

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

Heft 38

23. September 1943

63. Jahrgang

	Seite		Seite
Möglichkeiten zur Gütesteigerung von Walzwerkserzeugnissen. Von Georg Juretzek in Laband (O.-S.)	689	Umschau	700
Einfluß der Gefügeausbildung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung und Legierung auf die Dauerstandfestigkeit von Stahl. Von Hubert Bennek und Gerhard Bandel in Essen. (Schluß)	695	Eisenschwamm-Gewinnung nach dem Wiberg-Verfahren. — Die Anwendung der Diffusionsgesetze für das Aufkohlen von Stählen	
		Patentbericht	705
		Wirtschaftliche Rundschau	707
		Buchbesprechungen	707
		Vereinsnachrichten	708

Möglichkeiten zur Gütesteigerung von Walzwerkserzeugnissen

Von Georg Juretzek in Laband (O.-S.)

[Bericht Nr. 176 des Walzwerksausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT.*.]

(Der Gütegedanke in der amerikanischen Walzwerksindustrie. Beeinflussung der Walzwerker durch Prämien und Erziehung. Technische Maßnahmen: Führungskästen an Stauch- und Fertigerüsten von Fein- und Mittelstahlstraßen, Rollendrawvorrichtungen, Umführungen, Abstreifer. Die Verwendung von Preßwasser zur Erzielung besserer Oberflächen. Einrichtungen zur Gütesteigerung schon beim Bau von Walzwerksanlagen. Brennputzen von Halbzeug. Nutzbarmachen alter Straßen zum Walzen hochwertiger Stähle. Ein- und Ausführungen an Walzenstraßen.)

Die amerikanische Eisenindustrie muß ihre Erzeugnisse auf dem freien Markt gegen schärfsten Wettbewerb absetzen; bei Planung von Neubauten und bei Verbesserungen vorhandener Anlagen ist deshalb oberster Grundsatz, nicht nur mehr und damit billiger herzustellen, sondern vor allem auch auf eine Verbesserung der Walzausführung der Erzeugnisse hinzuwirken. Dazu kommt, daß der ständig wachsende Anteil an solchen Walzwerkserzeugnissen, die meist kalt weiterverarbeitet werden, die Walzwerke zwingt, ein Walzgut herzustellen, das in Maßhaltigkeit, Geradheit, Oberflächenbeschaffenheit und Gleichmäßigkeit den höchsten Ansprüchen genügen muß. Aber nicht nur an die Walzausführung, sondern auch an die Güte der Werkstoffe werden von der Maschinen-, Kraftwagen-, Flugzeug- und Kriegsindustrie steigende Anforderungen gestellt. Absatzmöglichkeit für Massenerzeugungen und ein kapitalkräftiger Geldmarkt sind die Voraussetzungen für den Bau jener neuzeitlichen Anlagen, die ausgestattet mit den neuesten technischen Hilfsmitteln und Einrichtungen den gesteigerten Anforderungen an die Güte der Erzeugnisse gerecht werden.

Ein kleines, sehr lehrreiches Beispiel sei hier zum Beweise angeführt. In Lackawanna wurde auf einem Werk der Bethlehem Steel Corp. auf einer Feinstahlstraße Kraftwagenfederstahl der Abmessung $45 \times 5 \text{ mm}^2$ gewalzt. Der Werkstoff hatte 0,48 bis 0,53 % C, 0,90 bis 1,00 % Mn, 2,00 % Cr und 0,25 bis 0,35 % Si. Vorgeschieden war ein Abmaß von $\pm 0,13 \text{ mm}$ in der Stärke und $\pm 0,4 \text{ mm}$ in der Breite. Außerdem wurden folgende besonderen Vorschriften wegen der Ausführung gemacht: Die Federn sind in der Mitte eine Kleinigkeit schwächer als an den Rändern zu halten, also etwas konkav eingezogen; das Walzzeug ist in einem solchen Walzzustand anzuliefern, daß eine Weiterverarbeitung auf kaltem Wege, z. B. Lochen, Schneiden, Biegen ohne vorangehende Weichglühung möglich ist. Es wurde festgestellt, wie mit einer Stundenleistung von über 20 t ein Walzgut hergestellt wurde, das nach dem Abkühlen,

Schneiden und Bündeln sofort versandfertig gemacht und anschließend verladen wurde, ohne daß das Erzeugnis durch die Zurichtung gegangen war. Dabei wurden alle Gütevorschriften ausgezeichnet erreicht.

Auf welche Weise und mit welchen Mitteln werden nun solche staunenswerte Leistungen erreicht? Mit eines der wichtigsten Hilfsmittel, deren sich der Amerikaner zu diesem Zwecke bedient, ist die Förderung des Gütegedankens in den Betrieben selbst. Ueberall wird auf Bildern in Aushängen und Plakaten, in zum Teil größter Aufmachung auf die Bedeutung der Qualitätsarbeit zur Sicherung des Bestandes des Unternehmens und damit gleichzeitig der in ihm beschäftigten Menschen auf das eindringlichste hingewiesen. Durch Geldprämien werden die Arbeiter und Meister angespornt, von sich aus Vorschläge zur Vervollkommnung der Einrichtungen, mit denen sie täglich arbeiten, der Betriebsleitung zu unterbreiten. Mit dem Prämienverfahren hat man in Amerika sehr beachtliche Erfolge erzielt. Diese Feststellungen gelten besonders für zahllose kleine Vorrichtungen, deren sich der Walzwerker bei der Arbeit bedient und die von ihm selbst erfunden, ausgeführt und versucht werden und schon oft zur Verbesserung des Walzverfahrens wesentlich beigetragen haben.

An einem Beispiel soll gezeigt werden, wieviel praktische Erziehungsarbeit in den Betrieben für die Förderung des Gütegedankens geleistet wird. Auf verschiedenen Werken sind bei der Walzmannschaft von Stahlstraßen Tafeln mit den zulässigen Abmaßen für Rund-, Quadrat- und Flachstahl in Gebrauch. Diese Abmaße sind nicht die handelsüblichen, auch nicht die für ein bestimmtes Fertigerzeugnis vorgeschriebenen, sondern ganz allgemein diejenigen, die bei sorgfältiger Arbeit ohne weiteres zu erreichen sind und auch grundsätzlich bei der Walzung von Handelsstahl eingehalten werden müssen.

Führungskästen an Stauch- und Fertigerüsten von Fein- und Mittelstahlstraßen

Im Gegensatz zu der in Deutschland üblichen Arbeitsweise werden in Amerika an allen Fein- und Mittelstahlstraßen beim Walzen von Rundstahl ohne Ausnahme sogenannte Patentführungskästen be-

* Vorgetragen in der 48. Vollsitzung am 27. November 1941 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. B. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

nutzt. Auch in Deutschland ist eine ganze Reihe solcher Bauarten entwickelt worden und teilweise auch in Gebrauch; richtig eingebürgert haben sie sich nicht. Die in Deutschland noch weit verbreitete Auffassung, daß Patentkästen nur für solches Walzgut brauchbar sind, bei denen es auf genaue Maßhaltigkeit nicht ankommt, während sie in allen anderen Fällen nicht benutzt werden können, ist irrig; das Gegenteil ist eher der Fall. Bei guter Parallelführung ist es nicht notwendig, die Backen an den Spitzen zusammenzudrücken, wie das bei starren Führungen oft gemacht wird. Die Führungen arbeiten sich weniger und vor allem gleichmäßiger aus. Das Walzgut bleibt die ganze Walzung hindurch tadellos rund. Selbst bei den höchsten Schichtleistungen ist ein Auswechseln der Führungsbacken nicht notwendig. Es wird weniger Schrott gemacht, weil keine Walzstäbe beim Einführen steckenbleiben. Das Fertigwalzen erfolgt stets bei gleicher Temperatur, wodurch eine ausgezeichnete Maßhaltigkeit gewährleistet wird. Es würde zu weit führen, auf alle Ausführungsarten näher einzugehen und alle Verfahren anzuführen, mit denen man dieser Aufgabe zu Leibe gerückt ist. In Amerika wird bis auf ganz wenige Ausnahmen heute eine einzige Ausführung allgemein benutzt. Aus der allgemeinen und ausschließlichen Verbreitung dieses Führungskastens kann man schließen, daß er zur Zeit die beste Lösung darstellt.

Die Arbeitsweise ist im wesentlichen folgende: Eine der Ovalführungen ist wie üblich in den Führungskasten eingesetzt und unbeweglich. Verstellen dieser Führung ist nur möglich durch Lösen einer oberen Befestigungsschraube und Anziehen dreier seitlicher Stellenschrauben, also in genau der gleichen Weise wie bei den starren Kästen. Die zweite Führungsbacke sitzt in einem Einsatzstück aus Messing, das innerhalb des Kastens seitlich verschiebbar ist. Die Seitwärtsbewegung erfolgt durch Herausziehen eines Messingkeiles mit Hilfe einer senkrechten Schraube. Keil und Einsatzstück sind durch einen Schwalbenschwanz miteinander verbunden. Diese ganze Einrichtung ist so ausgebildet, daß sie sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite des Kastens arbeiten kann, was für die Ausnutzung der Randkaliber einer Walze von Bedeutung ist. Die große Ueberlegenheit gegenüber anderen Ausführungen ist darin zu sehen, daß beide Führungsbacken festsitzen und nur das Einsatzstück, in dem die Führungsbacke sitzt, um ein winziges Stück seitlich, und zwar unbedingt parallel verschoben wird. In allen Fällen wurde der Hebel zum Schließen und Öffnen von Hand bedient; dies geschah mit einer solchen Geschwindigkeit, daß jedesmal der Eindruck entstand, die Walze könnte das Stück noch gar nicht gefaßt haben. Beim Walzen von Flachstahl werden für die Stauchstiche die gleichen, für den Fertigstich ähnliche Kästen verwendet. Für amerikanische Verhältnisse ist das einwandfreie Arbeiten dieser Kästen unbedingt erforderlich, weil bei der raschen Stabfolge jeder kleinste Aufenthalt beim Einführen des Walzstabes ins Fertigerüst zu schweren Störungen führen muß.

Wie weit die Mechanisierung der Walzwerksanlagen durchgeführt ist, ersieht man daraus, daß an Mittelstahlstraßen, die sehr häufig als Einstich-Dreiwalzenstraßen gebaut werden, das Aufstellen des Schlichtovals während des Laufens auf dem Rollgang mit einer Kantbüchse erfolgt. Bei halbkontinuierlichen Feinstahlstraßen wird selbst das Schlichtoval nicht von Hand, sondern in einer Rinne umgeführt. Das Walzgut ist in allen Fällen hervorragend maßhaltig.

Verhinderung von Beschädigungen der Walzgoberfläche durch Dralleinrichtungen

Die früher gebräuchlichen Vierkantdrallbüchsen zwischen den kontinuierlichen Gerüsten der Knüppelstraßen und der verschiedensten Vorstraßen, die auch

in Deutschland noch heute fast ausschließlich in Gebrauch sind, werden in Amerika immer mehr verdrängt. An ihrer Stelle werden Rollendrallvorrichtungen verwendet, bei denen ein Beschädigen der Walzgoberfläche ausgeschlossen ist.

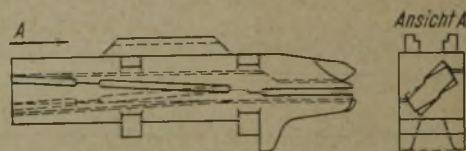


Bild 1. Drallbüchse.

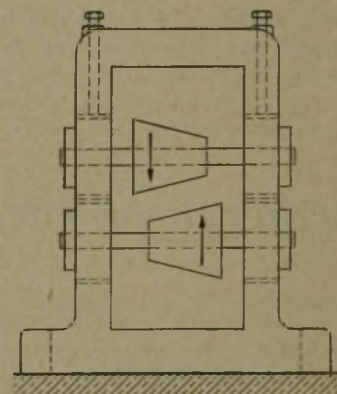


Bild 1a. Rollendrallvorrichtung.

Bild 1 zeigt eine alte Vierkantdrallbüchse und Bild 1a in einer Skizze die Ausführung und Arbeitsweise einer neuen Rollendrallführung. Die Drallrollen sind in kurzen kräftigen Ständern, die wie kleine Walzenständer aussehen, eingebaut und nach allen Richtungen hin leicht zu verstellen. Die Drallvorrichtung befindet sich genau in der Mitte zwischen zwei kontinuierlichen Walzgerüsten.

Bei den Wisconsin-Werken ist die 525er kontinuierliche Knüppelstraße mit Rollenführungen aller Art so gut ausgerüstet, daß der Walzstab vom ersten bis zum letzten Gerüst nur zwischen rollenden Elementen geführt wird. An dieser Straße sind selbst die Ein- und Ausführungsböcke zum Teil sogar mit kalibrierten Rollen ausgestattet, so daß eine Beschädigung der Oberfläche gänzlich ausgeschlossen ist.

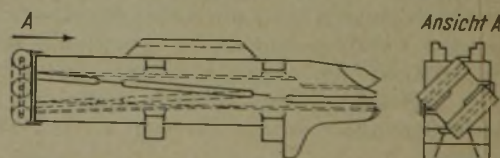


Bild 2. Drallbüchse.

Bei leichteren Knüppelstraßen, ebenso bei den Vorstraßen von Feinstahlwalzwerken, bei denen man diese Rollendrallvorrichtung nicht einbauen kann, hilft man sich in der Weise, daß man an Ober- und Unterteil der Drallbüchse je eine Rolle starr befestigt (Bild 2). Beim Austritt aus der Walze wird das Walzgut von den als

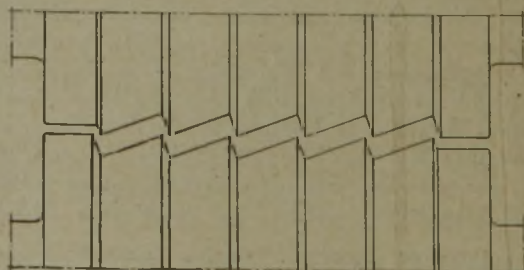


Bild 3. Flachwalze.

Drallbüchse ausgebildeten Abstreifern zunächst ein Stück geführt, bis dann beim Austritt aus der Büchse die Führung von den beiden Rollen übernommen wird. Die gleichen Drallbüchsen werden auch bei den mit Umführungen arbeitenden Fertigerüsten von Feinstraßen verwendet. Um die Drallarbeit zu erleichtern, werden bei Flachstahlvorwalzen und bei offenen Bandstahlstraßen die Flachbahnen schräg eingeschnitten (Bild 3). Der Verschleiß der Drallbüchsen und damit verbundene Verletzungen der Walzgutoberfläche werden auf ein Mindestmaß beschränkt. Auch an den Ovalabstreifern von Streck- und Schlichtovalen werden Rollen in dieser Weise angebracht.

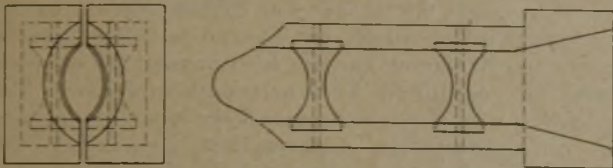


Bild 4. Rundeinlässe mit Rollen.

Bild 4 zeigt ein Paar Ovaleinführbacken, die mit zwei kalibrierten Rollen versehen sind. Diese Art Einführbacken ist nicht allgemein in Gebrauch, jedoch sind sie hier und da an Straßen zu sehen, auf denen man hauptsächlich hochwertige Stähle walzt. Diese Führungsbacken arbeiten einwandfrei und weisen so gut wie keinen Verschleiß auf.

Umführungen

Bei amerikanischen Stab- und Bandstahlstraßen, die mit Rinnenumführungen an den Gerüsten der Fertigungsstraße arbeiten, liegen die Verhältnisse gegenüber den bei uns üblichen Bauarten insofern günstiger, als bei den im Raum verteilt angeordneten Gerüsten das Walzgut immer nur in einer Walzebene bleibt. Die Umführungen sind daher einfacher herzustellen und das Walzgut gegen Beschädigungen aller Art besser zu schützen. Beim Walzen von Flach- und Bandstahl wird bei den Vorwalzen der äußere Umführungskranz, sobald die zweite Walze das Walzgut erfaßt hat, angehoben, und der Walzstab kann ungehindert seine Schlinge bilden. Wo man diese Ausführung nicht verwenden kann, wie z. B. an leichten Stab- und Drahtstraßen, werden alle Stellen, an denen die Schlingen an den Umführungen nach ihrem Austritt schleifen könnten, mit Rollen versehen. Auch vor den Einführungen werden meist an beiden Seiten Rollen angebracht, die z. B. beim Eintritt des quadratischen Stabes in das Schlichtoval mit den Führungsbacken gemeinsam geschlossen werden, sobald die Walze das Stück gefaßt hat. An der Stelle, an der der Walzstab über den Führungskasten gleitet, ist ebenfalls eine Rolle angebracht. An Feinstraßen, die neben Schrägrollgängen auch mit Umführungen ausgerüstet sind, läßt man beim Walzen von Flachstahl den Walzstab vor dem letzten Gerüst, selbst wenn alle Vorstiche umgeführt werden, frei auslaufen und achtet peinlich darauf, daß das Walzgut tadellos gerade in das Fertikaliber läuft. Selbst breiter und dünner Flachstahl kommt bei dieser Arbeitsweise so gerade auf das Warmbett, daß sich nach dem Schneiden jede weitere Zurichtung erübrigt.

Abstreifer

Auf die Ausbildung der Abstreifer wird größte Sorgfalt verwendet. Zwei Hauptforderungen sind bei der Anfertigung der Abstreifer zu erfüllen: Die Abstreifer müssen die höchsten Beanspruchungen ohne wesentliche eigene Abnutzung aushalten, und sie dürfen das Walzgut nicht durch Kratzen auf der Oberfläche beschädigen. An zwei Beispielen sei gezeigt, wie man in diesem Falle zu einer sehr guten Lösung gekommen ist, die sich auch auf deutschen Werken inzwischen ausgezeichnet

bewährt hat. In Bild 5 ist ein Schlichtovalabstreifer, in Bild 6 ein Schienenfußabstreifer dargestellt, bei denen man durch Einsetzen von Verschleißstücken aus Sonderhartguß verhindert, daß das Walzgut im ersten Falle durch Kratzer eine Oberflächenbeschädigung erleidet und im zweiten Falle die Abnutzung durch den starken Druck den Abstreifer frühzeitig unbrauchbar macht.

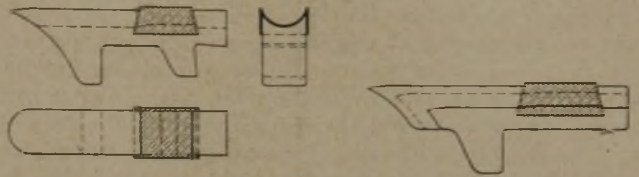


Bild 5. Abstreifer für Rundstahl mit eingesetztem Verschleißstück.

Bild 6. Abstreifer für Schienen mit eingesetztem Verschleißstück.

Bei sehr leistungsfähigen Dreivalzen-Grob- und Mittelstraßen ist der Verschleiß am unteren Ovalabstreifer, besonders bei den stärkeren Rundstahlorten, doch so stark, daß auch die eingesetzten Verschleißstücke die hohe Beanspruchung auf die Dauer nicht aushalten. In diesem Falle wurde von dem Verfasser eine andere Lösung ausgeführt,

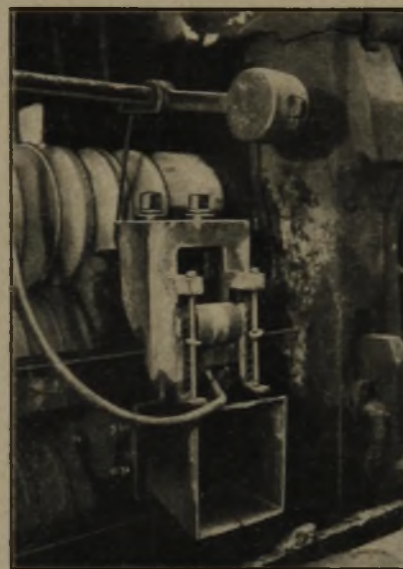


Bild 7. Ausführung mit Rolle an einer Ovalwalze.

die sich ebenfalls sehr gut bewährt hat (Bild 7). An den seitlichen Führungswänden ist ein kräftiger Rahmen befestigt, der eine in Kugeln gelagerte Rolle trägt. Die Rolle ist in der Höhe in jeder Lage einstellbar und wird mit Wasser gekühlt. Die Rolle hebt den Walzstab vom Abstreifer ab und verhindert auf diese Weise, daß der Abstreifer verschleißt und das Walzgut beschädigt. Eine Möglichkeit, die seitlichen Führungswände enger oder breiter

zu stellen, ist ebenfalls vorhanden, so daß ein Rahmen und eine Rolle für Rundstäbe von 60 bis 85 mm Dmr. ausreicht. Diese Vorrichtung ist auf einer 465er Dreivalzenstraße eingebaut. Die 750er Grobstraße, auf der Rundstäbe von 85 bis 155 mm Dmr. abgewalzt werden, ist mit einer kräftigeren Einrichtung versehen.

