



Lehrgang der Härtetechnik

Von

Dipl.-Ing. **Joh. Schiefer**

Oberlehrer an den Kgl. verein Maschinenbauschulen und den Kursen
für Härtetechnik an der Gewerbeförderungsanstalt für die Rheinprovinz

unter Mitwirkung von

E. Grün

Fachlehrer der Kurse für Härtetechnik an der
Gewerbeförderungsanstalt für die Rheinprovinz

Mit 170 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH



Lehrgang der Härtetechnik

Von

Dipl.-Ing. Joh. Schiefer

Oberlehrer an den Kgl. verein. Maschinentauschulen und den Kursen
für Härtetechnik an der Gewerbeförderungsanstalt für die Rheinprovinz

unter Mitwirkung von

E. Grün

Fachlehrer der Kurse für Härtetechnik an der
Gewerbeförderungsanstalt für die Rheinprovinz

Mit 170 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

**Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten**

Copyright by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1918

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1918

ISBN 978-3-662-42132-1

ISBN 978-3-662-42399-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-42399-8

Vorwort.

Gute Werkzeuge, dauernd in gutem Zustande gehalten, sind für jedes industrielle Unternehmen von viel einschneidenderer Bedeutung als gemeinhin angenommen wird. Ihre Bedeutung und die Erkenntnis ihrer Wichtigkeit für den Betrieb wurde durch die Einführung schnellaufender Hochleistungswerkzeugmaschinen gefördert, andererseits machte sich auch der Mangel geeigneter, fachmännisch geschulter Arbeitskräfte geltend, und dies um so mehr, je höher die Anforderungen an diese stetig steigen mußten.

Um einem solchen Mangel entgegenzutreten, wurden an der Gewerbeförderungsanstalt für die Rheinprovinz in Köln a. Rhein „Kurse für Härtetechnik“ ins Leben gerufen, die in erster Linie dazu bestimmt sind, Kriegsbeschädigte der Metallindustrie einem Berufe zuzuführen, der ihnen die Möglichkeit einer ihrer Verletzung entsprechenden Betätigung gibt. Es steht aber zu erwarten, daß diese Einrichtung eine dauernde bleiben möge, zum Segen unserer Industrie.

Die Verfasser, denen der Unterricht an diesen Kursen übertragen wurde, erkannten bald die Notwendigkeit eines Leitfadens dafür an, einmal um Zeit zu sparen, die dann für Erklärungen, zur Aussprache über Versuche, Beobachtungen am Mikroskop u. dgl. mehr zur Verfügung steht, dann auch, um die Schwierigkeiten bei den meist Schwerverletzten, ein Diktat nachzuschreiben, zu beseitigen. Aus diesem Grunde ist das Buch in erster Linie für den Unterricht bestimmt. Dann kann und soll es aber auch dem einigermaßen intelligenten Härter ein Hilfsmittel sein, sich mit dem von ihm behandelten Gegenstande so vertraut als nur möglich zu machen, um Fehler zu erkennen und sie zu vermeiden. Denn bekanntlich beruhen

sehr viele Reklamationen der Firmen an die Stahlwerke auf nicht sachgemäßer Behandlung der Stähle in der Härterei, bzw. bei der Wärmebehandlung überhaupt. Das betreffende Stahlwerk hat dann einen seiner Härtefachleute zu schicken, die in den meisten Fällen eine der beiden oben angeführten Ursachen als Fehlerquelle angeben müssen.

In einer zweckmäßig eingerichteten Lehrhärterei werden Werkzeuge aller Art und aller Stahlsorten unter Anleitung gehärtet, neue Stahlsorten auf ihre Härtefähigkeit geprüft, Schweißpulver, Ein-atz- und Härttemittel untersucht. Sie dient auch den sonstigen Zwecken des Unterrichtes.

Aus diesen Gedanken heraus entstanden, möge das Buchlein seinen Weg machen.

Allen Firmen und Fachleuten, die durch Überlassung von Material, Drucksachen u. dgl. mehr der Sache ihre Förderung haben angedeihen lassen, sowie der Verlagsanstalt für die Ausstattung des Werkchens sei hier verbindlichst gedankt.

Köln a. Rh., im Mai 1918.

Die Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

I. Allgemeines.	
A. Physikalische und chemische Vorgänge	1
B. Chemische Verbindungen, chemische Elemente und chemische Verwandtschaft	2
Tabelle der wichtigsten Metalle und Nichtmetalle	2
Legierungen	3
II. Materialienlehre.	
a) Härtungskohle, Karbidkohle	5
b) Graphit, Temperkohle	6
I. Roheisen	7
a) Weißes Roheisen	7
b) Graues Roheisen	7
II. Schmiedbares Eisen	7
Zusammensetzung des Werkzeugstahles	11
Mangan	11
Wolfram	11
Chrom	12
Nickel	12
Molybdän	12
Titan und Vanadium	12
III. Das Roheisen.	
Die Rohstoffe	13
Der Hochofen	13
Die hüttenchemischen Vorgänge im Hochofen	14
Roheisenanalysen	15
Die Erzeugnisse des Hochofens	16
IV. Darstellung des schmiedbaren Eisens.	
Das Herdfrischen	17
Das Puddeln oder Flammofenfrischen	17
Das Bessemer- und Thomasverfahren	19
Das Siemens-Martio- oder Herdfrischverfahren	25
Darstellung des Zement-, Raffinier- und Tiegelstahles	31
Stahlerzeugung im elektrischen Ofen	33
V. Weiterverarbeiten des Stahles durch Schmieden, Pressen und Walzen	38
VI. Einteilung der Werkzeugstähle nach Härtegrad und Verwendungszweck	41
VII. Äußere Beobachtungen an Werkzeugstahl, wie er in den Handel kommt	44
VIII. Prüfung des Eisens	46

