisens und Darstellung des schmiedbaren Eisens in praktischer und theoretischer Beziehung

Percy, John

Braunschweig, 1874

Einleitung

Einleitung.

Das Eisen ist schmiedbar, wenn sein Kohlenstoffgehalt 2·3 Proc. nicht überschreitet¹⁾. Die Schmiedbarkeit wächst mit der Abnahme des Kohlenstoffgehalts und in demselben Verhältnisse erhöht sich der Schmelzpunkt.

Das schmiedbare Eisen ist schweissbar²⁾, und zwar um so leichter, je weiter die dazu erforderliche Temperatur von dem Schmelzpunkte liegt. Die Schweissbarkeit nimmt daher mit dem Wachsen des Kohlenstoffgehalts ab und erreicht ihr Ende vor der Grenze der Schmiedbarkeit. Die Härte des schmiedbaren Eisens nimmt mit dem Kohlenstoffgehalte zu. Das kohlenstoffärmere schmiedbare Eisen behält seine natürliche Härte unter allen Umständen bei; das kohlenstoffreichere schmiedbare Eisen dagegen nimmt, wenn es erhitzt und plötzlich abgekühlt wird, einen bedeutend höheren Härtegrad an, ist härtbar.

Die Härtbarkeit des schmiedbaren Eisens beginnt bei einem Kohlenstoffgehalte von ungefähr 0·6 Proc., steigt mit dem Kohlenstoffgehalte, erreicht aber das Maximum vor der Grenze der Schmiedbarkeit.

Das härtbare schmiedbare Eisen nennt man Stahl, das nicht härtbare Schmiedeseisen. Die an der Grenze beider stehenden in der Technik vielfach verwendeten Eisenarten bezeichnet man mit abnehmendem Kohlenstoffgehalte als weichen Stahl, stahlartiges Eisen, Feinkorn oder Feinkorneisen und hartes Eisen. Die Bezeichnungen variiren oft auf den verschiedenen Hüttenwerken und der in früherer Zeit in Folge der sehr abweichenden Erzeugungsarten festgehaltene scharfe Unterschied zwischen Stahl und Schmiedeseisen ist neuerdings nicht mehr durchzuführen.

¹⁾ Man vergleiche Eisenhüttenkunde, Abtheilung I Seite 130: „Eisen und Kohlenstoff.“ — ²⁾ Abth. I, Seite 7. Die Citate aus den beiden ersten Abtheilungen der Eisenhüttenkunde werden im Folgenden ohne weitere Bezeichnung in anstehender Weise erfolgen.

Percy, Metallurgie. II. Abthl. 3.
(Wedding, Schmiedeseisen u. Stahl.)

Aus diesem Grunde lässt sich auch eine Trennung zwischen Stahlhüttenkunde und Schmiedeisenhüttenkunde nicht mehr rechtfertigen.

Man hat neuerdings vorgeschlagen, alles schmiedbare Eisen als Stahl zu bezeichnen, welches vor der Verarbeitung sich im flüssigen Aggregatzustande befunden habe, es stimmt eine solche Bezeichnung aber zu wenig mit dem allgemeinen Sprachgebrauche, um angemessen zu erscheinen.

Das spezifische Gewicht des schmiedbaren Eisens sinkt mit dem Kohlenstoffgehalte, und vermindert sich ausserdem beim Stahl durch Härtung. Die absolute Festigkeit wechselt nach den Arten der Herstellung und Verarbeitung und zwar im Allgemeinen in der Weise, dass sie mit dem weiteren Ausrecken steigt. Unter sonst gleichen Verhältnissen erreicht sie aber ihr Maximum bei einem mittleren Kohlenstoffgehalte von circa 1 Proc. Der Stahl verliert mit dem Härten an absoluter Festigkeit.

Die Krystallform des schmiedbaren Eisens gehört dem regulären System an. Die Grösse der einzelnen Krystalle nimmt unter sonst gleichen Umständen mit dem Kohlenstoffgehalte bis zur Grenze von etwa 2 Proc. ab, dann wieder zu. Diese Krystalle (Korn) lassen sich durch Druck um so leichter in der Richtung einer Axe ausstrecken (in Sehnen umbilden), je geringer der Kohlenstoffgehalt ist. Hämmern, sowie andere starke und wiederholte Erschütterungen führen ein Zerfallen der gestreckten Krystalle herbei, und zwar um so leichter, je höher der Kohlenstoffgehalt ist; die technische Möglichkeit Sehne zu bilden hört in Folge dessen schon bei circa 0.6 Proc. Kohlenstoff gänzlich auf.