Die Verwendung von Preßwasser zur Erzielung besserer Walzgutoberflächen

Preßwasser von 70 bis 90 atü wird nicht nur bei Breitbandstraßen, Streifen- und Bandstahlwalzwerken, sondern auch an Stab-, Formstahl- und Schienenstraßen zum Entfernen des Zunders allgemein verwendet. Ein einwandfreies Arbeiten der vielen Rollenführungen ist nur gewährleistet, wenn man für die Entfernung des Zunders sorgt, weil sonst die Rollen sehr bald verschmutzen würden. An einer Schienenstraße, bei der Preßwasser auf der Austrittsseite bei mehreren Kalibern angewendet wurde, ist nach eigener Feststellung nicht nur die Kaliberhaltbarkeit ganz ausgezeichnet, auch das Walzgut selbst sieht mit seiner blanken Oberfläche hervorragend aus. Eine besondere Bedeutung kommt zweifellos der vielseitigen Verwendung von Preßwasser in Band- und Streifenwalzwerken zu. Auf einer Streifen-

straße, die Bänder von 150 bis 200 mm Breite herstellt, sind bei einer Walzung von Rohrstreifen von 150 mm Breite auf einer Bahn der Fertigwalze rd. 400 t abgewalzt worden. Der Walzenverschleiß auf diesen Straßen wird stark vermindert, und das Fertigerzeugnis erhält ein viel besseres Aussehen, wenn man schon in den Vor-kalibern den Zunder mit Preßwasser entfernt.

In großen Mengen werden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika von der weiterverarbeitenden Industrie warmgewalzte Bandstahlarten in Ringen verlangt, die nach dem Aufwickeln völlig eben sein müssen. Für diesen Zweck wird das warmgewalzte Band kalt umgewickelt und gleichzeitig gerichtet, indem es über Rollen in einer der Krümmung entgegengesetzten Richtung gebogen wird. Dabei ist allerdings Voraussetzung, daß die Zunderschicht nicht abblättert. Indem man die Oberfläche des Bandes während der Walzung an bestimmten Stellen mit Preßwasser behandelt, erreicht man, daß die sich bildende Sekundärzunderschicht selbst bei mehrmaligem scharfem Knicken des Bandes in beiden Richtungen nicht abspringt.

Um die Bildung des Sekundärzunders zu verringern, durchlaufen auf den Breitbandstraßen die Bänder sofort nach ihrem Austritt aus dem letzten Gerüst eine 30 m lange Wasserbrause, die eine rasche Abkühlung des Bandes bis auf eine Temperatur bewirkt, bei der eine Zunderbildung ganz oder teilweise unterbunden wird. Auch an Drahtstraßen wendet man ein ähnliches Verfahren an, um das Nachzundern zu verringern, wobei allerdings die Bunde nach dem Aufwickeln wassergekühlt werden.

Einrichtungen zur Gütesteigerung schon beim Bau von Walzwerksanlagen

Bei allen neuzeitlichen Breitband-, Streifen- und Stabstahlstraßen ordnet man die Gerüste so an, daß zwischen Vor- und Fertigstraße genügend Abstand ist, um das Walzgut auf bestimmte Temperaturen abkühlen zu lassen, ehe es fertiggewalzt wird. Auf diese Weise kann man

1. die Endwalztemperatur in jeder gewünschten Weise beeinflussen,
2. das Walzgut immer mit der gleichen Temperatur fertigwalzen, selbst wenn die Blöcke nicht immer gleich warm aus dem Ofen gezogen werden.

Beim Bau der neuen 250er kontinuierlichen Stabstahlstraße der McDonald Mills ist diese Forderung bereits berücksichtigt worden. Mit einem schreibenden Temperaturmeßgerät wird die Walztemperatur laufend überwacht. Bei Streifenstraßen werden beim Uebergang von der Vor- zur Fertigstraße häufig Einrichtungen vorgesehen, mit denen man das Walzgut um 180° wenden kann, wodurch die Entfernung des Zunders auf beiden Seiten gleichmäßig erreicht wird.

Beim Bau neuerzeitlicher Kühlbetten, die bei Feinstahlstraßen bis zu einer Länge von 140 m gebaut werden, sieht man alle Einrichtungen vor, mit denen man die Abkühlgeschwindigkeit in bestimmten Grenzen beeinflussen kann. Sammeltaschen für Rundstäbe, die Fortbewegung in Gruppen zu mehreren Stäben, Vorrichtungen zur Beförderung von Flachstahl in Paketen, abgedeckte Kühlbetten, alle diese Einrichtungen werden schon in sehr vielen Walzwerken seit längerer Zeit benutzt.

Hand in Hand mit dieser Entwicklung gingen beim Bau von Kühlbetten die Bestrebungen, eine fehlerlose Geradheit der Walzstäbe zu erreichen, um auf diese Weise jede weitere Zurichtung nach dem Teilen der Stäbe überflüssig zu machen oder auf ein Mindestmaß zu beschränken. An Feinststraßen ist dieses Ziel, wie am Beispiel der Federstahlwalzung gezeigt wurde, bereits weitestgehend erreicht worden. Wo Richtigkeit, z. B. bei Formstahl und schwerem Stabstahl, unbedingt er-

forderlich ist, versucht man diese Arbeit möglichst zu mechanisieren,

1. weil bei den hohen Leistungen der Walzenstraßen auch die endgültige Fertigstellung beschleunigt durchgeführt werden muß,
2. weil jede Arbeit in der Zurichtung Lohnkosten verursacht, die sich bei der amerikanischen Lohnpolitik auf die Höhe der Gesteigungskosten fühlbar auswirken.

Das Brennputzen von Halbzeug

Dieses Mittel zur Verbesserung der Oberflächen des Walzgutes sei absichtlich zuletzt erwähnt, weil kaum ein Verfahren so sehr umstritten und in letzter Zeit so viel behandelt wurde wie gerade das Brennputzen. Bei den Cleveland-Werken macht das Putzen mit dem Schneidbrenner bei Brammen für die Breitbandstraße etwa ein Drittel der gesamten Verarbeitungskosten aus. Man kann daher verstehen, wenn man kein Mittel unversucht läßt, die kostspielige nachträgliche Bearbeitung der Halbzeugoberfläche mindestens für die Breitbandstraßen überflüssig zu machen. Durch ständige Verbesserung der Gießtechnik versucht man, die gefährliche Schalenbildung auf der Blockoberfläche zu vermeiden. Der Bau geeigneter Blockstraßen ermöglicht eine höhere und zweckmäßigere Verformung der schweren Rohbrammen und gestattet eine Aufteilung der Brammen in Kopf-, Fuß- und Mittelstücke. In Lackawanna vermeidet man beim Oberguß Spritzer auf Brammenblöcke, indem man in die Kokille ein einfaches Gießrohr aus gebeizten Abfallblechen, die es in genügender Menge im Kaltwalzwerk gibt, hineinhängt. Hieraus erklären sich auch die zahlreichen Anfragen amerikanischer Stahlwerker nach den in Deutschland gebräuchlichen Kokillenanstrichmassen. Jedenfalls ist man auch auf diesem Gebiet in den letzten Jahren ein gutes Stück weitergekommen, da das Brennputzen an Brammen nur noch vereinzelt zu sehen war.

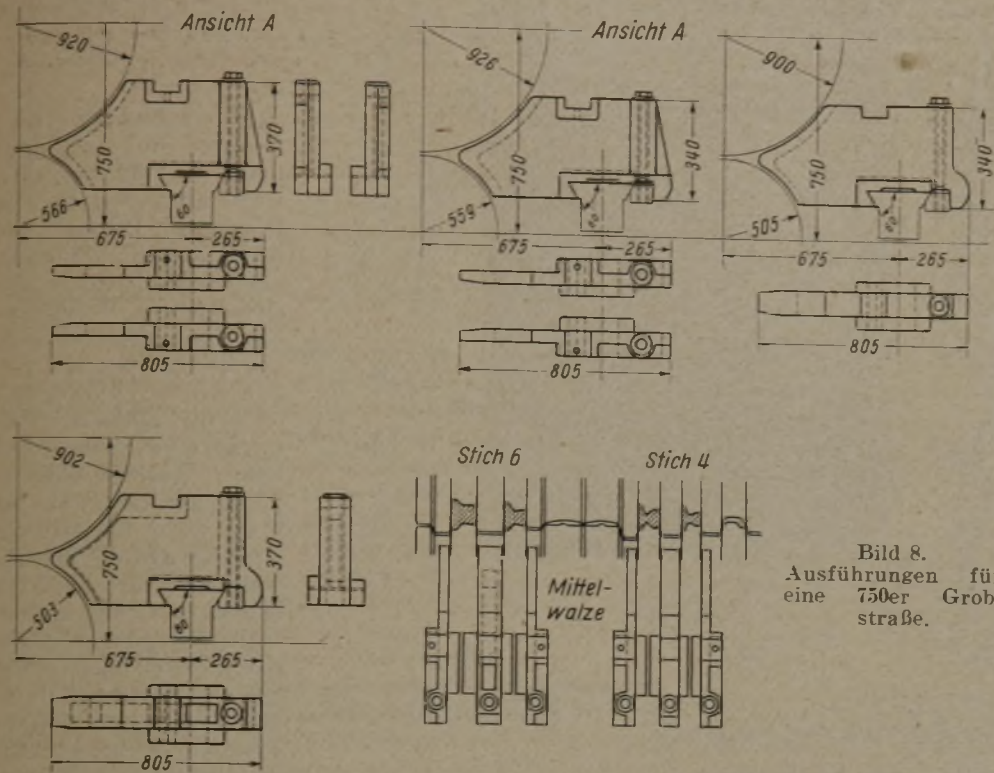
Nutzbarmachen alter Straßen zum Walzen hochwertiger Stähle

Einige Stähle, an die bezüglich der Ausführung ganz besondere Anforderungen gestellt werden, oder die beim Walzen ein grundsätzlich anderes Verhalten zeigen als der weitaus größte Teil aller im Walzwerk zur Verarbeitung kommenden Werkstoffe, werden auf den älteren nicht mechanisierten Walzenstraßen mit besonderen Kalibrierungen gewalzt. Selbstverständlich werden die Anlagen für diese Zwecke hergerichtet, was besonders von den Walzwerksöfen gilt, die ausnahmslos als Gasöfen neuester Bauart ausgeführt werden und eine ausgezeichnete Temperaturüberwachung haben. Sehr häufig wird in diesem Falle schon auf den Block- und Vorstraßen das Halbzeug in Knüppelkalibern gewalzt, um den Werkstoff während der Verformung möglichst allseitig zu umschließen. So wird z. B. in Duquesne, Bethlehem und in Canton gearbeitet.

Ein- und Ausführungen an Walzenstraßen

An allen amerikanischen Walzenstraßen fällt auf, wie außerordentlich sorgfältig die Walzarmaturen ausgebildet sind und wieviel Sorgfalt man auf ihren Einbau verwendet. Nirgends benutzt man Holz zum Verkeilen der Ein- und Ausführungen, weil es immer nur ein Notbehelf und niemals in vollem Umfange betriebssicher ist.

In Amerika hat man diese Frage auf verschiedene Arten gelöst. Eine davon, die auch im deutschen Walzwerksbau hier und da angewendet wird, verwendet als Sitz für die Ein- und Ausführungen an Stelle des quadratischen einen Balken, den man wegen seiner Form als Prismenbalken bezeichnen kann (*Bild 8*). Auf diesen Balken setzt man die Ein- und Ausführungen. Die Befestigung erfolgt mit einer kräftigen Schraube und einem Klemmstück. Der Abstreifer liegt nicht auf dem Bal-



beiten beauftragten Schlosser die Arbeit zu erleichtern, wird schon im Konstruktionsbüro vom Einbau jeder Walze eine Zusammenstellungszeichnung angefertigt. In den Bildern 10 und 11 sowie in Zahlentafel 1 ist die Zusammenstellungszeichnung einer C-Stahl-Fertigwalze zu sehen, und zwar handelt es sich um C NP 14. Bild 10 zeigt eine Kaliberzeichnung der Fertigwalze, Bild 11 die Ein- und Ausführungen in der oberen und in der unteren Walzebene in Draufsicht und im Schnitt und Zahlentafel 1 eine Zusammenstellung der einzelnen Gußstücke mit den dazugehörigen Bezeichnungen. Die Anfertigung so vieler Zeichnungen mag übertrieben erscheinen, bringt aber andererseits viele Vorteile mit sich. Die Zusammenstellungen sind gleich wichtig für den Modelltischler, für den Einbauschlosser und als Unterlagen für die Bestellung. Dem verantwortlichen Betriebsmann sind sie ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Ueberwachung des Walzenparks und der Walzenzurichtung.

ken, sondern sitzt an der Seite der Führung. Für den oberen Abstreifer wird ein kurzer Querbalken, der auf der Führung angeschraubt wird, verwendet. Jedes Kaliber einer Walze erhält seine eigenen Führungswände, die an keiner anderen Stelle benutzt werden.

Für die Walzarmaturen der neuen Grob- und Mittelstraße, die in einem oberschlesischen Hüttenwerke aufgestellt wurde, ist eine solche Ausführung gewählt, und es sind damit ganz ausgezeichnete Erfahrungen gemacht worden. Bild 8 zeigt die Ausführwände einer Schienenwalze der 750er Grobstraße. Nach dieser Zeichnung werden die Modelle angefertigt. Als Werkstoff wird Stahlguß verwendet. In Bild 9 sind die Einführtische einer Winkelvorwalze der 750er Grobstraße zu sehen. Die Befestigung erfolgt genau wie bei den Ausführwänden mit Keilstück und Schraube. Die Ein- und Ausführungen sind bei dieser Befestigungsart nahezu unverrückbar mit dem Walzbalken verbunden. Schlägt einmal ein Walzstab im Kaliber um, dann kommt es vor, daß die Ausführwand an der Stelle, an der das Klemm-

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der Gußstücke für die Fertigwalze einer Grobblechstraße

Stückzahl	Benennung	Teil	Werksbezeichnung	Modell-Nr. DIN	Be-merkungen	Pos.
1	Ausführwand, rechts	16	34/57	509	Z.G.Str.89	4
1	„ links	15	34/56	508	„ 89	3
1	„ rechts	14	34/55	507	„ 89	2
1	„ links	13	34/54	506	„ 89	1
1	Einführtisch, oben	12	34/53	505	„ 82	4
1	„ „	11	34/52	504	„ 82	5
1	Ausführwand, links	10	34/51	503	„ 88	7
1	Doppelwand	9	34/50	502	„ 88	6
1	Ausführwand, rechts	8	34/49	501	„ 88	5
1	„ links	7	34/48	498	„ 88	4
1	„ rechts	6	34/47	497	„ 88	3
1	„ links	5	34/46	498	„ 88	2
1	„ rechts	4	34/45	497	„ 88	1
1	Einführtisch, unten	3	34/44	496	„ 82	3
1	„ „	2	34/43	495	„ 82	2
1	„ „	1	34/42	494	„ 82	1

stück sitzt, eher bricht, als daß die Wand zur Seite gerückt wird. Das trifft besonders für die Grobstraße zu. In einem Versuchsgerüst wird der Einbau mit den Abstreifern der Walze zugepaßt. Um dem mit diesen Ar-

Es ist selbstverständlich, daß die Anfertigung einer solchen Walzenzurichtung eine ganze Menge Arbeit und Geld kostet. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß es sich um einen einmaligen Aufwand handelt, der sich im Laufe der Zeit mehrfach bezahlt macht. Da in Herminenhütte die neuen Walzarmaturen neben der alten Ausführung der Walzenzurichtung verwendet werden, lassen sich beide Arten miteinander vergleichen. Die wichtigsten betrieblichen Vorteile des neuen Einbaues sind folgende: Der Einbau der Armaturen ist einfacher, weil auf der Austrittsseite immer nur ein Balken verwendet wird. Beim Kaliberwechsel brauchen die Walzbalken nicht gelöst zu werden. Es genügt, den verhältnismäßig leichten Querbalken, der mit zwei Schrauben an den Führungswänden befestigt ist, abzuschrauben, um das daneben liegende Kaliber einzurichten. Dadurch, daß die Walzbalkenlage von vornherein auf dem Zeichenbrett festgelegt wird und die Sitzfläche an den Ausführwänden, auf denen die Abstreifer zu liegen kommen, sofort in der richtigen Höhe vorgesehen wird, erhält der ganze Einbau ein hohes Maß von Genauigkeit, was sich beim Walzen außerordentlich vorteilhaft auswirkt. Es genügt, wenn der Walzer zwei- oder dreimal in der Schicht den Sitz der Abstreifer nachprüft. Umwickler und ähnliche Störungen werden auf ein Mindestmaß beschränkt. Das Nachrichten der Führungswände ist denkbar einfach: Man löst die Befestigungsschraube, schlägt die Wand mit dem Hammer ein Stück zur Seite und zieht die Schraube wieder an. Ein Einstellen der Walzenstraße ist hierfür nicht notwendig. Wie schon erwähnt, sitzen die Ausführwände und die Einführtische so unverrückbar fest auf dem Walzbalken, daß ein Verkeilen mit Holz überflüssig ist. Dieser starre Sitz ist von größtem Vorteil beim Walzen aller unsymmetrisch eingeschnittenen Profile. Die Walzstäbe lassen sich tadellos geradführen, eine der wichtigsten Voraussetzungen für ein störungsfreies Arbeiten an nur mit Rollgängen ausgerüsteten mittleren und schweren Walzenstraßen.

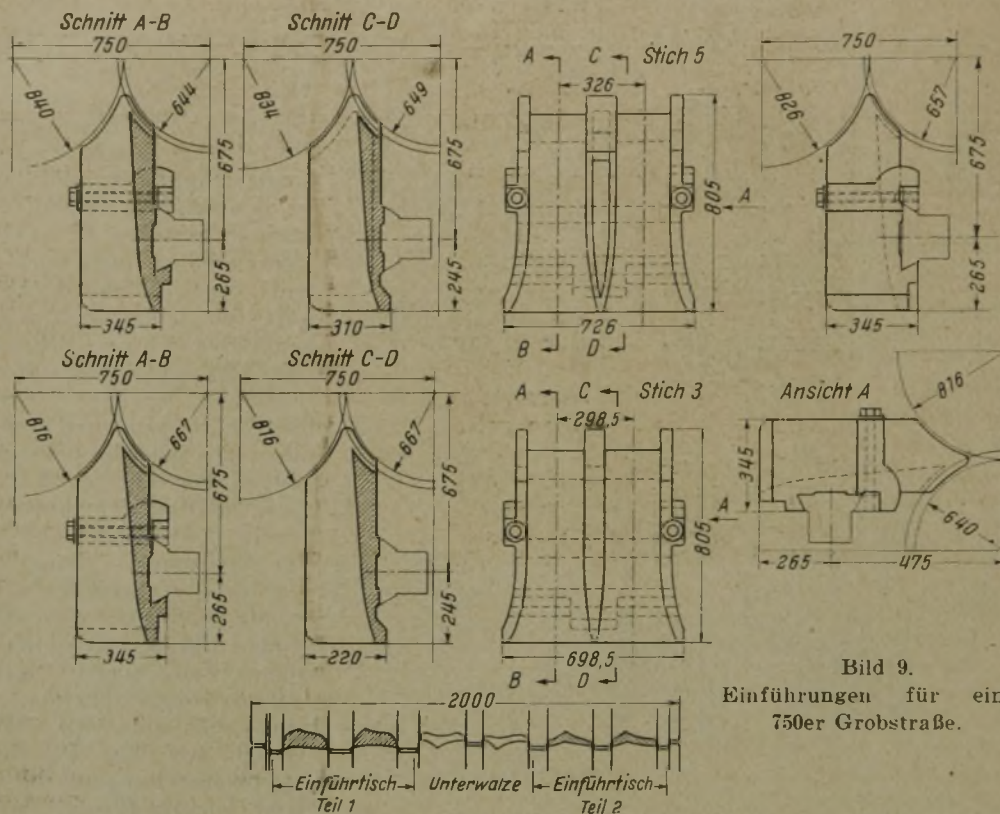


Bild 9.
Einführungen für eine
750er Grobstraße.

bers wird die Rolle samt Gehäuse mit umgesetzt, was keine besondere Arbeit erfordert.