Die physikalischen Eigenschaften des reinen schmiedbaren Eisens, d. h. desjenigen, welches nur Kohlenstoff enthält, werden wesentlich durch Aufnahme fremder Stoffe geändert. Die Schmiedbarkeit kann dann schon weit unter der Grenze von 2.3 Proc. aufhören, ja in der Praxis pflegt man deshalb selten Eisen von mehr als 1.6 Proc. Kohlenstoff anzuwenden. Die meisten fremden Stoffe vermindern die Schweissbarkeit, nur Phosphor erhöht sie.

Die Härtbarkeit wird im Allgemeinen durch fremde Beimengungen auf ein Eisen von niedrigerem Kohlenstoffgehalt übertragen, so dass ein solches schon bei weniger als 0.6 Proc. Kohlenstoff stahlartige Eigenschaften annehmen kann. Mangan, Silicium, Arsen, Zinn, Wolfram, Titan, Chrom erhöhen die Härte. Dieselben Stoffe wirken, ebenso wie Schwefel, auf Bildung kleiner Krystalle (feinkörniger Structur), während Phosphor die Bildung grösserer Krystalle (grobkörniger Structur), Schwefel die Neigung zur Sehnenbildung befördert. Die Festigkeit wird durch Silicium in dem Maasse beeinträchtigt, dass das Eisen bei 0.4 Proc. im kalten wie warmen Zustande brüchig (faulbrüchig) wird. Phosphor vermindert die Festigkeit besonders im kalten Zustande des Eisens (Kaltbruch). Sein Einfluss steigt mit dem Kohlenstoffgehalte, so dass derselbe Phosphorgehalt einen Stahl un-

brauchbar machen kann, der in einem Schmiedeisen kaum merkbar Nachtheil äussert. Schwefel wirkt umgekehrt besonders nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens in der Glühhitze (Rothbruch), aber sein Einfluss nimmt mit dem Steigen des Kohlenstoffgehaltes ab; ähnlich wirkt Kupfer.

Während die Begründung des angegebenen Einflusses der Behandlungsweise und der chemischen Zusammensetzung auf die physikalischen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens durch Erfahrungszahlen für den Schluss des Werkes verspart bleiben muss, lässt sich doch schon im Voraus behaupten, dass der Hüttenmann, bis auf einzelne bestimmte Ausnahmefälle, bestrebt sein muss, nicht nur ein Eisen von einem bestimmten Kohlenstoffgehalte zu erzielen, sondern gleichzeitig möglichste Freiheit von fremden Stoffen zu erreichen, um sicher zu sein, physikalische Eigenschaften in dem Producte zu erhalten, welche seiner Verwendungsart entsprechen.

Das Eisen tritt in den Erzen immer im oxydirten Zustande auf¹⁾. Es muss daher stets durch Reduction gewonnen werden. Die in der Technik zur Reduction verwertbaren Stoffe bestehen in kohlenstoffhaltigen Substanzen. Da bei der Reduction des Eisenoxydes durch kohlenstoffhaltige Substanzen nur ein kohlenstoffhaltiges Eisen erzeugt wird und zugleich die Höhe des Kohlenstoffgehaltes von der angewendeten Temperatur abhängig ist, so könnte auch ein schmiedbares Eisen von jedem beliebigen Kohlenstoffgehalte ohne Schwierigkeit durch directe Reduction erzeugt werden, wenn nicht gleichzeitig das in der Form der Erze in der Natur vorkommende oxydirte Eisen mit einer meist sehr grossen Menge fremder Substanzen (Gangarten) gemengt wäre, von denen das reducirte und gekohlte Eisen abgeschieden werden muss. Eine solche Abscheidung ist ohne gleichzeitigen bedeutenden Eisenverlust der Regel nach nur bei Bildung geschmolzener Massen möglich, daher gelingt es zwar in einzelnen Fällen, wo sehr reiche und reine Erze zu Gebote stehen, mit ökonomischem Vortheile durch directe Reduction oder Rennarbeit²⁾, ein schmiedbares Eisen im Grossen zu erzeugen, in den bei weitem meisten Fällen dagegen ist man gezwungen behufs Abscheidung jener fremden Substanzen zuvörderst ein hoch gekohltes Eisen (Roheisen) darzustellen, welches im flüssigen Zustande gewonnen, sich leicht von der neben ihm erhaltenen eisenfreien Schlacke absondern lässt. Dies geschieht durch den Hochofenprocess³⁾.