Ein ähnlich befestigtes Gehäuse mit zwei seitlichen Führungsrollen wird beim Walzen von Formstahl benutzt, um den Anzug der Flanschen auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Wichtig für ein einwandfreies Arbeiten ist, daß man die verschiedenen Führungsrollen beim Umbau der Walzen getrennt ausbaut und vom Streckenschlosser nachsehen läßt. Nur auf diese Weise hat man die Gewähr, daß die Einrichtungen beim nächsten Einbau in Ordnung sind.

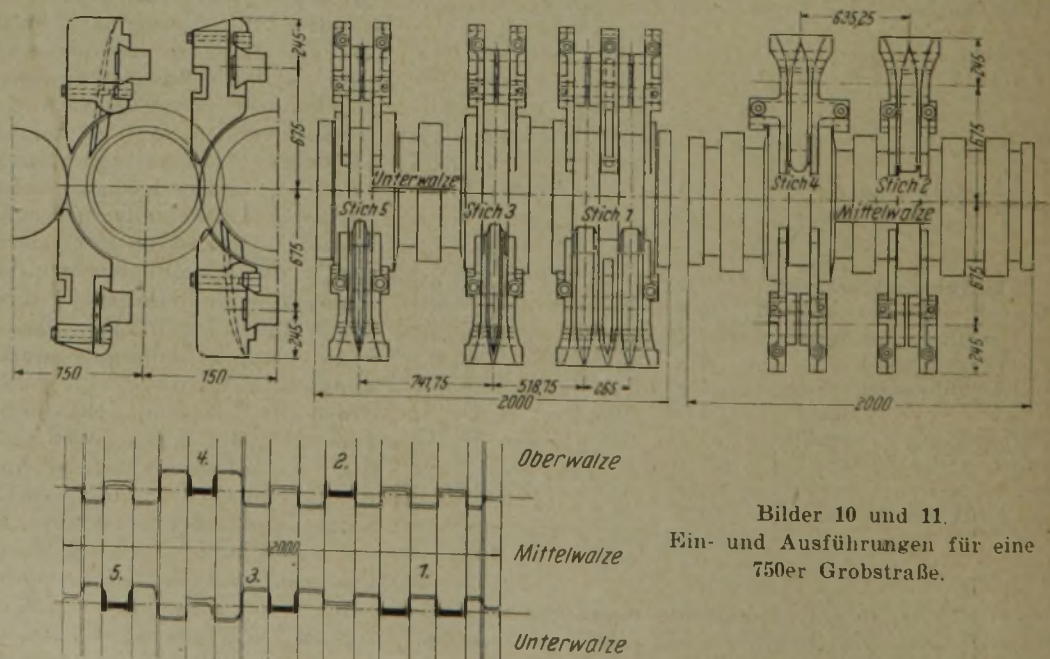
Die Anregungen zu diesen Arbeiten habe ich auf einer Studienreise durch die Vereinigten Staaten erhalten. Vieles wird aus dem Schrifttum oder aus Patentschriften bekannt sein, weniger bekannt

Sämtliche Armaturen sollten nur in Stahlguß ausgeführt werden, weil dadurch eine Beschädigung der Gußstücke beim Ein- und Ausbau ausgeschlossen ist, wie es bei Grauguß schon ab und zu vorkommt. Außerdem lassen sich an den Stahlgußstücken leicht Aenderungen durchführen, wie sie bei Aenderungen der Kalibrierung oder Kaliberanordnung schon hier und da notwendig werden. Es ist im Anfang nicht ganz einfach, eine Walzmannschaft, die aus Gewohnheit jede vorkommende Arbeit mit dem schweren Zuschlaghammer zu erledigen versucht, an den Umgang mit Schraube und Schraubenschlüssel zu gewöhnen. Haben die Walzer aber erst einmal erkannt, welche Erleichterungen ihnen der neue Einbau bringt, dann achten sie selbst auf schonende Behandlung. Eine gewisse Wartung des Armaturenparks durch einen eingearbeiteten Schlosser ist natürlich Voraussetzung. Ein weiterer Vorteil dieser

dürfte die Tatsache sein, daß man alle diese Dinge schon seit Jahren in Amerika benutzt und daß Walzwerker und Konstrukteure in fruchtbarer Zusammenarbeit ständig an der Gütesteigerung der Walzwerkserzeugnisse arbeiten in dem Bestreben, auf den hochleistungsfähigen neueren Walzwerksanlagen neben Walzzeug in Handelsgüte auch Vergütungs- und Einsatzstähle mit größter Wirtschaftlichkeit und in hervorragender Ausführung herzustellen, und daß dieses Ziel bereits zum größten Teil erreicht worden ist.

Jeder Besucher amerikanischer Walzwerke wird, wie das auch schon von anderer Seite wiederholt ausgesprochen wurde, von der Großartigkeit und Leistungsfähigkeit dieser Anlagen stark beeindruckt werden. Wenn dabei zunächst die Massenerzeugung und die damit verbundene Verbilligung der Herstellung ins Auge fällt, so ist doch auch die Gütesteigerung nicht zu

Zurichtung besteht darin, daß an diesen kräftigen und stabilen Führungen sehr gut Rollen angebracht werden können, wie sie z. B. zum Schutz des Schienenkopfes ganz allgemein in Gebrauch sind. Bild 12 zeigt eine solche Rolle, wie sie auf der Auslaufseite am Fertigstich bei Schienenwalzen in Herminenhütte benutzt wird. Die Rolle, die auf Kugellagern läuft und wassergekühlt wird, sitzt in einem getrennten Gehäuse und wird mit einem Keil und der starken Schraube mit der Führungswand befestigt. Beim Umstellen des Kali-



Bilder 10 und 11.
Ein- und Ausführungen für eine
750er Grobstraße.

verkennen. Sie ist hervorgegangen aus den Forderungen der weiterverarbeitenden Industrie, deren Kennzeichen eine viel geschlossener Massenerzeugung ist, als es früher in anderen Ländern und auch bei uns üblich war. In dem Punkte ist inzwischen in Europa eine grundsätzliche Wandlung eingetreten und damit die notwendige Voraussetzung für eine entsprechende Weiterentwicklung auch der Walzwerksanlagen gegeben.

Zusammenfassung

Um den steigenden Anforderungen der Maschinen-, Kraftwagen-, Flugzeug- und Rüstungsindustrie an die Eigenschaften der Werkstoffe gerecht zu werden, wird auch in Amerika ständig an der Gütesteigerung der Walzwerkserzeugnisse gearbeitet. An dem Beispiel der Walzung von Kraftwagenfederstahl wird gezeigt, welche erstaunlichen Erfolge auf diesem Gebiet schon erreicht worden sind.

Prämien für Verbesserungsvorschläge, Erziehung der Belegschaft zur Qualitätsarbeit haben zur beachtlichen Verbesserung der Walzverfahren wesentlich beigetragen.

Näher beschrieben werden unter anderen: Bewegliche Führungskästen zum Walzen von Rundstahl an Fein- und Mittelstahlstraßen und alle Vorrichtungen, mit denen Beschädigungen der Walzgutoberfläche zu vermeiden sind, z. B. die Anwendung von Rollendraleinrichtungen an Stelle von Drallbüchsen, abhebbaren

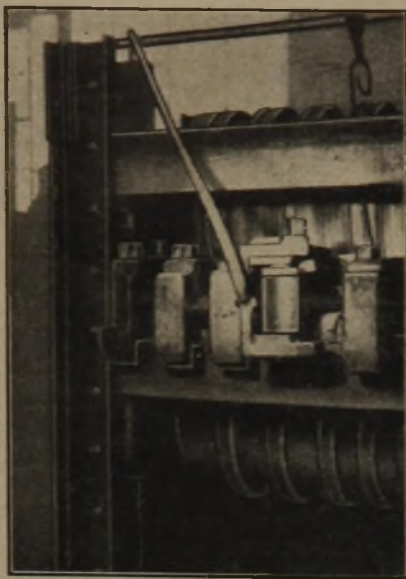


Bild 12. Schienenausführung mit Kopffrolle.

Führungskränzen an Umführungen, Rollen an Ein- und Ausführungen und an allen Stellen, an denen das Walzgut entlangleitet.

Abstreifer an Ovalekalibern und Schienenfuß-Abstreifer mit Verschleißstücken aus Sonderhartguß erhöhen nicht nur deren Haltbarkeit, sondern schützen das Walzgut auch vor Kratzern an der Oberfläche. Dem gleichen Zweck dienen waagrecht gelagerte Rollen auf der Austrittsseite der Kaliber, wie an einem Anwendungsbeispiel gezeigt wird.

Auf die vielseitige Verwendung von Preßwasser zur Erzielung besserer Walzgutoberflächen wird besonders hingewiesen. Außerdem wird eine ganze Reihe von Einrichtungen zur Gütesteigerung der Walzwerkserzeugnisse beschrieben, die schon bei der Planung neuer Anlagen mit berücksichtigt werden müssen. Das Brennputzen von Halbzeug für Breitbandstraßen wird kurz erwähnt.

Ältere Walzwerksanlagen finden sehr häufig Verwendung zum Walzen sehr hochwertiger Stahlsorten und werden zu diesem Zweck besonders ausgerüstet, was sich vor allem auf die Oefen bezieht. Zum Schluß wird gezeigt, wie einige der in Amerika gesammelten Erfahrungen, zum Beispiel die Ausbildung der Walzarmaturen, bei der Ausrüstung einer neuen kombinierten Grob- und Mittelstraße mit großem Erfolg angewendet wurden.

Einfluß der Gefügeausbildung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung und Legierung auf die Dauerstandfestigkeit von Stahl

Von Hubert Bennek und Gerhard Bandel in Essen

[Bericht Nr. 632 des Werkstoffausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT. — Schluß zu Seite 684.]

Einfluß der einzelnen Gefügearten auf die Dauerstandfestigkeit in Abhängigkeit von Prüftemperatur und Belastungsdauer

Die zur eingehenden Klärung des Einflusses der Art des Umwandlungsgefüges auf die Dauerstandfestigkeit notwendigen zahlreichen Versuchsunterlagen konnten in angemessener Zeit und bei den beschränkten zur Verfügung stehenden Prüfgeräten nur mit dem Kurzprüfverfahren nach DIN-Vornorm DVM-Prüfverfahren A 117/118 beigebracht werden. Zur Bestätigung der technischen Anwendbarkeit der dabei erhaltenen zum Teil überraschenden Ergebnisse war es notwendig, die Ergebnisse im Langzeitversuch zu überprüfen. Nach den im letzten Jahrzehnt gemachten Erfahrungen ist der technischen Ausnutzbarkeit hoher DVM-Dauerstandfestigkeit besonders auch dadurch eine Grenze gesetzt, daß Stähle mit hoher Dauerstandfestigkeit nach DVM keineswegs immer gleichzeitig eine hohe Zeitstandfestigkeit haben müssen. Vielmehr neigen manche Stähle schon bei Belastungen unterhalb ihrer DVM-Dauerstandfestigkeit dazu, nach bestimmten Belastungsdauern mit sehr geringer Dehnung und Einschnürung zu Bruch zu gehen^{64) 65)}. Weiterhin wurde bereits erwähnt, daß die bei unlegierten und niedriglegierten Stählen schon ab etwa 550° zu beobachtende Zusammenballung von Karbiden eine Abnahme des Kriechwiderstandes zur Folge haben kann und daß durch Ausscheidungshärtung, wenn sie erst während des Dauerstandversuchs erfolgt,

eine zu hohe DVM-Dauerstandfestigkeit vorgetäuscht werden kann⁶⁶⁾, die nach dem Abklingen der Aushärtung und besonders nach Zusammenballung der Ausscheidungen zum Teil wieder verlorengeht.

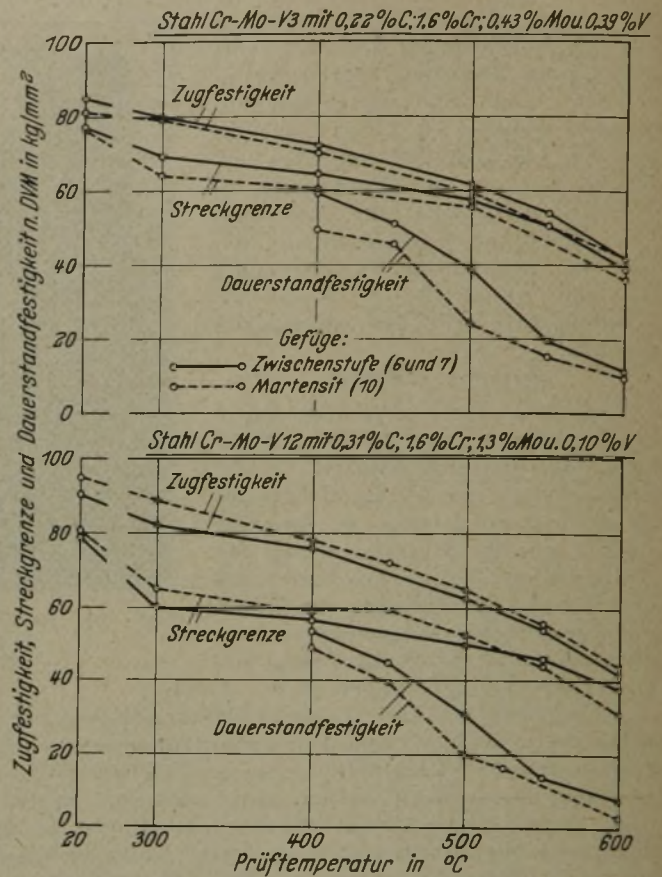
Zunächst mußte daher die Beständigkeit der einzelnen Gefügezustände, die nach verschiedenen Umwandlungsvorgängen und Anlaßbehandlungen entstehen, untersucht werden. Dabei stehen zwei Fragen im Vordergrund, erstens die, auf welche Prüftemperaturen im Dauerstandversuch sich die Ueberlegenheit der einzelnen Gefügearten, besonders des Zwischenstufengefüges, erstreckt, und zweitens, ob diese Ueberlegenheit im Langzeitdauerstandversuch bei Gebrauchstemperaturen erhalten bleibt. Die Beantwortung dieser Fragen könnte zugleich für die Klärung der Ursache des verschiedenen Dauerstandverhaltens der einzelnen Gefügezustände von Wichtigkeit sein.

Einen ersten Hinweis für die Beständigkeit des Gefügezustandes kann gegebenenfalls schon der Verlauf der Anlaßkennkurve geben. Bekanntlich ist im allgemeinen hohe Anlaßbeständigkeit auch als Kennzeichen für hohe Warmfestigkeit und Dauerstandfestigkeit anzusehen³⁾. Die Anlaßkennkurven einiger technischer Stähle nach *Zahlentafel 5* weisen jedoch praktisch keinen Unterschied in ihrer Anlaßbeständigkeit in Oel- und Luftvergütung auf (*Bild 31*), obgleich sie sich infolge verschiedenartigen Umwandlungsgefüges sehr stark in ihrer DVM-Dauerstandfestigkeit unterscheiden. Bei übereinstimmender Anlaßbeständigkeit muß demnach noch mit einem zusätzlichen Einfluß der Gefügeaus-

⁶⁴⁾ Bailey, R. W.: Metallurgia, Manchr., 17 (1937/38) S. 237/38.

bildung auf die Dauerstandfestigkeit gerechnet werden. Für das Dauerstandverhalten muß aber auch eine Anlaßbeständigkeit für wesentlich längere Glühdauern gewährleistet sein als für die kurzen Anlaßdauern, die bei der Aufnahme dieser Anlaßkennkurven üblich sind (1 bis 6 h) und die gewöhnlich nur Unterlagen für die zu wählende Wärmebehandlung geben sollen. Hierauf wird später bei den Zeitstandversuchen von sehr langer Dauer noch einmal zurückzukommen sein.

Es wurde bereits erwähnt, daß es notwendig ist, dauerstandfeste Stähle bei einer angemessenen Temperaturspanne oberhalb ihrer Verwendungstemperatur anzulassen, um eine ausreichende Beständigkeit des Gefüges zu gewährleisten, da Gefügeänderungen während der Beanspruchung die Dauerstandfestigkeit im allgemeinen herabsetzen. Die Frage, ob diese Spanne bei den verschiedenen Gefügeständen verschieden groß sein muß, ist nun praktisch gleichbedeutend mit der Frage, ob dementsprechend die Temperaturabhängigkeit ihrer Dauerstandfestigkeit einen Unterschied aufweist. An Hand der Bilder 32 und 33 ist zu erkennen, daß die Unterschiede der DVM-Dauerstandfestigkeit zwischen martensitischem Anlaßgefüge und Zwischenstufengefüge bei tiefen Temperaturen, wo sie sich den wenig unterschiedlichen Warmstreckgrenzen nähert, geringer sind als bei 500° und daß sie nach höheren Temperaturen zu wieder abnehmen, da sich ja bei hohen Prüftemperaturen eine Angleichung der Gefüge durch starke Karbidzusammenballung ergeben muß. Eine Anzahl weiterer Beispiele dafür, daß die Ueberlegenheit der DVM-Dauerstandfestigkeit des Zwischenstufengefüges gegenüber der des martensitischen Anlaßgefüges im allgemeinen auch noch bei 600° erhalten bleibt, enthalten die Bilder 34 bis 41. Dagegen fällt im gleichen Bild auf, daß das ferritisch-perlitische Gefüge oft einen geringeren Abfall seiner an sich niedrigen Dauerstandfestigkeit zwischen 500 und 600° erleidet, so daß es in einigen Fällen bei 600° oder manchmal sogar schon bei 500° höhere Werte aufweist als die Vergütungsgefüge, bei denen die Umwandlung über Martensit oder nur teilweise über die Zwischenstufe erfolgte. Auch bei lufthärtenden Stählen mit 4 bis 6% Cr und gegebenenfalls Zusätzen von Molybdän und Vanadin kann durch Erzwungung der Umwandlung in der Perlitstufe eine höhere



Bilder 32 und 33. Temperaturabhängigkeit der Dauerstandfestigkeit, Zugfestigkeit und Streckgrenze von Stählen nach Zahlentafel 5 in Abhängigkeit von der Art des Umwandlungsgefüges.

Dauerstandfestigkeit bei 550 bis 600° erzielt werden als im martensitisch gehärteten und auf 700 bis 800° angelassenen Zustand (Zahlentafeln 7 und 8, Bild 39).

Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß sich bei hohen Temperaturen von 550 bis 600° bereits ein Einfluß der Beständigkeit der Gefügebildung unter Dauerbelastung auf die DVM-Dauerstandfestigkeit von niedriglegierten Stählen bemerkbar macht. Bei den langen Glühdauern

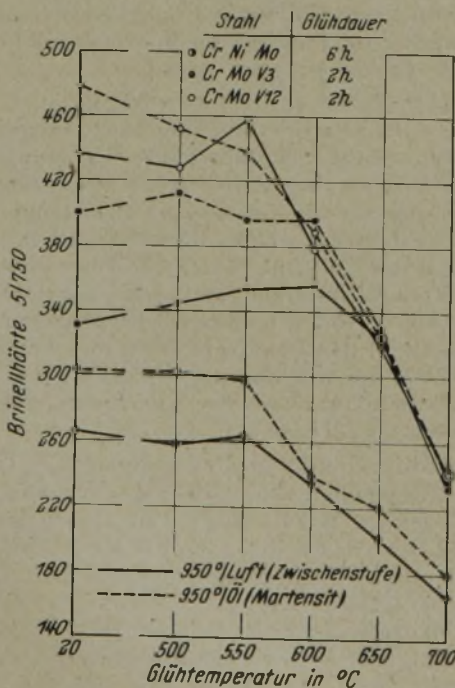
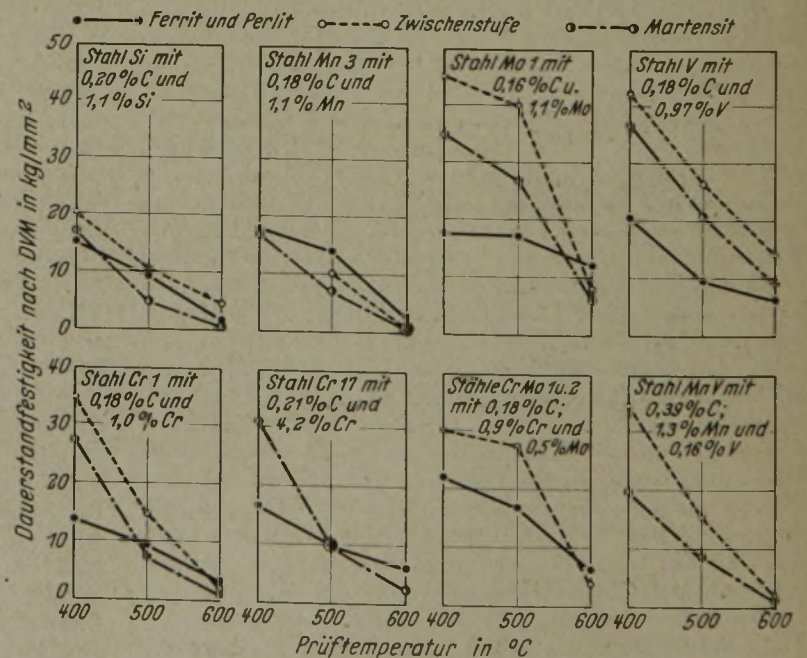
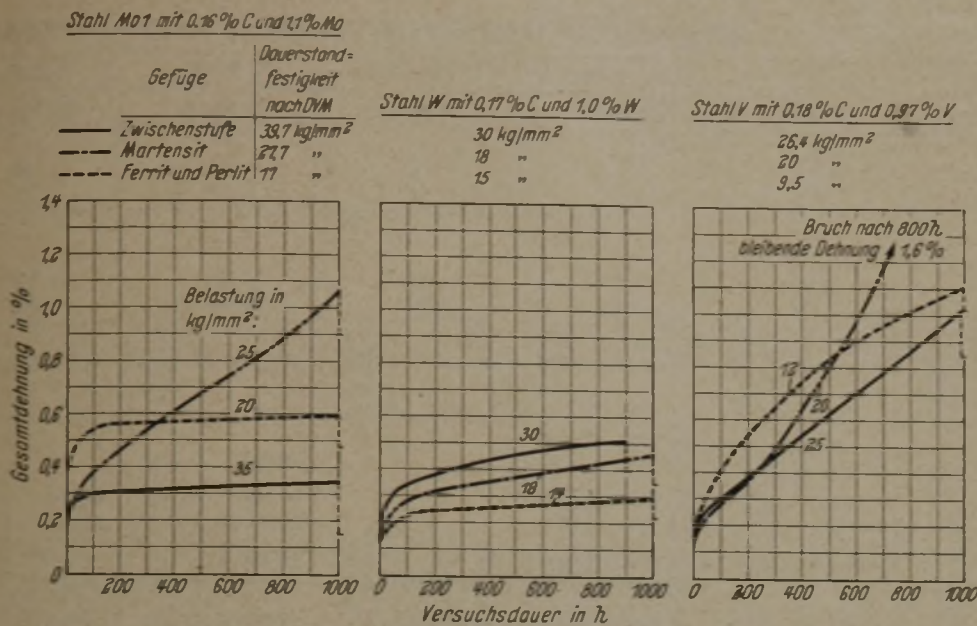


Bild 31. Anlaßbeständigkeit von Stählen nach Zahlentafel 5 nach Umwandlung in der Martensit- und Zwischenstufe. (Vergütungsquerschnitt 20 mm Dmr.)



Bilder 34 bis 41. Einfluß der Art des Umwandlungsgefüges auf die Dauerstandfestigkeit verschiedener Stähle nach Zahlentafel 4, 5 und 8 in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.



Bilder 42 bis 44. Ergebnisse von Langzeit-Dauerstandversuchen bei 500 ° an drei Stählen der Zahlentafel 4 bei verschiedenen Arten von Umwandlungsgefügen.

im Dauerstandversuch bei 550 bis 600 ° treten offenbar selbst in den vorher auf Temperaturen von 650 bis 700 ° kurzzeitig angelassenen Vergütungsgefügen noch stärkere Veränderungen ein als im ferritisch-perlitischen Gefüge, das daher bei 600 ° zum Teil höhere DVM-Dauerstandfestigkeit hat. Im Hauptverwendungsbereich der dauerstandfesten Vergütungsstähle von 350 bis 550 ° sind diese Veränderungen allerdings so gering, daß sie sich kaum noch auf das Dauerstandverhalten auswirken. Da selbst bei 400 ° noch sehr große Unterschiede der DVM-Dauerstandfestigkeit zwischen martensitischem Anlaßgefüge und angelassenem Zwischenstufengefüge vorhanden sind, ist anzunehmen, daß sie nicht auf einer geringeren Beständigkeit des ersten beruhen, sondern auf andere Ursachen zurückzuführen sind. Es ist zu erwarten, daß die Ueberlegenheit der bei der Prüftemperatur beständigsten Gefügeart im Langzeit-Dauerstandversuch noch deutlicher in Erscheinung tritt.

Zur Prüfung dieser technisch besonders wichtigen Frage, ob die durch den Gefügestand bedingten Unterschiede der im DVM-Kurzverfahren ermittelten Dauerstandfestigkeit auch unter Belastung von längerer Dauer bei der Verwendungstemperatur erhalten bleiben, wurde

fengefüge bis zu 1000 h noch ein Abklingen der Dehngeschwindigkeit, während in der Behandlung auf martensitisches Anlaßgefüge die Molybdän- und Vanadinstähle bereits eine Zunahme der Dehngeschwindigkeit erkennen lassen, die beim Vanadinstahl nach 800 h schon zum Bruch mit 1,6 % Dehnung führte. Im ofenabgekühlten Zustand zeigen alle Stähle noch ein deutliches Abklingen der Dehngeschwindigkeit bis zu 1000 h, was ebenso wie die Temperaturabhängigkeit in den Bildern 34 bis 41 wieder auf hohe Gefügebständigkeit der ferritisch-perlitischen Stähle hinweist. Der Vanadinstahl zeigt gegenüber den beiden anderen Stählen in allen drei Behandlungszuständen das stärkste Kriechen, was wahrscheinlich auf ein Abklingen von Ausscheidungsvorgängen zurückzuführen ist.

Eine Reihe weiterer Versuche von wesentlich längerer Belastungsdauer, zum Teil bis zu über 30 000 h (4 Jahre), wurden als Zeitstandversuche bei 500 ° durchgeführt. Als Ersatz für die nicht vorgenommene Feindehnungsmessung wurde die bleibende Dehnung bei 20 ° bei einem Zwischenausbau der Proben oder nach dem Bruch gemessen. Die Ergebnisse dieser Versuche enthält die Zahlentafel 11. Alle Stähle zeigen in der Wärmebehandlung, die den für die DVM-Dauerstandfestigkeit günstigeren Gefügestand ergibt, auch höhere Standzeiten bis zum Bruch. Desgleichen liegen bei Belastungen, bei denen noch kein Bruch eingetreten ist, die beim Zwischenausbau bei 20 ° gemessenen bleibenden Dehnungen erheblich niedriger. Im Gegensatz zu dem Verhalten der unlegierten Stähle mit verschiedener Korngröße im Zeitstandversuch bis zu etwa 2000 h bei 500 ° (Zahlentafel 2) bleibt demnach die Ueberlegenheit des Zwischenstufengefüges für das Kriechverhalten bei 500 ° selbst bei Dauerbelastung bis zu vier Jahren erhalten. Allerdings treten in einigen Fällen nach längeren Standzeiten bereits bei Lasten unterhalb der DVM-Dauerstandfestigkeit Brüche auf mit auffallend niedrigen Bruchdehnungen. Sie sind bei den Stählen mit hoher Dauerstandfestigkeit oft niedriger als bei denen mit geringer Dauerstandfestigkeit (Bild 45). Man kann sie zum Teil schon nahezu als verformungslose Brüche bezeichnen (Zahlentafel 11). Der Bruchverlauf ist wenigstens beim Anbruch im allgemeinen interkristallin und auch in der restlichen Prüflänge der Stäbe ist meist eine interkristalline Auflockerung senkrecht zur Zugbeanspruchung festzustellen, die eine starke Verminderung der Kerbschlagzähigkeit gegenüber dem weniger belasteten Gewindekopf der Proben bedingt.

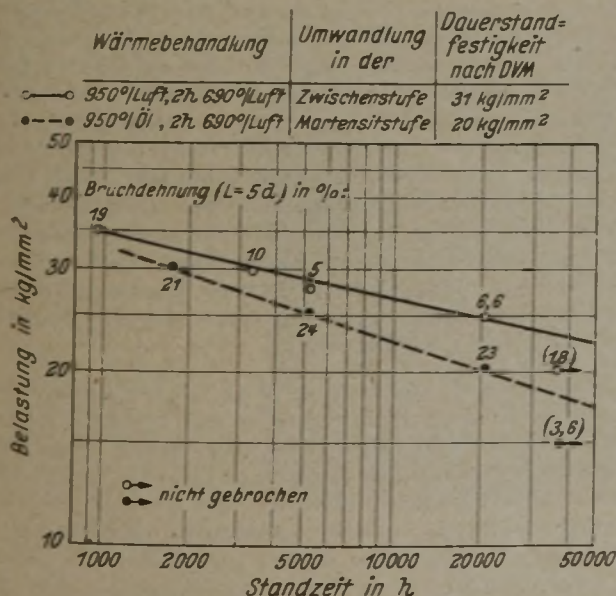


Bild 45. Zeitstandversuche bei 500 ° am Stahl Cr-Mo-V 12 mit 0,31 % C, 1,6 % Cr, 1,3 % Mo nach Oel- und Luftvergütung.

Zahlentafel 11. Zeitstandversuche bei 500° an Stählen verschiedener

Stahlbezeichnung		Mo 1		Ti		Cr-Mo 1 und 2 ¹⁾		Cr-Mo-V 2		Cr-Mo-V 3		Cr-Mo-V 3	
Vergütungsquerschnitt		14 mm Ø		20 mm Ø		20 mm Ø		20 mm Ø		20 mm Ø		160 mm □	
Kennzahl für Gefüge I		6		6		5		6		6		6	
Gefüge II		10		10		1		8		10		1	
Dauerstandfestigkeit nach DVM in kg/mm ² für Gefüge I		39,7		30		27,5		44		38		31	
für Gefüge II		27,2		23		16		29		25 bis 28		22	
Zeitstandverhalten bei einer Belastung von ³⁾ :	für Gefüge	Standzeit	Bleibende Dehnung %	Standzeit	Bleibende Dehnung %	Standzeit	Bleibende Dehnung %	Standzeit	Bleibende Dehnung %	Standzeit	Bleibende Dehnung %	Standzeit	Bleibende Dehnung %
		h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
15 kg/mm ²	I	2016	0,8	6292	0,3	31 776	1,2			39,336	0,25		
	II					13 772	0,8						
20 kg/mm ²	I	3960	4	6472 B	0,4 B	29 968 B	44 B			34 360	1,0	12 384	0
	II			4816 B	0,4 B	11 376	4			22 656 B	2,7 B	21 120	2
25 kg/mm ²	I	1850	0,8	6325 B	0,9 B	19 500 B	19,6 B	25 764	1,8	15 456 B	2 B	9 456 B	2,5 B
	II					1487 B	2,8 B	13 080 B	21,6 B	16 200 B	14 B	8 216 B	2,1 B
30 kg/mm ²	I	840	0,2	3940 B	1,5 B	3 240 B	30 B	23 256 B	2 B	7 250 B	2 B	6 096 B	2 B
	II							864 B	6 B	16 956 B	6 B	700 B	11,7 B
35 kg/mm ²	I	2226 B ⁴⁾	0,2 B					5 040 B	6 B	2 880 B	6 B		
	II									1 440 B	24 B		
40 kg/mm ²	I	692 B	4 B					1 008 B	16 B	1 560 B	14 B		
	II									960 B	10 B		
Brinellhärte 5/750													
Ausgangshärte . . .	I	195 bis 198		211 bis 217		170 bis 177		224 bis 257		231 bis 269		236 bis 239	
	II	211 bis 217		241 bis 255		130 bis 148		239 bis 278		236 bis 263		197 bis 198	
Härte nach . . . h Glühung	I			217/6325 h		170/19 500 h		221/16 200 h		231/15 460 h		246/9456 h	
	II	204/2920 h		234/4816 h		132/10 530 h		237/22 970 h		213/22 660 h		200/8800 h	

¹⁾ Nähere Angaben über Zusammensetzung und Wärmebehandlung der Stähle siehe Zahlentafel 4, 5 und 6. — ²⁾ Wärme-
³⁾ B = Bruch. — ⁴⁾ Bruch im Gewinde

Da offenbar mit zunehmender Dauerstandfestigkeit die Neigung zu verformungslosen Brüchen und zu Korngrenzenauflockerungen anwächst, entsteht die Frage, ob dies eine Folge der hohen Dauerstandfestigkeit als solcher oder der diese bedingenden Gefügeausbildung selbst ist, also besonders ob das Zwischenstufengefüge sich in dieser Beziehung ungünstiger verhält als martensitisches oder ferritisch-perlitische Gefüge. Dazu ist zunächst festzustellen, daß mit zunehmenden Standzeiten bei abnehmender Höhe der Belastung auch in anderen Fällen, selbst bei unlegierten Stählen, eine Abnahme der Bruchdehnung zu beobachten ist^{63) 64)}. Weiterhin zeigt Bild 44 und Zahlentafel 11, daß auch bei Stählen mit martensitischem Anlaßgefüge verformungslose Brüche auftreten können (Stahl V, Mo 1, Cr-Mo-V 3, Cr-Ni-Mo) und daß andererseits beim Stahl Cr-Mo 1 trotz vorwiegenden Zwischenstufengefüges nur Brüche mit hoher Dehnung auftreten. Verformungslose Brüche sind auch beobachtet worden bei grobkörnigen austenitischen Chrom-Nickel-Stählen^{65) 66) 67)} mit hoher Dauerstandfestigkeit sowie an Nichteisenmetallen. Es liegt also kein zwingender Grund vor, das Zwischenstufengefüge selbst und nicht die dadurch bedingte erhöhte Dauerstandfestigkeit für die erhöhte Neigung zu verformungslosen Brüchen verantwortlich zu machen. Daß grundsätzlich alle Stähle mit besonders hochgezüchteter Dauerstandfestigkeit mehr oder weniger Neigung zu verformungslosen Brüchen haben, ist schon verschiedentlich vermutet und festgestellt worden⁶⁸⁾.

Um etwaige Unterschiede in der Neigung zur Zusammenballung der Karbide bei den verschiedenen Arten von Umwandlungsgefügen festzustellen, wurden die bei 500° dauerbelasteten Proben der Zahlentafel 11 auf ihre Brinellhärte und Gefügeausbildung im Vergleich zum Ausgangszustand untersucht. Die Brinellhärten (Zahlentafel 11)

zeigen im allgemeinen keine außerhalb der Meßgenauigkeit liegenden Unterschiede nach 10 000 bis 32 000 h Dauerbelastung bei 500° gegenüber dem Ausgangszustand mit Ausnahme des Stahles Cr-Ni-Mo. Die Anlaßtemperatur lag bei diesem Stahl erheblich niedriger als bei den übrigen im Zeitstandversuch geprüften Stählen 570 bis 580° gegenüber 660 bis 700°; vgl. Zahlentafel 5, 6 und 10). Dementsprechend lassen sich bei der Gefügeuntersuchung dieses Stahles tatsächlich Anzeichen einer Karbidzusammenballung nach langer Glühdauer bei 500° erkennen, und zwar sowohl in der Behandlung 950°/Oel + 6 h 570°/Ofen als auch in der entsprechenden Luftvergütung (Bilder 46 und 47). Beim Zwischenstufengefüge ist sie offenbar nicht ganz so stark wie beim martensitischen Anlaßgefüge. Bei den auf höhere Temperaturen angelassenen Chrom-Molybdän-Vanadin-Stählen der Zahlentafel 11 hat dagegen entsprechend dem bei ihnen nicht nachweisbaren Härteabfall während der Glühdauer von 10 000 bis 32 000 h bei 500° auch keine nennenswerte Karbidzusammenballung stattgefunden⁶⁷⁾. Wenn auch infolge der Unterschiede in der Gefügeausbildung selbst eine sichere Feststellung erschwert war, so scheint in einigen Fällen doch die Zusammenballung beim Zwischenstufengefüge geringer zu sein als beim martensitischen Anlaßgefüge.

Für eine Erklärung des verschiedenen Dauerstandverhaltens der einzelnen Arten von Umwandlungsgefügen haben somit die Untersuchungen bisher nur wenige Hinweise geben können. Anhaltspunkte dafür, daß die Beständigkeit der Gefügeausbildung bei den einzelnen Umwandlungsarten eine Rolle spielt, geben die Versuche über die Temperaturabhängigkeit und die Langzeitversuche. Bei Abwesenheit von störenden sonstigen Einflüssen hat bei 600° das ferritisch-perlitische Gefüge offenbar infolge seiner höheren Gefügebeständigkeit das bessere Dauer-

Gefügeausbildung und Dauerstandfestigkeit nach DVM¹⁾.

Cr-Mo-V 6		Cr-Mo-V 10		Cr-Mo-V 11		Cr-Mo-V 11		Cr-Mo-V 12		Cr-Mo-V 12		Cr-Ni-Mo	
20 mm Ø		20 mm Ø		20 mm Ø		80 mm □		20 mm Ø		80 mm □		20 mm Ø	
4/5 7,8		8 10		6 8		6 4		7 10		7 10		6 10	
28 24,5		36,5 27,0		47 32,5		40 35		31 20		34 22		46 33	
Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %	Standzeit h	Blei- bende Deh- nung %
								37 392	3,6	31 776	1,0	31 680 29 664 B	6,8 12 B
35 036 33 948	0,6 0,4	16 984 17 016	0 0,2			34 456	0,4	35 568 20 808 B	1,8 23 B	31 152	3,0	16 200 B 13 224 B	5 B 2,6 B
12 192 B 6 094 B	6 B 3 B	20 796 20 796	0,6 1,4	37 588 26 496 B	1,6 2,4 B	32 808 31 248	1,2 4	21 000 B 5 136 B	6,6 B 24 B	29 104 B 13 846 B	6 B 9 B	6 096 B 2 840 B	4 B 1 B
3 864 B 1 752 B	5 B 13 B	16 656 B 6 816 B	2 B 23 B	27 912 B 9 288 B	2 B —	28 320 B 24 120 B	4 B 9 B	3 400 B 1 820 B	10 B 21 B	12 864 B 4 632 B	8 B 20 B	3 480 B 1 820 B	1 B 4 B
690 B 670 B	12,8 B 18 B	10 524 B 2 304 B	2 B 21,6 B	16 872 B	2 B	14 184 B 12 288 B	1,8 B 6,6 B	980 B	19 B	5 684 B	6 B	1 650 B 1 270 B	2 B 3 B
				9 754 B 1 820 B	1,6 B 13 B	9 408 B	0,6 B			1 800 B	14 B	960 B	2 B
231 bis 244 226 bis 234		263 bis 272 255 bis 255		257 bis 266 249 bis 260		272 bis 272 193 bis 195		244 bis 282 257 bis 272		249 bis 278 278 bis 298		239 bis 255 251 bis 278	
223 32 040 h 224 30 170 h		252 16 930 h 228 16 930 h		251 27 910 h 233 26 500 h		229 28 320 h 202 21 312 h		246 21 000 h 235 20 808 h		250 12 860 h 261 13 580 h		193 27 790 h 181 27 790 h	

behandlung von Stahl Cr-Mo 1 (ohne Al): 950°/Luft, 2 h 700°/Luft, von Cr-Mo 2 (mit Al) : 900°/Luft, 2 h 700°/Luft. —

standverhalten als die Vergütungsgefüge. Die Eigenart des betreffenden Umwandlungsgefüges scheint in gewissen Grenzen auch nach kurzzeitigem Anlassen auf nicht zu hohe Temperaturen oberhalb der Prüftemperatur erhalten zu bleiben. Die bei 400 bis 600° und auch im Langzeitversuch bei 500° vorhandene Ueberlegenheit des Zwischenstufengefüges gegenüber dem angelassenen Martensit scheint jedoch nicht auf der geringeren Beständigkeit des letzten zu beruhen, jedenfalls war eine merklich stärkere Karbidzusammenballung oder ein Unterschied im Härteabfall nach mehrjähriger Belastungsdauer bei 500° nicht mit Sicherheit festzustellen. Aussagen darüber, wie weit im einzelnen je nach der Entstehung der Gefügearten in den verschiedenen Umwandlungsstufen die Feinheit, Art und Verteilung der Karbide Unterschiede in der Karbidzusammenballung und bei sonstigen Diffusionsvorgängen bewirken, können also vorläufig noch nicht gemacht werden. Es ist jedoch nahe liegend, daß in den einzelnen Umwandlungsgefügen die Höhe der Gitterverspannungen



Bild 46. Ausgangszustand.