In Folge der hohen Temperatur, welche zur Erzeugung des Roheisens angewendet werden muss, reduciren sich neben dem Eisen noch manche andere Substanzen und gehen in das Roheisen über. Dahin gehören namentlich Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Um aus

¹⁾ Vergl. Abth. I, Seite 269. — ²⁾ Die Rennarbeiten sind ausführlich in der 1. Abth. Seite 487 bis 609 beschrieben und kritisiert worden. — ³⁾ Der Hochofenprocess ist in der 2. Abth. Seite 1 bis 864 behandelt.

dem Roheisen ein schmiedbares Eisen herzustellen ist daher nicht nur eine Abscheidung des Kohlenstoffs in dem Maasse erforderlich, dass das Product einen dem Zwecke seiner Verwendung entsprechenden geringeren Kohlenstoffgehalt behält, sondern es ist auch gleichzeitig eine Absonderung jener in das Roheisen übergeführten Substanzen geboten.

Die Abscheidung sowohl des Kohlenstoffs als der anderen Substanzen geschieht durch Oxydation. Die Prozesse, welche die Aufgabe erfüllen, aus dem Roheisen schmiedbares Eisen darzustellen, sind daher Oxydationsprocesse. Das Roheisen wird hierbei der Regel nach im flüssigen Zustande angewendet und muss in diesen durch Schmelzung übergeführt werden, wenn es nicht direct aus dem Hochofen zur Verwerthung gelangen kann. Die Oxydation des flüssigen Roheisens nennt man Frischen oder Frischarbeit.

Der bei weitem grösste Theil alles in der Technik benutzten Stahls und Schmiedeisens wird unter Anwendung der Frischarbeit erzeugt; nur geringe Mengen schmiedbaren Eisens (schmiedbares Gusseisen und Glühstahl) werden zwar ebenfalls durch Oxydation des Roheisens aber ohne dessen vorgängige Ueberführung in den flüssigen Aggregatzustand dargestellt.

Gerade wie bei der Reduction des Eisenoxyds die bestimmte Grenze schwer festzuhalten ist, bei welcher der gewünschte Kohlungsgrad eines schmiedbaren Eisens erfolgt ¹⁾, sondern ein höherer Kohlungsgrad absichtlich herbeigeführt wird, so setzen sich in vielen Fällen und namentlich dann, wenn ein schmiedbares Eisen höheren Kohlenstoffgehalts, d. h. Stahl erzeugt werden soll, der Abscheidung des Kohlenstoffs bis zu dem gewünschten Grade technische Schwierigkeiten in den Weg, welche dazu führen zuvörderst ein ganz kohlenstoffarmes Eisen (Schmiedeisens) zu erzeugen und diesem von Neuem so lange Kohlenstoff zuzufügen, bis die gewünschte Kohlenstoffmenge erreicht ist. Die genannten Schwierigkeiten liegen einestheils an dem Mangel hinreichend sicherer Kennzeichen für das Stadium, in welchem das gewünschte Product erreicht ist, anderentheils in der Unmöglichkeit, welche häufig eintritt, in gleicher Zeit, wie die erforderliche Menge Kohlenstoff auch die anderen schädlichen Substanzen abzuschneiden, welche in dem Roheisen ursprünglich enthalten waren oder während des Processes in das Eisen gekommen sind ²⁾.