Bilder 46 und 47. Einfluß der Glühdauer im Zeitstandversuch bei 500° auf die Gefügeausbildung des Stahles Cr-Ni-Mo mit 0,12% C, 0,75% Cr, 0,83% Mo und 1,5% Ni im vergüteten Zustand (930° Oel + 6 h 570 bis 580° Ofen). (x 500; geätzt mit Pikrinsäure.)

durch die Vergütung, durch Sonderkarbide und andere Ausscheidungsvorgänge sowie die Anteile des in der Grundmasse und als Karbid vorhandenen Legierungselementes Unterschiede aufweisen. Ferner wird die Stärke der Gleitbehinderung an den Grenzen der einzelnen Gefügebestandteile eine Rolle spielen, die beim Zwischenstufengefüge stärker als beim martensitischen Anlaßgefüge oder beim globularen Ferrit sein könnte und für deren Abhängigkeit von der Feinausbildung des Gefüges selbst in der gleichen Umwandlungsstufe je nach Umwandlungstemperatur und Zusammensetzung Anzeichen vorhanden sind.

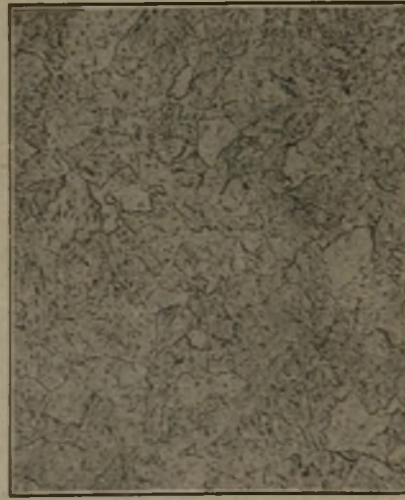


Bild 47. Nach 29 664 h Belastung bei 500°.

Zur Aufklärung der Umwandlungsvorgänge in den einzelnen Umwandlungsstufen sind zwar erfreuliche Ansätze vorhanden, die zur Hoffnung berechtigen, daß sie über den inneren Aufbau der verschiedenen Gefügearten bald mehr Aufschluß bringen werden⁷⁶⁾ ⁷⁷⁾. Es wäre jedoch verfrüht, auf Grund dieser noch im Fluß befindlichen Untersuchungen bereits zu weit gehende Schlußfolgerungen bei Erklärungsversuchen für das ver-

schiedene Dauerstandverhalten der einzelnen Umwandlungsgefüge zu ziehen.

Zusammenfassung

Kurz- und Langzeitversuche über den Einfluß der Ferrit- und ASTM-Korngröße auf die Dauerstandfestigkeit von Stählen in Abhängigkeit von der Herstellung und Wärmebehandlung ergaben, daß die Zunahme der Korngröße nicht die alleinige unmittelbare Ursache für die Verbesserung der Dauerstandfestigkeit sein kann. Vielmehr ist ihre Wirkung bei unlegiertem Stahl zum größten Teil auf eine mittelbare Beeinflussung von im einzelnen noch nicht geklärten Ausscheidungsvorgängen und bei legierten Vergütungsstählen zusätzlich auf eine Beeinflussung der Gefügeausbildung zurückzuführen, die ihrerseits für die Dauerstandfestigkeit die ausschlaggebende Rolle spielen.

Untersuchungen an verschiedenen legierten Versuchsstählen und technischen Vergütungsstählen über den Unterschied der Dauerstandfestigkeit der einzelnen Gefügearten, die infolge Veränderung der Abschreckgeschwindigkeit bei verschiedenen Umwandlungstemperaturen in der Ferrit-Perlit-Stufe, in der Zwischenstufe oder in der Martensitstufe entstehen, ergaben überraschenderweise, daß Zwischenstufengefüge auch nach Anlaßbehandlungen weit über der Versuchstemperatur in allen Fällen eine höhere Dauerstandfestigkeit bei 500° hat als martensitisches Anlaßgefüge trotz übereinstimmender oder höherer Vergütungsfestigkeit des letzten. Das weichere ferritisch-perlitische Gefüge hat im allgemeinen eine wesentlich geringere Dauerstandfestigkeit und ist bei 500° nur bei einigen wenig anlaßbeständigen Stählen dem martensitischen Anlaßgefüge überlegen.

Um die für die technischen dauerstandfesten Vergütungsstähle günstigste Gefügeart durch Umwandlung in der Zwischenstufe zu erzielen, ist es notwendig, Abschreckmittel und Vergütungsquerschnitt in geeigneter Weise auf die kritische Abkühlgeschwindigkeit

des Stahles je nach seiner Korngröße und Legierung abzustimmen oder eine Warmbadhärtung vorzunehmen.

Da mit steigendem Legierungsgehalt die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit gesenkt wird, tritt bei gleichen Wärmebehandlungsbedingungen ein Wechsel der Umwandlung von der Perlit- zur Zwischenstufe und zur Martensitstufe ein. In Legierungsreihen mit steigendem Chrom- und Molybdängehalt sowie einer Reihe von technischen Stählen sind daher bei einem bestimmten Legierungsgehalt Höchstwerte der Dauerstandfestigkeit zu beobachten, die dem vorwiegend durch Umwandlung in der Zwischenstufe entstandenen Gefüge entsprechen. Diese Höchstwerte verschieben sich mit steigender Abschreckgeschwindigkeit und zunehmendem Kohlenstoffgehalt zu tieferen Legierungsgehalten. Die bisher bekannten Gesetzmäßigkeiten über den Einfluß der einzelnen Legierungszusätze auf die Dauerstandfestigkeit erhalten daher erst eine vollständige Allgemeingültigkeit bei Berücksichtigung der sie oft überdeckenden starken Wirkung der Gefügeausbildung.

Hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit der Dauerstandfestigkeit der verschiedenen Gefügearten wurde festgestellt, daß sie von der Gefügebeständigkeit unter Dauerbelastung bei der Prüftemperatur mitbestimmt wird. Während bei den Verwendungstemperaturen der üblichen dauerstandfesten Vergütungsstähle von 350 bis 550° das Zwischenstufengefüge dem martensitischen Anlaßgefüge und dem weichen ferritisch-perlitischen Gefüge überlegen ist, hat um 600° oft schon das ferritisch-perlitische Gefüge höhere Gefügebeständigkeit und Dauerstandfestigkeit als Vergütungsgefüge. Diese Eigenart der verschiedenen Umwandlungsgefüge wird auch durch das übliche Anlassen auf nicht zu hohe Temperaturen oberhalb der Prüftemperatur nicht beeinträchtigt. Die Bedeutung der Ueberlegenheit des Zwischenstufengefüges gegenüber martensitischem Anlaßgefüge und ferritisch-perlitischem Gefüge konnte durch Langzeit-Dauerstandversuche und Zeitstandversuche bis zu 4 Jahren Dauer bei 500° erwiesen werden.

Umschau

Eisenschwamm-Gewinnung nach dem Wiberg-Verfahren

Die Beurteilung der Verfahren zur unmittelbaren Gewinnung von Stahl ist stark von den örtlichen Verhältnissen abhängig; dies trifft besonders für die Erzeugung von Eisenschwamm zu. Eine amerikanische Kommission hat sich gegen die Errichtung von Eisenschwammanlagen ausgesprochen, wobei vor allem auf ihre geringe spezifische Leistung, verglichen mit der des Hoch- und Stahlofens, hingewiesen wurde¹⁾. Im Gegensatz dazu setzt man sich in Schweden sehr für den Eisenschwamm ein, und kürzlich hat E. Améen auf der technischen Arbeitstagung des Jernkontors am 29. Mai 1943 ausführlich über das Wiberg-Verfahren²⁾ und die Wiberg-Anlage in Söderfors berichtet.

Das Wesen des Wiberg-Verfahrens ist durch Bild 1 gekennzeichnet. Der Ofen arbeitet im Gegenstrom; oben wird hochhaltiges Erz, unten auf 900 bis 1000° erhitztes Kohlenoxyd eingeführt. Das aufsteigende Gas reduziert das in den oberen Ofenteilen bereits vorbehandelte Erz zu Eisen, wobei 25 bis 30% CO₂ gebildet werden. Am Ende dieser Vorreduktion werden etwa drei Viertel des Gases in einen elektrisch beheizten Karburator abgezweigt, wo die Kohlensäure mit Kohle zu Kohlenoxyd reduziert wird. Das aufgefrischte und wieder auf 900 bis 1000° erhitzte Gas wird dem Ofen erneut zugeführt. Das im Ofen verbliebene Viertel reduziert beim weiteren Aufsteigen das Erz vor und wird dann mit Luft verbrannt, wodurch das Erz auf 900 bis 1000° vorgewärmt

wird. Die Luft wird im Ueberschuß zugeführt, wodurch eine gewisse Höchroxydation des Erzes, verbunden mit einer Schwefelabrostung, eintritt. Der Eisenschwamm verläßt nach Durchlaufen einer Kühlzone den Ofen in seinem untersten Teil; das oben austretende Gas ist wertlos, der Ofen mit dem Karburator arbeitet also „in sich“. Bild 2 kennzeichnet schematisch die Ofenvorgänge ohne Rücksicht auf die Vorwärmung des Erzes, Bild 3 stellt das Idealschaubild unter Einschluß dieser Vorwärmung dar, wobei folgende Annahmen gemacht sind: Das Erz wird dem Ofen als Sinter von 100° und der Zusammensetzung Fe₂O₃ zu-

Zahlentafel 1. Uebersicht über die erbauten Wiberg-Anlagen

Baujahr	Ort	Ungefähre tägl. Leistung in t Schwamm	Bemerkungen
1920	Woxna	0,5	Versuchsofen
1925	Sandviken	2	"
1930	Domnarfvet	2	"
1932	Söderfors	30 entspr. 10 000 t/Jahr	Betriebsofen, berechnete Leistung

¹⁾ Iron Coal Tr. Rev. 145 (1942) S. 765; Stahl u. Eisen 63 (1943) S. 259.

²⁾ Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 955/61 u. 1913/15; 52 (1932) S. 1245. — Engel, W. und N. Engel: Die Schmelzspiegelreaktion. Ein neuer Weg zur Stahlerstellung. Kopenhagen 1938. Vgl. Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 431.

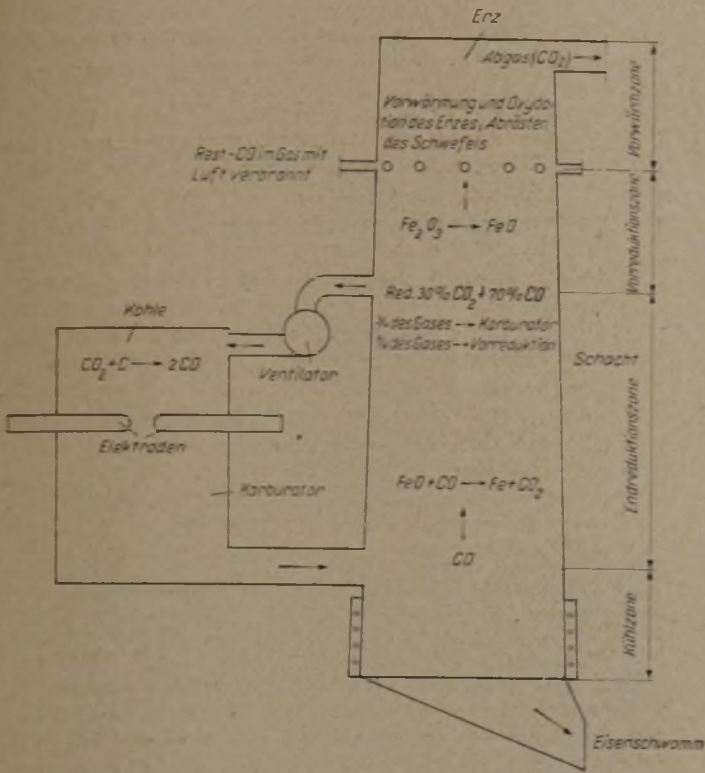


Bild 1. Schema des Wiberg-Verfahrens.

geführt, der Karburator wird mit reinem Kohlenstoff beschickt, Strahlungsverluste treten nicht auf, die Temperatur des in den Ofen eintretenden und des den Ofen zum Karburator hin verlassenden Gases ist 1000°, die des Gichtgases 100°. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich je Tonne Eisen ein Verbrauch von 675 kWh und 165 kg C.

Der Söderfors-Ofen hat mehrere Versuchsabschnitte erlebt (Zahlentafel 1). Seine heutige Form entspricht aber im wesentlichen noch der ursprünglichen, im Bild 4 dargestellten. Die Bauhöhe von Hüttenflur bis Oberkante Sinterbehälter beträgt 24 m, der lichte Schachtdurchmesser oben 0,8 m, unten 2,0 m. Das Gas wird durch einen Ringraum und weiter durch Öffnungen in den Ofen geführt, das Umlaufgas durch Öffnungen abgesaugt, die Verbrennungsluft durch Öffnungen eingeleitet, das Gichtgas durch einen

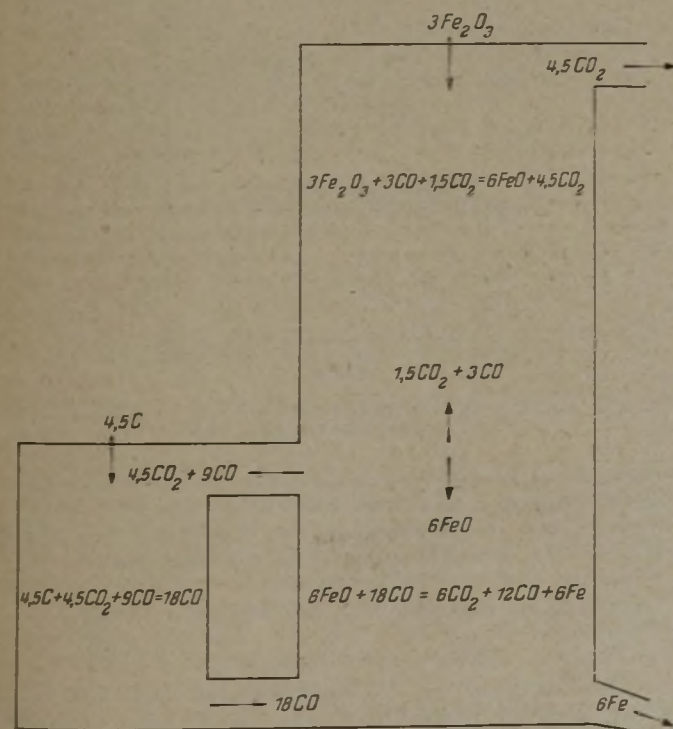


Bild 2. Schema der Ofenvorgänge.

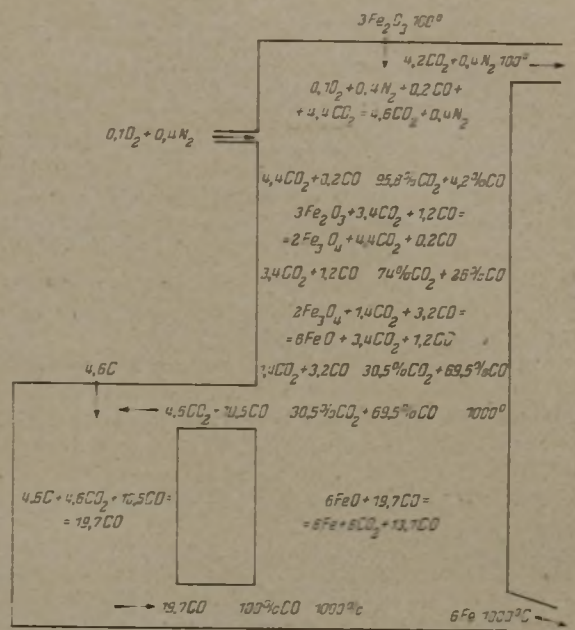


Bild 3. Idealschaubild des Wiberg-Verfahrens.

Schornstein entfernt. An das untere Ende des Schachtes schließt sich ein Kühlmantel und an diesen ein rotierender Tisch an, über den der Schwamm in einen Behälter abgeführt wird. Das mit einem Gebläse abgesaugte Gas gelangt in den mit den Elektrodenpaaren versehenen Karburator; für jedes aus 300-mm-Söderberg-Elektroden bestehende Paar ist ein zwischen 55 und 90 Volt in fünf Stufen regelbarer Einphasenumspanner vorgesehen. Die Kohle wird durch ein Rohr aus einem Behälter zugeführt.

Bild 5 kennzeichnet Temperatur und Druck in Abhängigkeit vom Arbeitsort. Das Gas verläßt bei A den Ofen mit 950° und muß vor Eintritt in den Ventilator auf 650° abgekühlt werden. Im Karburator wird es von 625 auf 1000° erhitzt und mit 975° in den Ofen eingeführt. Da die Endreduktion von Eisenoxid zu Eisen exotherm und der Wärmeverlust in dieser Zone nur unbedeutend ist, sinkt die Temperatur nur wenig; manchmal wurde sogar eine kleine Temperatursteigerung beobachtet. Der von A ab im Ofen aufsteigende Gasteil kühlt sich in der Vorreduktionszone auf etwa 850° ab. Die Verbrennung bringt die Temperatur wieder auf etwa 1000°; in der Vorwärmzone fällt sie auf wenig über 100°.

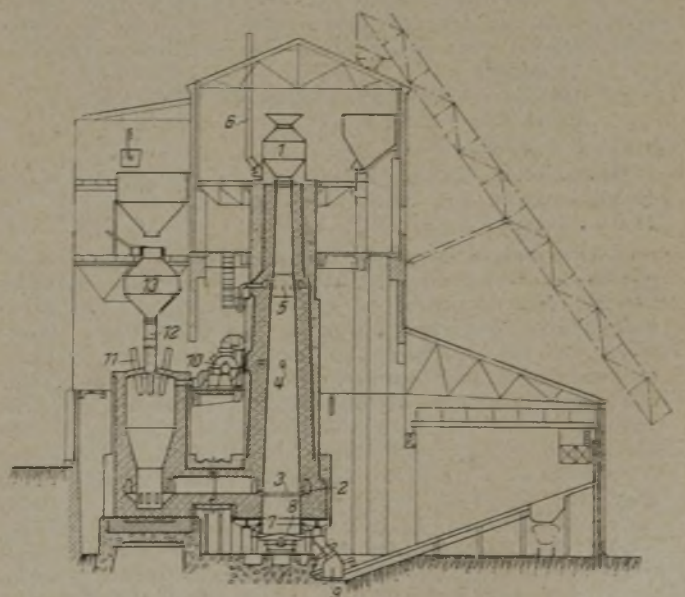


Bild 4. Söderfors-Ofen in der ursprünglichen Ausführung. 1 = Sinterbehälter, 2 = Gaszuführungsring, 3 = Gaseintrittsöffnungen, 4 = Gasabsaugöffnungen, 5 = Zutritt der Verbrennungsluft, 6 = Gichtgasabzug, 7 = Kühlmantel, 8 = Ausstragetisch, 9 = Behälter für Eisenschwamm, 10 = Gasabsauggebläse, 11 = Elektroden des Karburators, 12 = Zuführung der Kohle, 13 = Kohlenbehälter.

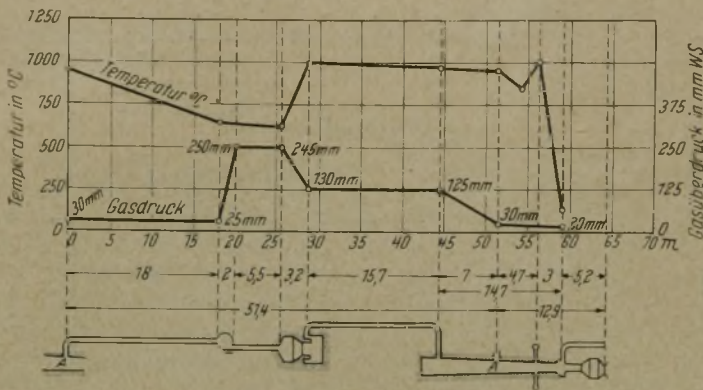


Bild 5. Temperatur und Gasdruck in Abhängigkeit vom Arbeitsort.

Die Veränderung der Gaszusammensetzung ergibt sich aus **Zahlentafel 2**.

Zahlentafel 2. Zusammensetzung der Ofengase

%	Bei Eintritt in den Ofen	Karburator	Vor der Verbrennung	Nach
CO	82,5	59,5	34,0	0,0
CO ₂	2,0	25,0	50,5	16,5
H ₂	13,0	8,5	7,5	0,0
H ₂ O	0,5	5,0	6,0	2,5
N ₂	2,0	2,0	2,0	68,0
O ₂	0,0	0,0	0,0	13,0
	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Zusammensetzung des den Ofen zum Karburator hin verlassenden Gases entspricht dem Gleichgewicht; die Reduktion im Karburator ist gut.

Der Energieaufwand je t Schwamm mit 73,54 % Fe, 0,58 % C und 84,5 % Reduktionsgrad bei einer Erzeugung von 22,5 t/24 h aus Sinter mit 59,52 % Fe und 86,7 % Oxydationsgrad stellt sich wie folgt:

	10 ³ kcal	%
0,01004 hl = 0,176 kg Holzkohle ¹⁾ mit		
15,4 % H ₂ O und 6641 kcal/kg	1167	62,4
3,05 kg Elektroden mit 8000 kcal/kg	24	1,3
750 kWh für den Karburator	645	34,5
16 kWh für das Gebläse	14	0,7
Wärmeinhalt des Sinters bei 70°	21	1,1
	1871	100,0

Diese Angaben beziehen sich auf eine Woche normalen Betrieb; nachstehend sind die Durchschnittswerte zusammengestellt, die sich nach dem letzten Umbau im November 1941 während einer Betriebsdauer von 18 Monaten ergaben:

Erzeugung	19,5 t/24 h
Energieverbrauch des Karburators	860 kWh/t
Holzkohlenverbrauch	10,8 hl/t
Elektrodenverbrauch	2,7 kg/t.

Der hierbei erzeugte Eisenschwamm enthielt bei einem Reduktionsgrad von 85 %: 77 % ges. Fe, 65 % met. Fe, 19 % Gangart, 0,5 bis 1,0 % C, 0,012 % P und 0,012 % S.

Durch äußere Umstände bewirkte Betriebsunterbrechungen haben den durchschnittlichen Energieverbrauch beträchtlich gesteigert; während eines von solchen Einflüssen freien halbjährigen Betriebes betrug er nur 805 kWh/t. **Bild 6** zeigt, wie mit zunehmendem Reduktionsgrad Energie- und Holzkohlenverbrauch oberhalb von etwa 85 % sehr viel schneller steigen als bis dahin, weshalb der Ofen auf ungefähr diesen Wert eingestellt wurde. Aus **Bild 7** geht hervor, wie Energie- und Holzkohlenverbrauch mit wachsender Leistung zunächst stark, dann schwächer fallen; eine über etwa 24 t/24 h betragende Leistung scheint nur noch einen unbedeutenden Einfluß auszuüben; bei dieser Leistung beträgt der Wirkungsgrad für den Energieverbrauch etwa 60 %, für den Holzkohlenverbrauch etwa 80 %. Die Leistung kann, da die Arbeitsweise eine weitere Erhöhung der Temperatur des in den Ofen eintretenden Gases nicht mehr zuläßt und dieses nur noch sehr wenig Kohlendioxyd enthält und eine Verbesserung der Zusammensetzung nicht mehr in Frage kommt, noch gesteigert werden durch eine Erhöhung der Reduzierbarkeit des Sinters und vor allem durch einen

¹⁾ 1 hl = 17,5 kg entspr. 14,5 kg Trockenkohle bei 87 % C.

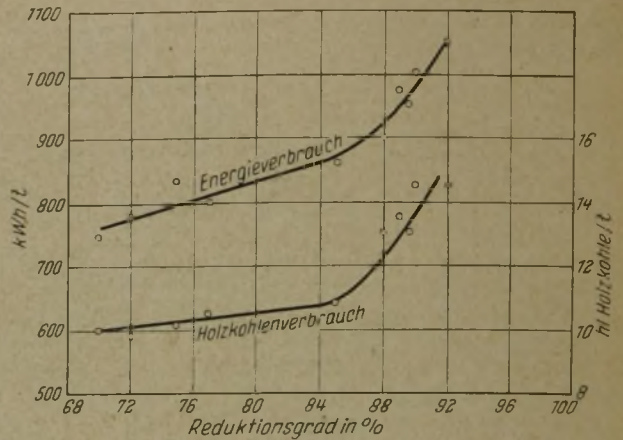


Bild 6. Energie- und Holzkohlenverbrauch in Abhängigkeit vom Reduktionsgrad.

schnelleren Gasumlauf. Die Gasgeschwindigkeit darf jedoch einen gewissen Wert nicht übersteigen, da sonst der Umfang der Reduktion in der Endreduktionszone zurückgeht und damit der Kohlensäuregehalt des den Ofen zum Karburator hin verlassenden Gases steigt. Nach Vornahme aller denkbaren Verbesserungen könnte die jährliche Leistung der Anlage in Söderfors vermutlich von augenblicklich ungefähr 7000 auf etwa 10 000 t entsprechend 27,5 t/24 h erhöht werden, wobei der Energieverbrauch nur noch wenig über 700 kWh/t liegen dürfte. Bei einer Neuanlage mit einer jährlichen Leistung von 20 000 t, die vor allem durch günstige Anordnung des Karburators zum Reduktionsofen und Verwendung hitzebeständiger Werkstoffe für das Absaugegebläse und Verminderung der spezifischen Wärmeverluste einen höheren thermischen Wirkungsgrad hätte, wird bei 65 % metallischem Eisen im Schwamm und einem Reduktionsgrad von 85 % mit einem Energieverbrauch von nur wenig über 600 kWh/t gerechnet.

Schwamm mit einem Reduktionsgrad von 85 % läßt sich ohne weiteres im Lichtbogenofen mit 850 kWh/t schmelzen und vollständig ausreduzieren, während bei niedrigerem

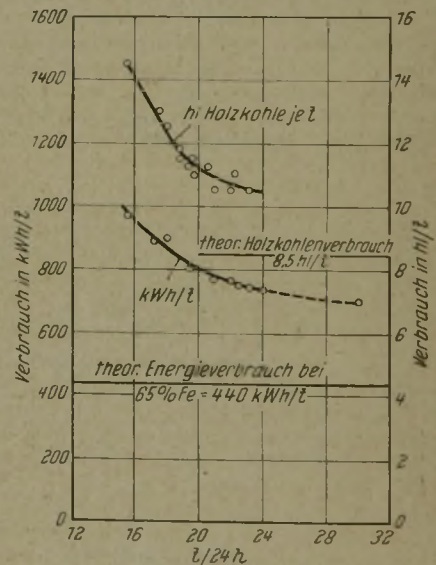


Bild 7. Energie- und Holzkohlenverbrauch in Abhängigkeit von der Leistung.

Reduktionsgrad Schwierigkeiten auftreten. Bei einem durch das Einschmelzen bewirkten Eisenverlust von 4 % kostet 1 t Stahl unter Zugrundelegung der Verhältnisse von Söderfors und der Annahme eines Ofens mit einer jährlichen Leistung von 20 000 t bei Verwendung von

Holzkohle zur Erzeugung von Schwamm rd.	112 Kr
Holz	105 "
Koks	98 "

Die Erzeugung von 1 t Holzkohlenroheisen kostet unter entsprechenden Verhältnissen etwa 104 Kr, also — in großen Zügen betrachtet — etwa soviel wie 1 t aus Schwamm gewonnener Stahl.

In *Zahlentafel 3* sind die Erzeugungskosten für Schwamm und Roheisen zusammengestellt.

Zahlentafel 3. Erzeugungskosten von Roheisen und Eisenschwamm.

Erzeugungskosten je Tonne					
Eisenschwamm unter Verwendung von			Roheisen hergestellt im		
Holz- kohle Kr	Holz Kr	Koks Kr	Holzkohlen- hochofen 10 000 t/Jahr Kr	Elektro- metallofen 15 000 t/Jahr Kr	Tysland- Hole-Ofen 30 000 t/Jahr Kr
79,45	72,70	65,80	104,05	103,20	86,10

In diesen sind folgende Einzelposten enthalten: Schlich 15 Kr/t, Holzkohle 1,3 Kr/hl, Koks 30 Kr/t, Koksgrieß 20 Kr/t, Holz 7 Kr/m³, Söderberg-Elektroden 350 Kr/t.

Elektrische Energie:

zum Karburieren und Schmelzen 1,0 Öre/kWh
für Motoren und Beleuchtung 2,5 Öre/kWh.

Die Gutschrift für Gas beträgt beim Holzkohlenhochofen 3, beim Elektrometall- und beim Tysland-Hole-Ofen 4 Kr/t.

Schweden hat praktisch keine Steinkohlevorkommen; der Brennstoff für die Verhüttung besteht, abgesehen von unbedeutenden Mengen einheimischer Kohle von Höganäs, aus eingeführtem Koks und Holzkohle aus einheimischem Holz. Wenn der Waldbestand auch gewaltig ist, so vermag er den Ansprüchen, besonders unter den Kriegsverhältnissen, kaum zu genügen, und der Preis für Holzkohle ist deshalb auch sehr hoch. Er lag im Frieden schon über 60 Kr/t und beträgt jetzt etwa 1,30 Kr/hl oder rd. 80 Kr/t. Wenn bei der Eisengewinnung Brennstoff eingespart werden kann, so ist das deshalb für Schweden von großem Wert, und dieser Umstand ist bei der Beurteilung des Wiberg-Verfahrens wie allgemein der Arbeitsweisen zur unmittelbaren Stahlgewinnung von besonderer Bedeutung. Aus nachstehender Zusammenstellung ergibt sich der große Holzverbrauch der schwedischen Eisenhüttenindustrie im Jahre 1939:

	Erzeugung in t/Jahr	Verbrauch an Holz- kohle in Mill. m ³ /Jahr	kWh/Jahr
Holzkohlenroheisen	303 530	1,54	120 Mill.
Elektorroheisen	48 689	0,14	
	352 219	1,68	120 Mill.

Die Wiberg-Anlage in Söderfors ist das Ergebnis einer fast 25jährigen Entwicklungsarbeit. Die Erfahrungen der letzten zwei Jahre zeigen, daß es nunmehr gelungen ist, den Gedanken von Wiberg auf den Betrieb zu übertragen. Das Verfahren arbeitet als ein in sich geschlossenes Ganzes, der aufgewendete Brennstoff wird vollständig ausgenutzt, was besonders für ein kohlenarmes Land wie Schweden wichtig ist. Sowohl im Wiberg- als auch im Elektroverhüttungssofen wird die Kohle im wesentlichen nur zur Reduktion verwendet; weil sie jedoch bei der elektrischen Verhüttung in der Hauptsache nur zu Kohlenoxyd verbrannt wird, wird bei dieser rund die doppelte Menge benötigt, wegen der stärkeren Aufkohlung bei Roheisen etwas mehr als das Doppelte.

Die Frage der Wirtschaftlichkeit des Wiberg-Verfahrens ist natürlich stark ortsabhängig. In Schweden sind die Bedingungen günstig, besonders weil das Land mit seinem Brennstoff sparsam umgehen muß und dieser teuer ist, während die elektrische Energie einen nationalen Reichtum darstellt. Wenn auch in anderen Ländern die Voraussetzungen nicht so günstig sind, erscheint eine Anwendung des Wiberg-Verfahrens doch nicht von vornherein ausgeschlossen, besonders wenn mit ihm das Ziel angestrebt wird, hochwertigen durch minderwertigen Brennstoff zu ersetzen, wobei der tatsächliche Brennstoffverbrauch nicht die ausschlaggebende Rolle spielt wie in Schweden. In manchen Fällen wird es sogar vielleicht erwünscht sein, mit einem hohen Verbrauch an minderwertigem Brennstoff zu arbeiten, wenn dabei ein hochwertiges Gas anfällt. Natürlich würde ein solches Arbeiten gewisse Aenderungen gegenüber der jetzigen Arbeitsweise mit sich bringen.

Abgesehen von solchen Möglichkeiten ist abschließend sachlich festzustellen, daß das Wiberg-Verfahren nunmehr in der Reihe der Eisengewinnungsverfahren steht. Die geleistete Arbeit verdient hohe Anerkennung; sie hat die Aufgabe der „Eisenschwamm-Erzeugung“ und damit der „direkten Stahlgewinnung“ um ein gutes Stück vorwärts gebracht.

Robert Durrer.

Die Anwendung der Diffusionsgesetze für das Aufkohlen von Stählen

Das Aufkohlen des Stahles ist ein Diffusionsvorgang, bei dem Kohlenstoff von der Oberfläche aus in den Stahl eindringt. Die nach dem Aufkohlen im Stahl vorhandene Kohlenstoffverteilung wird durch die Kohlungskurve dargestellt und steht in gesetzmäßiger Abhängigkeit zu den bei der Aufkohlung vorliegenden Verhältnissen, von denen vor allem die Diffusionseigenschaften des Stahles, die Kohlungeigenschaften des Kohlungsmittels sowie die Temperatur und Dauer der Aufkohlung in Frage kommen. Die Betriebserfahrungen lassen immer wieder erkennen, daß sich Stähle verschieden verhalten können, auch wenn sie von praktisch gleicher Zusammensetzung sind und unter gleichartigen Bedingungen aufgekühlt werden.

Die theoretische Grundlage für die Aufkohlung sind demnach die Diffusionsgesetze. Diese sind seit langem bekannt und waren immer wieder Gegenstand vielfacher wissenschaftlicher Untersuchungen. Als Unterlage der technischen Aufkohlung der Stähle wurden sie jedoch bisher noch nicht verwendet. In einem bemerkenswerten Bericht hat nun A. Slattenschek¹⁾ gezeigt, wie die Aufkohlung der Stähle auf der Grundlage der Diffusionsgesetze durchgeführt werden kann und welche technischen und wirtschaftlichen Vorteile damit verbunden sind.

Für die räumliche Diffusion gilt ganz allgemein

$$\frac{\partial D}{\partial Z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

wobei C der Gehalt an diffundierendem Stoff an der Stelle x, y, z zur Zeit Z bedeutet. D ist der Diffusionsbeiwert, von dem angenommen wird, daß er von der Konzentration unabhängig und an jeder Stelle des Stahles gleich groß ist. Erfolgt die Diffusion nur in einer Richtung, sind also die Querschnitte, durch die die Diffusion fortschreitet, gleich groß, so geht die Gleichung (1) über in

$$\frac{\partial C}{\partial Z} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2)$$

Dies ist das sogenannte zweite Gesetz von A. Fick²⁾, und x bezeichnet die Eindringtiefe. Der Form nach gelten die gleichen Beziehungen wie für die Diffusion auch für die Wärmeleitung und Temperaturverteilung in festen Stoffen sowie für die elektrische Aufladung eines induktionsfreien Kabels.

Bei zylindrischen Begrenzungsflächen, wie sie bei der Aufkohlung in der Regel vorliegen, geht die Diffusion zwar in radialer Richtung vor sich³⁾. Im Vergleich zum Durchmesser des Werkstückes ist aber die Dicke der Kohlenschicht derart klein, daß von der Krümmung der Oberfläche abgesehen und die Diffusion als eine einachsige betrachtet werden kann. Die hierfür gültige Gleichung (2) wird als Differentialgleichung zweiter Ordnung von zahlreichen verschiedenen Funktionen befriedigt. Eine bestimmte Lösung läßt sich erst durch Berücksichtigung der physikalischen Grenzbedingungen ermitteln.

Soweit angenommen werden kann, daß während der Aufkohlung der Kohlenstoffgehalt C_0 an der Oberfläche ($x=0$) gleichbleibt, gilt die Lösung

$$(C - C_K) / (C_0 - C_K) = 1 - \Phi(x/2\sqrt{DZ}) \quad (3)$$

Hierbei ist C_K der Kohlenstoffgehalt des Kernwerkstoffes und Φ das Gaußsche Fehlerintegral, für das es Tafeln gibt, aus denen man den Wert dieser Funktion in Abhängigkeit von der Größe $x/2\sqrt{DZ}$ entnehmen kann. $C - C_K$ ist die Konzentrationszunahme (Aufkohlung) an einer beliebigen Stelle, $C_0 - C_K$ die Aufkohlung an der Oberfläche des Werkstückes und $C_A = 2C_0 - C_K$ eine Größe, die als „Ausgangskonzentration“ des Kohlungsmittels bezeichnet ist und die Rolle der vor der Diffusion vorhandenen Konzentration des Kohlungsmittels spielt (Bild 1). Aus der Gleichung (3) ergibt sich vor allem, daß es für den Diffusionsvorgang nicht auf den Diffusionsbeiwert D an sich, sondern auf das Produkt DZ ankommt und daher unter sonst gleichen Umständen eine Verringerung des Diffusionsbeiwertes D durch eine entsprechende Verlängerung der Diffusionsdauer Z ausgeglichen werden kann.

¹⁾ Härterei-Techn. Mitt. 1 (1942) S. 85/135.

²⁾ Ueber Diffusion. Poggendorfs Ann. 94 (1855) S. 59/86.

³⁾ Runge, I.: Z. anorg. Chem. 115 (1921) S. 293/311.

Bei der Auswertung von Diffusionsversuchen geht man immer von der auf irgendeine Weise ermittelten Kohlengkurve aus. Bei der Aufkohlung von Stählen unter technischen Bedingungen ist der Konzentrationsverlauf in der Nähe der Werkstückoberfläche meist gestört, so daß die während des Diffusionsvorganges als unverändert angenommene Oberflächenkonzentration C_0 und die daraus abgeleitete „Ausgangskonzentration“ des Kohlengmittels $C_A = 2C_0 - C_k$, wenn überhaupt, so doch nur sehr ungenau ermittelt werden können. Slattenschek betrachtet daher die Ausgangskonzentration C_A des Kohlengmittels ebenso als unbekannt wie den Diffusionsbeiwert D des Werkstoffes und bestimmt beide Größen aus zwei beliebigen Punkten der Konzentrations-

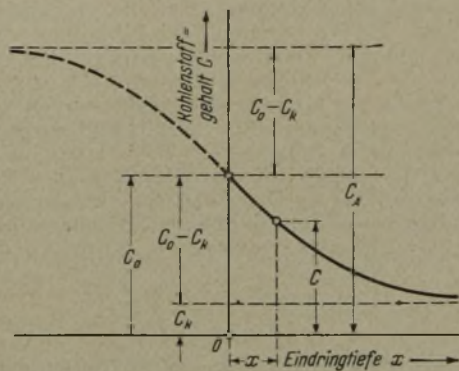


Bild 1. Zusammenhang zwischen Kohlenstoffgehalt und Eindringtiefe nach der Kohlengkurve.

kurve. Unter den gemachten Voraussetzungen ist die Konzentrationskurve durch zwei ihrer Punkte eindeutig bestimmt, und aus diesen zwei Punkten lassen sich auch die Kennwerte des Werkstoffes und des Kohlengmittels feststellen. Die erforderlichen Berechnungen können in der einfachsten Weise und rein mechanisch mit einem eigens für diesen Zweck entwickelten Rechenschieber⁴⁾ durchgeführt werden.

Bei eindeutiger Kennzeichnung der Kohlengkurve einer Einsatzschicht sowie bei Kenntnis des Kernkohlenstoffgehaltes C_k und des Diffusionsbeiwertes D ist sowohl die erforderliche Ausgangskonzentration C_A des Kohlengmittels als auch die Kohlungsdauer Z rechnerisch bestimmbar. Kurventafeln und Rechenschieber vereinfachen diese Rechnung zu einer rein mechanischen Arbeit.

Die Abhängigkeit des Diffusionsbeiwertes D von der Temperatur T (in Kelvingraden, d. h. vom absoluten Nullpunkt gerechnet) ist durch die Gleichung

$$D = A \cdot e^{-B/T} \tag{4}$$

bzw. $B/T = \log(A/D) \tag{5}$

dargestellt. A und B sind temperaturunabhängige Werkstoffkonstanten, die bei bekanntem D mit Hilfe der Gleichung (5) aus zwei bei verschiedenen Temperaturen durchgeführten Diffusionsversuchen ermittelt werden. Mit steigender Temperatur nimmt der Diffusionsbeiwert zu. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird demnach die erforderliche Aufkohlungszeit mit zunehmender Aufkohlungstemperatur kleiner.

Umfangreiche Aufkohlungsversuche mit Stählen verschiedenen Kohlenstoffgehaltes im Duferrit-C5-Salzbad haben gezeigt, daß die Kohlengkurve eines unter technischen Bedingungen aufgekohlten Stahles durch das unter den üblichen Voraussetzungen abgeleitete Diffusionsgesetz genügend genau beschrieben wird. Es ist demnach jede Kohlengkurve durch die Angabe zweier Parameter bestimmt, und umgekehrt kennzeichnet jede Kohlengkurve zwei Größen als Kennwerte des Diffusionsvorganges, der einerseits vom Stahl und andererseits vom Kohlengmittel abhängt.