Da das Product der erneuten Kohlung eines ganz oder beinahe entkohlten Eisens der Regel nach Stahl zu sein pflegt, so nennt man die ganze zu diesem Ziele führende Reihe von Hüttenprocessen auch das Stahlkohlen, obwohl man auch kohlenstoffreichere Schmiedeisensorten durch denselben Vorgang erhalten kann. Die Zuführung von Kohlenstoff geschieht am häufigsten durch Schmelzen mit kohlenstoffreichem Eisen, d. h. Roheisen, dann nennt man das Product Flussstahl; wendet

¹⁾ Vergl. Abth. I, S. 573. — ²⁾ Namentlich Schwefel, Phosphor einerseits und Sauerstoff andererseits.

man zum Kohlen reinen Kohlenstoff an, so entsteht, wenn dabei eine Schmelzung eintritt, Kohlenstahl, wenn dagegen der feste Aggregatzustand des Eisens nicht verändert wird, Cementstahl.

So werden die Arbeiten, welche zur Darstellung des schmiedbaren Eisens durch den indirecten Weg, d. h. im Ausgang von Roheisen, dienen, in die zwei Hauptabtheilungen

1. das Frischen und
2. das Stahlkohlen

gebracht werden können.

Keine dieser Arbeiten wird, wie der Hochofenprocess, in ununterbrochener Arbeit ausgeführt, vielmehr in kürzeren, sich der Regel nach im Verlaufe eines Tages mehrfach wiederholenden Abtheilungen, deren jede man eine Hitze oder Heisse nennt. Das dazu benutzte Material, welches etwa der Gicht beim Hochofenbetriebe entspricht, wird hier Satz genannt¹⁾.

Das schmiedbare Eisen wird durch diese Prozesse entweder im teigigen (festen) oder flüssigen (geschmolzenen) Aggregatzustande erhalten. Im ersten Falle ist es mehr oder minder mit einer Schlacke gemengt, welche aus den oxydirten Verunreinigungen des Roheisens und einem der Regel nach nicht unbedeutenden Gehalte oxydirten Eisens zusammengesetzt ist, und welche sich nicht ohne Weiteres aus dem Eisen ausschmelzen lässt; im zweiten Falle scheidet sich zwar die Schlacke leichter von dem flüssigen Product, aber letzteres enthält häufig gasförmige Substanzen, welche beim Erstarren zur Bildung zahlreicher Blasenräume Veranlassung geben. Beide Uebelstände werden durch mechanische Arbeiten beseitigt, welche man das Zängen und das Dichten nennt. Gewöhnlich verbindet man diese Arbeiten mit der Ueberführung des Metalls in eine bestimmte Form, einer Formgebung, der Regel nach aber folgt die eigentliche Formgebung, welche dann mit einer weiteren Reinigung und Verbesserung verbunden zu sein pflegt, den genannten Arbeiten nach. Zuweilen werden Formgebungsarbeiten auch zwischen die eigentlichen chemischen Hüttenprocesse eingeschaltet; so wird z. B. Cementstahl der Regel nach aus wohl ausgeschmiedeten oder gewalzten Flachstäben dargestellt. Was die Reinigungs- und Verbesserungsarbeiten anbetrifft, so bestehen sie entweder in der Schweissarbeit, welche sowohl für Schmiedeeisen wie für Stahl (Gärbstahl) angewendet wird und mit der gleichzeitig eine Vereinigung verschiedenartiger Eisensorten verbunden sein kann, oder in einer Umschmelzarbeit, welche nur für den leichtschmelzigeren Stahl benutzt und deren Product Gussstahl genannt wird. Schliesslich kommt alles schmiedbare Eisen, sowohl Stahl wie Schmiedeeisen, in der Form des Bleches

¹⁾ Für Beides, sowohl Hitze als Satz, wendet man vielfach auch in der Technik das Fremdwort Charge an, welches indessen, abgesehen von seinem Doppelsinn, nicht bezeichnend und im Deutschen sehr wohl entbehrlich ist.

des Stabeisens oder des Drahtes in den Handel und geht aus der Hand des Hüttenmannes als Producenten in die Hand des Fabrikanten über. Nur in einzelnen Fällen übernimmt der Erstere noch weitere Verfeinerungsarbeiten, wie Verzinnung, Verzinkung, Härtung u. s. w.

Hiernach werden sich an die obengenannten beiden Abschnitte noch

3. das Zängen und Dichten,

4. die Reinigung, Verbesserung und Formgebung,

5. die Vervollkommnung des Schmiedeisens und Stahls

anzuschliessen haben.