Die maßgebende Kennzahl für das Diffusionsverhalten des Werkstoffes ist der Diffusionsbeiwert D . Die Versuchsergebnisse lassen vermuten, daß der Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Stahles auf den Diffusionsbeiwert D durch andere Einflüsse zumindest stark überdeckt

⁴⁾ DRP. angemeldet.

wird. Gleiche chemische Zusammensetzung bietet also noch keine Gewähr für gleiches Verhalten bei der Aufkohlung.

Der maßgebende Kennwert für die Kohlungswirkung des Kohlengmittels ist die „Ausgangskonzentration“ $C_A = 2C_0 - C_k$, die natürlich nicht mit dem chemisch bestimmbar Kohlenstoffgehalt des Kohlengmittels verwechselt werden darf. Beim Aufkohlen von Stählen verschiedener Art (also auch von verschiedenen ursprünglichen Kohlenstoffgehalt C_k) im gleichen Salzbad ergab sich bei gleicher Kohlungstemperatur praktisch die gleiche Ausgangskonzentration C_A . In der Ausgangskonzentration C_A sind alle vom Kohlengmittel ausgehenden Diffusionseinflüsse zusammengefaßt, obwohl sie im einzelnen nicht bekannt sind. Daher sollten die Kohlengmittel nach ihrer Ausgangskonzentration C_A bewertet werden, damit die üblichen unklaren Kennzeichnungen, wie milde und scharf wirkend, endlich einmal verschwinden. Es ist anzunehmen, daß die Ausgangskonzentration C_A ebenso temperaturabhängig ist wie der Diffusionsbeiwert D , wenn auch nicht in so starkem Maße.

Diese Aussagen gelten vorläufig nur für die Aufkohlung im Duferrit-C5-Bad. Untersuchungen zur Verallgemeinerung dieser Erkenntnisse auf andere Kohlengmittel und Diffusionserscheinungen sind im Gange.

Fehlschläge in der Aufkohlung können ebensogut im Kohlengmittel wie im Stahl begründet sein. Ein Werkstoff, der sich bei gleichartiger Aufkohlung gegenüber einem anderen verschieden verhält, braucht deshalb in technischer Hinsicht durchaus nicht „schlechter“ zu sein, denn er liefert bei der ihm entsprechenden Behandlung in den meisten Fällen dasselbe Endergebnis.

Werden Stähle mit verschiedenem Kernkohlenstoffgehalt C_k , aber gleichem Diffusionsbeiwert D in einem Salzbad mit der Ausgangskonzentration C_A gleichzeitig und gleich lang aufgekühlt, so fallen die Kohlengkurven verschieden aus. Dem Werkstoff mit dem größeren Kernkohlenstoffgehalt C_k entspricht der größere Randkohlenstoffgehalt C_0 , was häufig übersehen wird. Das gleichzeitige Aufkohlen von Probelbolzen zur Bestimmung der Einsatztiefe der Werkstücke hat nur dann einen Sinn, wenn der Probelbolzenwerkstoff sowohl gleichen Kernkohlenstoffgehalt C_k als auch gleichen Diffusionsbeiwert D wie der Werkstoff des Aufkohlungsgutes hat. In allen anderen Fällen ist das Ergebnis des Aufkohlungsversuches mit dem Probelbolzen nicht maßgebend.

In der Praxis ist es üblich, die Einsatzschicht durch Angabe der sogenannten Einsatztiefe festzulegen. Die zusätzliche Angabe der Oberflächenhärte sagt über den Aufbau der gekohlten Zone nichts aus, da sie bei geeigneter Wärmebehandlung auch bei großen Schwankungen des Kohlenstoffgehaltes erreichbar ist. Gleichung (3) zeigt, daß zur eindeutigen Bestimmung einer Kohlengkurve die An-

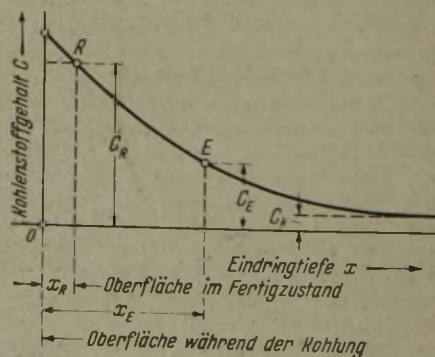


Bild 2. Eindeutige Kennzeichnung der Kohlengkurve einer Einsatzschicht.

gabe zweier ihrer Punkte notwendig und hinreichend ist. Durch die Einsatztiefe sind also der Verlauf der Kohlengkurve und der Randkohlenstoffgehalt C_0 nicht festgelegt. Die Angabe der Einsatztiefe ist also unzureichend, und dies um so mehr, als die Einsatztiefe meist nicht klar definiert erscheint und über ihre Bestimmung immer wieder Meinungsverschiedenheiten auftreten, da es keine scharfe Grenze zwischen der gekohlten Zone und dem

Kernwerkstoff gibt. Ueberdies hängt das Meßergebnis in starkem Maße von der Behandlung und Vorbereitung der Probe ab. Bei gleichen Kohlungskurven können verschiedene Meßverfahren zu einer verschiedenen Bewertung der Kohlungsergebnisse führen. Die derzeit üblichen Unterlagen für die Aufkohlung, in denen die Einsatztiefe (Kohlungstiefe) als Funktion der Aufkohlungszeit, der Kohlungstemperatur usw. erscheint, beschreiben einerseits die Einsatzschicht nicht eindeutig und berücksichtigen andererseits jeweils nur eine der für das Kohlungsergebnis maßgebenden Größen. Die Versuche zur Festlegung solcher Unterlagen sind sehr zeitraubend und kostspielig, weil trotz der großen Zahl von Einzelergebnissen der Geltungsbereich sehr eng begrenzt ist. Die Ursache liegt darin, daß der theoretische Leitgedanke für die Versuchsausführung fehlt.

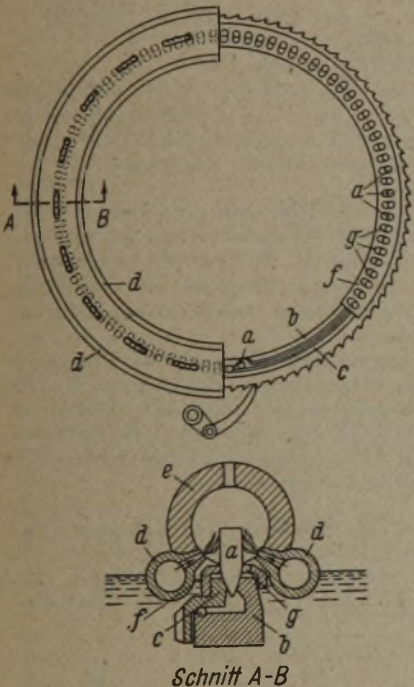
Unter Heranziehung der Diffusionsgesetze (Gleichung 3) legt man die Kohlungskurve durch die beiden Punkte *R* und *E* fest (Bild 2). Den einen Punkt *R* verlegt man zweckmäßigerweise in die Werkstückoberfläche im Fertigzustand, den anderen Punkt *E* in die Gegend der jetzigen Einsatztiefe, um den Anschluß an die bisherigen Erfahrungen herzustellen. Ist die Kohlungskurve der Einsatzschicht durch die zwei Wertpaare x_R, C_R und x_E, C festgelegt, so lassen sich mit dem Diffusionsrechenstabe die erforderliche Oberflächenkonzentration C_0 und das notwendige Produkt $D \cdot Z$ berechnen. Damit erhält man auch die Ausgangskonzentration $C_A = 2C_0 - C_R$ des Salzbad, das zur Aufkohlung verwendet werden muß.

Anton Wagner.

Patentbericht

Kl. 18 c, Gr. 5³⁰, Nr. 733 568, vom 6. Oktober 1940.
 Ausgegeben am 29. März 1943. Hahn & Kolb in Stuttgart (Erfinder: Carl Hummel in Stuttgart-Degerloch.) *Vorrichtung zum Anlassen länglicher Werkstücke an ihrem einen Ende.*

Die gehärteten Werkstücke *a* sollen an einem Ende gleichmäßig angelassen werden, ohne an anderen Ende an Härte einzubüßen. Sie werden deshalb an dem nicht anzulassenden Ende einerseits von der Anlagefläche des ortsfesten Ringes *b* und andererseits von der Anlagefläche des sich drehenden, zum ersten Ring konzentrisch angeordneten Ringes *c* gefaßt, durch die halbkreisförmige, mit Brennern *d* beheizte Hülse *e* hindurchgeführt und dabei infolge der Abwälzbewegung zwischen den Ringen *b, c* in Drehung um ihre Achse gehalten. Der die beiden Ringe *b, c* abdeckende Ring *f* ist mit Schlitten *g* versehen, die die einzelnen Werkstücke als Käfig aufnehmen. Die Ringe *b, c* sowie das untere Ende des Werkstückes *a* laufen ständig in einer Kühlflüssigkeit.

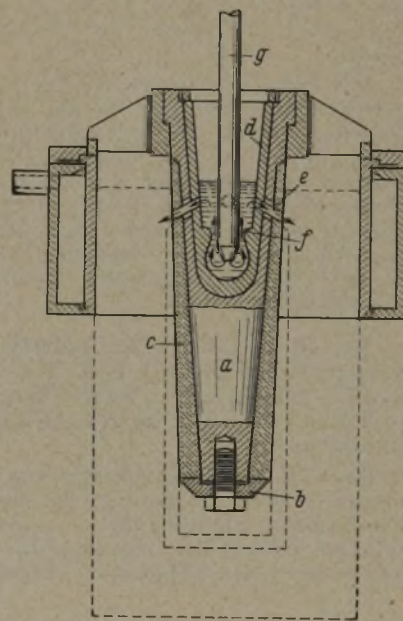


Schnitt A-B

beiden Seiten an die erwärmten Schienenenden heranbewegt werden, untergebracht. Die aus den Öffnungen *c* austretende Kühlflüssigkeit wird durch Leitflächen an den Schlittenköpfen bzw. durch vom Schlitten unabhängige, federnde Klappen *d* an den zu härtenden Schienenflächen *e-f* und *g-h* entlang geführt, wobei die der Härtung nicht zu unterwerfenden Flächen, insbesondere die Schienenstegflächen, durch federnde Platten *i* abgeschirmt werden.

Kl. 31 c, Gr. 21, Nr. 733 705, vom 3. September 1941.
 Ausgegeben am 1. April 1943. Wieland-Werke AG in Ulm, Donau. (Erfinder: Andreas Wall in Vöhringen, Schwaben.) *Dorn zum stetigen Gießen von metallischen Hohlblöcken.*

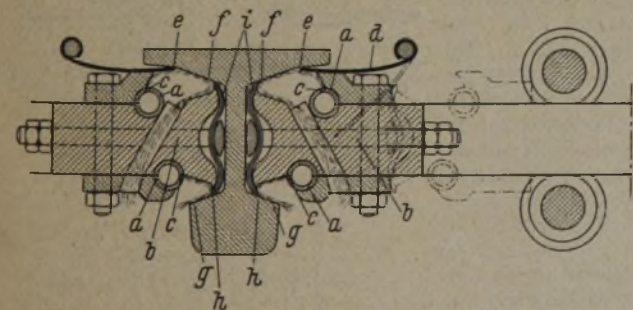
Der zum Stranggießen hohler Metallblöcke dienende, in die gekühlte Form einzuhängende Dorn besteht aus einem konischen Eisenkern *a* und einem mit der Platte *b* gehaltenen Mantel *c* aus keramischer Masse oder graphitierter Kohle. In den Eisenkern ist ein tiegelähnliches Gefäß *d* eingesetzt, das unterhalb der Metallaustrittsöffnungen *e* eine Verengung *f* besitzt. Das flüssige Metall wird durch das Rohr *g* zugeleitet.



Kl. 18 c, Gr. 11²⁰, Nr. 733 854, vom 8. Juli 1941.
 Ausgegeben am 3. April 1943. Dipl.-Ing. Otto Michaelis Glüh- und Härtetechnik in Düsseldorf. (Erfinder: Franz Pechart in Düsseldorf.) *Beschickungsvorrichtung für Glühöfen.*

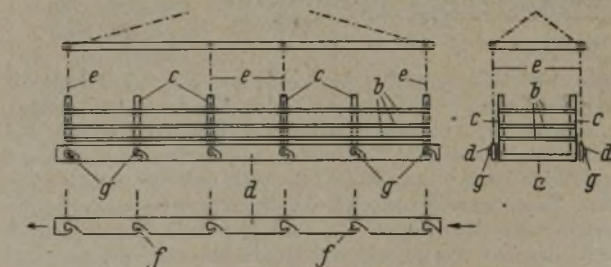
Das Glühgut ist auf Horden untergebracht, die aus dem Boden *a*, den Zwischenböden *b* und den Abstützungen *c* be-

Kl. 18 c, Gr. 2²³, Nr. 733 779, vom 23. Mai 1937.
 Französische Priorität vom 16. Juli 1936. Ausgegeben am 2. April 1943. Les Petits Fils de François de Wendel & Cie. in Paris. (Erfinder: Ferdinand Daussy in Knutange-Acieries [Kneutungen-Hütte] und Anastase



Gabriel Moinet in Hayange [Hayingen], Lothringen.) *Vorrichtung zum Härten der Laschenanschlußflächen von Eisenbahnschienen.*

Die das Kühlmittel zuführenden Rohre *a* sind in senkrecht zur Schienenachse verschiebbaren Schlitten *b*, die von



stehen, während das lediglich zum Ein- und Ausfahren aus dem Ofen dienende Traggestell aus Selbstgreiferschienen *d* besteht, die an Ketten *e* aufgehängt und mit mäanderförmigen Aussparungen *f* versehen sind, die beim Aufsetzen auf die am Hordenboden befestigten Zapfen *g* diese unter

geringer seitlicher Verschiebung der Schienen umgreifen, so daß die Horden nunmehr angehoben, fortbewegt und an beliebigem Ort abgesetzt werden können. Durch geringe seitliche Verschiebung und gleichzeitiges Anheben geben die Schienen die Zapfen wieder frei, so daß die Tragvorrichtung entfernt werden kann.

Kl. 40 d, Gr. 1⁰⁰, Nr. 733 864, vom 11. Juni 1937. Ausgegeben am 3. April 1943. Joseph Johann Gutbrod in Berlin-Zehlendorf, Dipl.-Kaufmann Bernhard Heineremann in Berlin-Steglitz und Deutsche Edelstahlwerke AG. in Krefeld. (Erfinder: Joseph Johann Gutbrod in Berlin-Zehlendorf und Dipl.-Kaufmann Bernhard Heineremann in Berlin-Steglitz.) *Verfahren zum Herstellen von Verbundkörpern aus hoch- und niedrigerschmelzenden Metallen.*

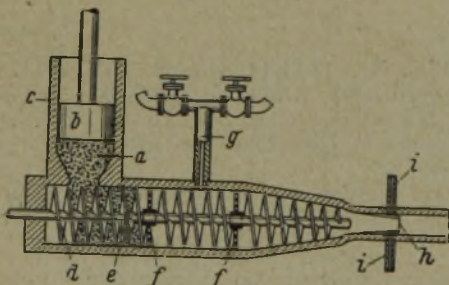
Zur Herstellung von Verbundkörpern, die für Kontakte, Elektroden od. dgl. gebraucht werden und die einerseits aus hochschmelzenden Metallen, wie Wolfram und Molybdän, andererseits aus niedrigerschmelzenden Metallen, wie Kupfer, Silber, Blei usw., bestehen, wird das gepulverte, hochschmelzende Metall in Gegenwart von Edelgasen, z. B. in Mischung mit 1 bis 15 % Monazitsand, unter Schutzgas bei etwa 900 bis 1400° gegliht, wodurch das Metall in Kristallform übergeführt wird. Die innerhalb der Form und unter Aufschmelzen erfolgende Zugabe des niedrigerschmelzenden Metalls kann anschließend oder im gleichen Arbeitsgang mit der Glühbehandlung stattfinden.

Kl. 80 b, Gr. 18⁰³, Nr. 733 901, vom 8. Juni 1935. Ausgegeben am 5. April 1943. Dynamidon-Werk Engelhorn & Co. G. m. b. H. in Mannheim-Waldhof. *Verfahren zur Herstellung von feuerfesten Steinen.*

Die Zerstörung feuerfester Steine von Zementöfen, metallurgischen Öfen usw. beruht auf der durch das Vorhandensein feiner Poren hervorgerufenen Kapillarwirkung, die ein Eindringen von Schlacken od. dgl. und damit ein Abspringen von Steinteilen zur Folge hat. Erfindungsgemäß werden die Steine aus hochfeuerfesten, in hochgradig gesinterter oder geschmolzener Form vorliegenden Oxyden oder Oxydgemischen — wie Magnesia, Kalk, Tonerde, Chromerz — unter Einarbeitung grober Poren mit mindestens 30 % Raumanteil hergestellt.

Kl. 40 b, Gr. 2, Nr. 734 049, vom 3. Juni 1940. Ausgegeben am 7. April 1943. Fried. Krupp AG. in Essen. (Erfinder: Dr. Walther Dawihl in Kohlhasenbrück bei Berlin.) *Verfahren zur Herstellung von sinterungsfähigen Formkörpern.*

Das z. B. aus Wolframkarbid und Kobalt bestehende angefeuchtete Pulver *a* wird in den mit dem Druckstempel *b* abgedichteten Einfülltrichter *c* gegeben und durch die Schnecke *d* durch das Gehäuse *e* der Strangpresse befördert. Der zwischen den Siebplatten *f* liegende Raum ist über das



Rohrstück *g* unter Zwischen-schaltung von Absperrventilen an eine Vakuumquelle und an einen Druckraum angeschlossen, um nach Stillsetzen der Schnecke das zwischen den Siebplatten befindliche Gemisch zunächst zu entlüften und anschließend zwecks Verdichtung unter Luft- oder Gasdruck zu setzen. Als dann wird die Schnecke wieder in Drehung versetzt, bis der Raum zwischen den Siebplatten mit neuer, abermals zu behandelnder Masse angefüllt ist, während die bereits behandelte Masse zum Mundstück der Strangpresse weiterbefördert wird. Am Mundstück ist eine federnde Manschette *h* befestigt, die zur Verteilung des durch die Anschlüsse *i* zugeführten Schmiermittels dient. Der austretende Strang wird in die gewünschten Stücke zerlegt, die dann in üblicher Weise gesintert werden.

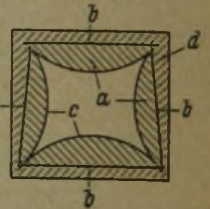
Kl. 18 d, Gr. 2⁰, Nr. 734 111, vom 21. Juli 1933. Ausgegeben am 9. April 1943. Fried. Krupp AG. in

Essen. *Durch Schmelzschweißung geschweißte Bauteile aller Art mit höherer Festigkeit als etwa 60 kg/mm² aus nicht härtbaren Stählen.*

Zur Herstellung geschweißter Bauteile, die bei höherer Festigkeit als etwa 60 kg/mm² Sicherheit gegen Bruch aufweisen müssen, ohne daß die Bauteile nach der Schweißung einer Glühung zu unterworfen sind, z. B. für Dampfkessel oder Flugzeuge, wird ein Stahl mit 2 bis 12 % Mn und nicht über 0,25 % C vorgeschlagen. Der Stahl kann zusätzlich 1 bis 15 % Ni, 2 bis 5 % Cr, 1 bis 5 % W, 1 bis 5 % Mo, 1 bis 2 % V, 1 bis 3 % Si, 1,5 bis 3 % Cu einzeln oder gemischt mit insgesamt nicht über 15 % Legierungsgehalt enthalten.

Kl. 7 b, Gr. 4¹⁰, Nr. 733 904, vom 29. August 1939. Ausgegeben am 5. April 1943. Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk in Osnabrück. (Erfinder: Karl Staubwasser in Osnabrück.) *Ziehwerkzeug, insbesondere für dünnwandige Profilveröhre.*

Der Kopf des Ziehornes, dessen Verwendung zwar nicht die Ungleichmäßigkeiten in der Wanddicke eines Profilverohres behebt, aber die durch Wandunterschiede beim Ziehen sich einstellenden schädlichen Folgen, wie Krummwerden beim Ziehen, beseitigen soll, besteht aus an der Dornstange befestigten Einzelstücken *a* mit den gewünschten Profilbegrenzungsflächen *b* und gekrümmten Lagerflächen *c*, die es den Einzelteilen ermöglichen, sich quer zur Ziehrichtung zu bewegen und sich dadurch den Ungleichmäßigkeiten in der Wanddicke, z. B. des Vierkantrohres *d*, anzupassen.



Kl. 18 b, Gr. 18, Nr. 734 120, vom 24. Januar 1937. Ausgegeben am 10. April 1943. Röchlingsche Eisen- und Stahlwerke G. m. b. H. in Völklingen, Saar. (Erfinder: Dr. Hermann Röchling in Völklingen, Saar.) *Verfahren zum Abscheiden von Silizium, Mangan, Vanadin u. dgl. aus Roheisen.*

Das dem Hochofen entnommene Roheisen wird in gleichmäßigem Strome durch eine Frischvorrichtung, z. B. eine Frischtrommel, hindurchgeleitet und dort mit kalter, angewärmter oder mit Sauerstoff angereicherter Luft verblasen, wobei die sich auf dem Roheisenbade bildende Schlacke im Gegenstrom zum Roheisen geführt wird.

Kl. 21 h, Gr. 20⁰³, Nr. 734 181, vom 22. Juni 1937. Ausgegeben am 9. April 1943. Norwegische Priorität vom 8. Juli 1936. Det norske Aktieselskab for Elektrokemisk Industri in Oslo. (Erfinder: Dr.-Ing. Mathias Övrom Sem in Sme-stad, Norwegen.) *Anordnung selbstbakterender Elektroden in elektrischen Öfen.*

Die im Rahmen *a* aufgehängte Metallform *b* für die Elektrode *c* hat eine aus Aluminiumblech bestehende Einlage *d*, die zu Beginn des Betriebes in der Form gleitet. Die mit den Kabelschienen *e* verbundenen Kontaktbolzen *f* ragen durch die in der Form angebrachten Längsschlitze *g* in die Elektrode hinein. Bild 2 zeigt bruchstückweise eine Abwicklung der Elektrodenform in Ansicht. Die Schlitze *h* dienen zur Entgasung, wobei das Gas durch den Gaskanal *i* in das Abzugsrohr *k* tritt und entweicht.

Bild 1

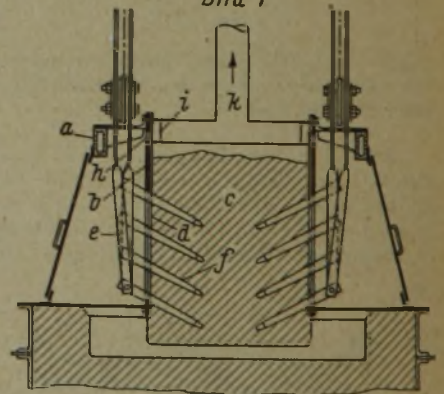
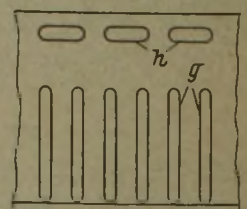


Bild 2



Wirtschaftliche Rundschau

Preisbildung für Elektro Stahl

Der Reichskommissar für die Preisbildung hat einen Erlaß an die Reichsvereinigung Eisen gerichtet. Danach wird im Einvernehmen mit dem Reichsminister für Bewaffnung und Munition angeordnet:

1. Vom 1. Januar 1944 ab darf der Preis für Roheisen, Rohstahl, Halbzeug und Walzstahl in allen Sorten und Qualitäten einschließlich Edelstahl nicht nach den Vorschriften der LSÖ. berechnet werden. Das gilt auch insoweit, als diese Erzeugnisse vom Hersteller selbst zu Fertigerzeugnissen verarbeitet werden, für die Preise nach den Vorschriften der LSÖ. Geltung haben. In diese Preisrechnung ist vom 1. April 1944 ab der nach Ziffer 3 festzusetzende Preis als Rechnungspreis einzusetzen.

2. Eine Preiserrechnung nach den Vorschriften der LSÖ. bleibt unzulässig a) bei Stählen, die in Gruppe 1 der dem Erlaß beigefügten Anlage zur Anweisung 5 der Reichsvereinigung Eisen vom 25. Juni 1943 (Lenkung der Elektrostaahl-erzeugung) als Stähle aufgeführt sind, die im Elektroofen erschmolzen werden dürfen, b) wenn die Reichsvereinigung Eisen im Einzelfalle in eine solche Preisberechnung einwilligt. Die Reichsvereinigung Eisen soll eine solche Einwilligung nur erteilen: a) bei Elektrostählen, die nicht zur Gruppe 1 der Anlage zur Anweisung 5 gehören, sofern ein Hüttenwerk eine besondere Auflage zur Herstellung solcher Stähle im Elektroofen erhält, solche Stähle bisher nach den Vorschriften der LSÖ. berechnet hat und ihm eine Preisberechnung auf Grund eines Preises gemäß der folgenden Ziffer 3 nicht zuzumuten ist; b) bei Siemens-Martin-Stahl: sofern es sich um Stähle handelt, bei denen eine Preisberechnung nach den Vorschriften der LSÖ. zur Ueberführung der Herstellung vom Elektroofen auf den Siemens-Martin-Ofen dienlich ist.

3. Soweit der Preis nach den Bestimmungen der Ziffern 1 und 2 nicht nach den Vorschriften der LSÖ. gebildet werden darf, hat der Hersteller, wenn einheitliche Preise noch nicht bestehen, beim Preiskommissar durch die Hand der Reichsvereinigung Eisen die Festsetzung des neuen Preises zu beantragen. Das gilt auch für Sorten und Qualitäten, die bisher noch nicht hergestellt worden sind. Die Reichsvereinigung Eisen hat dem Preiskommissar für Stähle dieser Art, die jetzt bereits hergestellt werden, ihre Vorschläge mindestens bis zum 1. Dezember 1943 vorzulegen.

Spaniens Roheisen- und Rohstahlerzeugung im ersten Halbjahr 1943

	Roheisenerzeugung		Rohstahlerzeugung	
	1943 t	1942 t	1943 t	1942 t
Januar . . .	44 632	43 843	52 908	55 764
Februar . . .	40 034	36 498	45 899	44 217
März	46 340	45 422	59 125	54 520
1. Vierteljahr	131 006	125 763	157 932	154 501
April	43 361	44 476	57 447	53 296
Mai	43 227	47 313	60 436	57 872
Juni	48 502	46 654	58 255	54 057
2. Vierteljahr	135 090	138 443	176 138	165 225
1. Halbjahr .	266 096	264 206	334 070	319 726

Die spanische Roheisenerzeugung lag im Monat Juni 1943 wieder über dem Monatsdurchschnitt des Vorjahres (44 010 t), blieb allerdings noch immer unter den Durchschnittszahlen des Jahres 1940, die bereits 52 160 t erreicht hatte.

Die Rohstahlerzeugung ihrerseits, die im Mai mit 60 436 t einen verhältnismäßig hohen Stand erreicht hatte, betrug im Juni nur 58 255 t. Der Monatsdurchschnitt von 1942 betrug jedoch nur 53 146 t, so daß auch das Juniergebnis als recht gut angesehen werden kann. Nach den kürzlich erlassenen Vorschriften über die straffere Erfassung von Schrott hofft man in Spanien, in den kommenden Monaten die hohe Erzeugung weiter zu steigern, da der Bedarf des Landes wesentlich höher liegt.

Für die Provinz Biskaya, das wichtigste Zentrum der spanischen Eisenhüttenindustrie, ergibt sich eine ähnliche Entwicklung. Hier erreichte die Roheisenerzeugung im Juni 26 501 t gegenüber 24 491 t im Monat Mai und

27 320 t im April 1943 sowie die Rohstahlerzeugung 31 368 t gegenüber 32 829 t im Mai und 34 256 t im April 1943. Im Juni stieg die Eisenerzförderung in der Provinz Biskaya auf 69 395 t, was gegenüber dem Vormonat wieder eine leichte Zunahme von 10 000 t bedeutet. Doch auch diese Zahl muß im Vergleich zu den früheren Förderungsergebnissen noch immer als außerordentlich niedrig angesehen werden, so daß der krisenhafte Zustand des Eisenerzbergbaues noch nicht als behoben angesehen werden kann. Im ersten Halbjahr 1943 wurden im Vergleich zum Vorjahre in der Provinz Biskaya an Eisenerzen gefördert:

	1943 t	1942 t
Januar	56 797	48 382
Februar	60 861	46 699
März	66 775	64 933
April	57 535	65 352
Mai	59 252	70 907
Juni	69 395	79 124
1. Halbjahr . . .	370 615	375 397

Verzögerung im Aufbau des brasilianischen Stahlwerkes

Wie wir erst kürzlich berichteten¹⁾, sah der Ausbauplan des neuen brasilianischen Stahlwerkes in Volta Redonda die Inbetriebnahme der Anlagen für das Jahresende 1943 vor, wobei die Anfangserzeugung rund 300 000 t Eisen und Stahl betragen sollte. Gegenwärtig sind bei den Bauarbeiten über 8000 Mann eingesetzt, worunter sich eine große Anzahl amerikanischer Vorarbeiter und Ingenieure befindet. Eine zur Abfuhr der hergestellten Erzeugnisse erforderliche Verbindungsbahn in einer Länge von 50 km wird schon in Kürze vollendet sein. Ebenso ist eine größere Werksiedlung für 15 000 Personen im Bau begriffen. Dagegen liegt die Fertigstellungszeit der eigentlichen Werksanlagen bereits jetzt beträchtlich hinter den ursprünglichen Ansätzen zurück. Von brasilianischer Seite werden hierfür vor allem die Verzögerungen bei der Anlieferung der in den Vereinigten Staaten bestellten Maschinen und sonstigen Werksausrüstungen verantwortlich gemacht. Obwohl von der Ein- und Ausfuhrbank in Washington, die den Aufbau der neuen Anlagen zum großen Teil finanziert, ein Rahmenkredit bis 25 Mill. \$ schon vor längerer Zeit bereitgestellt wurde, ist es Brasilien trotz aller amtlichen Bemühungen bislang noch nicht gelungen, die erforderlichen Lieferaufträge in den Vereinigten Staaten fristgerecht abzuschließen. In der brasilianischen Presse wird deshalb die Befürchtung ausgesprochen, daß sich die Erzeugungsaufnahme in dem neuen Werk erst wesentlich später ermöglichen lassen werde.

¹⁾ Stahl u. Eisen 63 (1943) S. 487.

Buchbesprechungen

Eggert, John, Professor Dr., und Dr. Heinz Gajewski, Wissenschaftliches Zentral-Laboratorium der photographischen Abteilung der I. G. Farbenindustrie, Aktiengesellschaft/Agfa: Einführung in die Technische Röntgenphotographie.

Mit 102 Abb. u. 26 Taf. Leipzig: Verlag von S. Hirzel 1942. (VII, 224 S.) 8°. Geb. 10 RM.

Die vorliegende Einführung in das Gebiet der technischen Röntgenuntersuchungen legt das Schwergewicht der Darstellung auf die Behandlung derjenigen Voraussetzungen, die von der photographischen Seite her in Beziehung auf die Eigenschaften der Bildschichten und ihre Verarbeitung erfüllt sein müssen, um zu möglichst vollkommenen Ergebnissen zu gelangen. Wenn man bedenkt, welche entscheidende Bedeutung für Gelingen oder Mißlingen einer Aufnahme die Art der Behandlung des Films in der Dunkelkammer hat, ist es unverständlich, wie gleichgültig und sorglos gerade diese Fragen in vielen Betrieben und Laboratorien immer noch behandelt werden. So ist es ein besonderes Verdienst der Verfasser, daß sie sowohl in den theoretischen Grundlagen als auch im praktischen Teil die Bedeutung der rein photographischen Fragen besonders betonen und in aller Klarheit herausstellen.

Daneben wird jedoch die röntgentechnische Seite der Prüfverfahren keineswegs vernachlässigt. Im ersten Teil des Buches werden die theoretischen Grundlagen, also Erzeugung und Eigenschaften der Röntgenstrahlen sowie die allgemeinen Grundlagen des photographischen und besonders des röntgenphotographischen Verfahrens behandelt. Daran schließt sich im praktischen Teil zunächst die Beschreibung der apparativen Einrichtungen, der Röntgenröhren und des photographischen Aufnahmematerials, bei dem sich die Verfasser allerdings ausschließlich auf die Erzeugnisse der Agfa beschränken. Die beiden folgenden, von E. Schiebold bearbeiteten Abschnitte behandeln Aufnahmetechnik und Anwendungsgebiete der Grobstrukturuntersuchung und in einer ganz kurzen Uebersicht auch die Feinstrukturuntersuchung und die Spektrographie der Röntgenstrahlen. Die einzelnen Anwendungsgebiete der Grobstrukturuntersuchung sind in zahlreichen ausgezeichneten Bildbeispielen erläutert, wobei die Anwendung der Durchstrahlung in der Gießerei (Leichtmetallguß, Stahlguß und Schwermetallguß), bei in festem Zustand verformten Werkstücken, bei Niet- und Schweißverbindungen sowie bei Reparaturen und Ueberholungsarbeiten besonders berücksichtigt worden sind. Dem Abschnitt über die Feinstrukturuntersuchung hätte man wohl, gerade weil deren Bedeutung von den industriellen Betrieben noch nicht hinreichend erkannt ist, etwas größere Ausführlichkeit wünschen mögen. Den Schluß des Buches bilden die wichtigen photographisch-technischen Abschnitte über die Verarbeitung der Röntgenfilme, über die hauptsächlich vorkommenden Behandlungsfehler, die wieder mit schönen Bildbeispielen belegt sind, und eine Reihe von Rezepten, Tafeln und Vorschriften.

Der „Eggert-Gajewski“ wird besonders dem Neuling die ersten Schritte auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung erleichtern; bei seiner Eigenart wird er aber auch dem erfahrenen Praktiker noch manch wertvollen Fingerzeig geben können. Daß der Verlag S. Hirzel das Buch zwar in bescheidenem Gewande, aber auf bestem Papier und in ausgezeichnete Wiedergabe der Bildbeispiele herausbringen konnte, verdient noch besonders hervorgehoben zu werden.

Hermann Möller.

Das Feuerwerksbuch von 1420. 600 Jahre deutsche Pulverwaffen und Büchsenmeisterei. Neudruck des Erstdruckes aus dem Jahre 1529 mit Uebersetzung ins Hochdeutsche und Erläuterungen von Oberregierungsrat Wilhelm Hassenstein.

Mit 98 Bildern. München: Verlag der Deutschen Technik, G. m. b. H. (1941). (187 S.) 4^o. Geb. 15 RM, für Mitglieder des NS.-Bundes Deutscher Technik und des Vereins „Haus der Deutschen Technik, e. V.“ sowie für die Dienststellen des NSBDT. und des Hauptamtes für Technik 12 RM. (Bücher der Deutschen Technik.)

Die Lehre, daß die Pulverwaffe in Deutschland angekommen ist, läßt sich nicht durch Urkunden beweisen, wohl aber spricht hierfür die Ueberlieferung. Schon in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts hat der Grieche Chalkondyles die Deutschen als die Erfinder der Pulverwaffe bezeichnet, und aus der Zeit um 1485 liegt ein lateinisches Gedicht aus der Feder des deutsch-böhmischen Humanisten Bohuslav Hassenstein vor, das die Deutschen in schwungvollen Versen als Erfinder des Feuergeschützes und des Buchdrucks preist. Es ist das Verdienst von Wilhelm Hassenstein, auf diese Quelle aufmerksam gemacht zu haben.

Die Ueberlegenheit des deutschen Geschützwesens im Mittelalter geht u. a. daraus hervor, daß sich in unserem Lande zuerst ein artilleristisches Schrifttum ausgebildet hat. Dieses sogenannte Feuerwerksbuch, übrigens das älteste in deutscher Sprache geschriebene technische Lehrbuch, ist schon im 14. Jahrhundert entstanden; es hat sich in Abschriften vom Lehrer auf den Schüler fortgepflanzt und ist von den Abschreibern, je nach dem Stande ihrer Kenntnisse, mit erläuternden Zeichnungen versehen, den Fortschritten des Geschützwesens angepaßt oder durch Zusätze erweitert worden. Erst 1529 erschien das Feuerwerksbuch im Druck, und zwar als Anhang zum Vegez in Augsburg und „im Weinmonat“ des gleichen Jahres als selbständiges Werk in Straßburg. Letztere Ausgabe ist die bessere, der Text ist sachlicher gehalten. Hassenstein bringt ein Faksimile der Augsburger Ausgabe und dazu den Wortlaut in

der heutigen Schriftart und Sprache, versehen mit Erklärungen und Hinweisen.

Auf den hohen kulturgeschichtlichen Wert des Feuerwerksbuches ist seit Max Jähns mehrfach hingewiesen worden. Der Wunsch der Fachwelt geht schon lange nach einer textkritischen Bearbeitung der ganzen Gruppe der deutschen kriegstechnischen Schriften vom Ende des 14. bis zum Ende des 16. Jahrhunderts, aber die Aufgabe ist bei der großen Zahl der erhaltenen Handschriften und der Mannigfaltigkeit des Inhalts derselben nicht leicht. Einen Schritt vorwärts in dieser Richtung bedeutet Hassensteins Neuausgabe des ersten gedruckten Feuerwerksbuches. Der Text des Druckes schließt sich eng an denjenigen der ältesten Handschriften an, von denen er sich nur durch einige Änderungen und Zusätze unterscheidet. Im wesentlichen enthält er die zehn Büchsenmeisterfragen, d. h. theoretischen und praktischen Fragen für die Prüfung des angehenden Büchsenmeisters, und Vorschriften zur Herstellung von Salpeter, Schießpulver und Brandsätzen. Unter den Rezepten befinden sich manche, die nicht zum Ziele führen konnten. Besonders die Läuterung des unreinen oder verfälschten Salpeters war eine schwierige Aufgabe, der die damalige technische Chemie nicht gewachsen war. Immerhin enthält das Feuerwerksbuch eine klare Beschreibung der Trennung des Salpeters vom Kochsalz unter Benutzung der verschiedenen Grade der Löslichkeit beider Salze in kaltem und warmem Wasser. Auch findet sich neben vielen unbrauchbaren Vorschriften zur Läuterung des Salpeters die Behandlung mit Kaliumkarbonat, deren Zweck die Umwandlung des vorhandenen Kaliumnitrats in Kaliumnitrat unter Abscheidung von Kalziumkarbonat war. Bisweilen haben die Forscher allerdings diesen alten Vorschriften zuviel Bedeutung beigelegt. Dies dürfte besonders für das „Schießen mit Wasser“ gelten, aus dem Romocki die Kenntnis der organischen Nitroverbindungen und ihrer Anwendung als Treibstoff abgeleitet hat. Wenn die mittelalterlichen Büchsenmeister anscheinend auch eine Ahnung von der Brisanz der mit Salpetersäure behandelten organischen Stoffe gehabt haben, fehlte ihnen doch die Fähigkeit zur praktischen Anwendung dieser Erscheinung. Dazu hätten sie reine Erzeugnisse herstellen müssen; mit Salpetersäure behandelte Präparate der Dreckapotheke wären als Treibsatz nicht brauchbar gewesen. Auch kann nicht die Rede davon sein, daß im Feuerwerksbuch Salzsäure und „englische“ Schwefelsäure vorkommen.

Aber auch ohne gekünstelte Auslegung bietet das Feuerwerksbuch genug an praktischen Kenntnissen, um es zu einem wertvollen Denkmal der deutschen Kultur des Mittelalters zu machen. Deshalb verdient der Herausgeber unsern Dank für seine Arbeit, auch wenn der Chemiegeschichtler vielleicht einiges an den Erläuterungen des Textes aussetzen könnte.

Otto Johannsen.

Vereinsnachrichten

Eisenhütte Oberschlesien.

Bezirksverband des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik

Samstag, den 2. Oktober 1943, findet im Eisenwerk Trzynietz in Trzynietz (O.-S.) die

57. Sitzung des Fachausschusses Stahlwerk statt mit folgender

Tagesordnung:

10 Uhr: Besichtigung des Eisenwerks Trzynietz.

15 Uhr: Vortragssitzung.

1. Anpassung der eisenhüttenmännischen Betriebstechnik an die stoff- und energiewirtschaftlichen Bedingungen des Eisenhüttenwerks. Berichterstatter: Dr.-Ing. H. Bansen, Rheinhausen.
2. Wege zur Selbstkarburierung der Flamme im Siemens-Martin-Ofen. Berichterstatter: Dr.-Ing. F. Herning, Gleiwitz.
3. Verschiedenes.

Anmeldungen sind mit nachstehenden Angaben: Name, Beruf, Geburtsdatum, Geburtsort, Wohnort, Straße, Kreis, Staatsangehörigkeit, bis zum 25. September 1943 an die Eisenhütte Oberschlesien in Gleiwitz, Teuchertstr. 11, zu richten.