IX. Anlage und Betriebsmittel einer Härterei.	
1. Lage des Härteraumes	57
2. Die Feuerungsanlagen zum Erhitzen des Stahles	59
3. Einrichtungen zur Erzeugung der erforderlichen Verbrennungs- luft	84
4. Einrichtungen zur Temperaturmessung	86
5. Abkühlen der Werkstücke beim Härten	105
6. Zusätze zum Härtewasser	108
X. Das Härten	116
XI. Das Anlassen	121
XII. Das Härten verschiedener Werkzeuge.	
Stähle zum Abdrehen von Hartgußwalzen	123
Zentrumborher, Kanonenborher, Bohrmesser	123
Gewindeborher	125
Gewindebacken oder Schneidbacken	125
Fräser	126
Rohrfräser und Rohrschneider	129
Reibahlen	129
Scherenmesser, Kreisscherenmesser u. dgl.	130
Fassonmesser zum Stanzen von Gummi, Leder u. dgl., für Sohlen, Absätze u. a. m.	131
Lochstempel	131
Gravierte Prägestempel, Schlagnummern usw.	131
Rollenmesser	132
Anfertigung von Schnitten	132
Hammergesenke	133
Hämmer	135
Handmeißel	135
Schrotmeißel und Nietquetscher	136
Döpfer und Kreiskörner	136
Ziehborner	137
Werkzeuge für Bergwerksbetriebe und Steinbrüche	137
Grubenhacken, Kreuzhacken u. dgl. m.	138
Steinhauerwerkzeuge	138
Werkzeuge aus Schweißstahl, Raffinierstahl	138
XIII. Das Schweißen des Stahles.	
Ausführung des Schweißens	140
XIV. Das Richten beim Härten verzogener Werkzeuge	144
XV. Regenerieren, d. h. Verbessern des im Feuer ver- dorbenen Stahles	146
XVI. Einsatzhärten oder Zementieren	150
XVII. Rückkühlvorrichtungen für Härteöl	158
XVIII. Sonstige Hilfsmittel einer Härterei	162
XIX. Maßtabelle	166
XX. Gewichtstabelle	167
XXI. Preise des Stahles	169

Literaturverzeichnis.

- Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens.
- Otto Thallner, Werkzeugstahl.
- Brearley-Schäfer, Die Wärmebehandlung des Werkzeugstahls.
- P. Goerens, Einführung in die Metallographie des Eisens.
- A. Messerschmidt, Die Einrichtung einer neuzeitlichen Härterei und Vergütungsanlage.
- Abhandlungen und Berichte aus: Stahl und Eisen.
- Werkstattstechnik, Zeitschrift für praktischen Maschinenbau u. a. m.
- O. Wawrziniok, Handbuch des Materialprüfungswesens.
- Dr.-Ing. Preuß, Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskops.
- C. Bach und R. Baumann, Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien.
- G. Mars, Die Spezialstähle.
- F. Reiser, Das Härten des Stahles in Theorie und Praxis.
- F. W. Hinrichsen, Das Materialprüfungswesen.
- A. Martens, Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau.
- Drucksachen einer größeren Anzahl Firmen.

I. Allgemeines.

A. Physikalische und chemische Vorgänge.

Die Chemie und die jüngere Schwesterwissenschaft die Physik behandeln Vorgänge, die sich in der Natur, in der Industrie, in der Technik oder im Haushalte abspielen.

Bei physikalischen Vorgängen treten keine stofflichen Veränderungen der Körper ein, es verändert sich nur ihre Form, ihre Gestalt, oder sie zeigen besondere Eigenschaften. So wird z. B. durch einen Schlag mit dem Hammer ein Stück Kohle, Eis, Soda u. dgl. mehr zertrümmert, vom ursprünglichen Stück sind sie nur nach Form und Größe verschieden. Ein weicher Eisenstab, der an sich nicht magnetisch ist, kann diese Eigenschaft erhalten, wenn man um ihn eine Spirale von Kupferdraht wickelt, durch die ein elektrischer Strom geschickt wird. Er hält nunmehr ein Bündel eiserne Nägel fest, läßt sie aber sofort wieder fallen, sobald der elektrische Strom unterbrochen wird.

Bei chemischen Vorgängen tritt eine so durchgreifende Veränderung des Stoffes ein, daß der Unerfahrene nicht zu erkennen vermag, wie oder woraus der Körper entstanden ist, neu erworbene Eigenschaften können, außer durch besondere chemische Behandlung, nicht wieder genommen werden.

Beispiele: Schlägt man mit dem Hammer auf ein Zündblättchen, so nimmt man einen Lichtblitz und einen lauten Knall wahr, die pulverförmige Zündmasse ist in einen weißen Rauch verwandelt, der sich in der Luft leicht verteilt. Wird Eisen längere Zeit feuchter Luft ausgesetzt, so rostet es, wobei es seinen Glanz, seine Härte und seine Festigkeit verliert und in eine braune, leicht zerreibliche Masse übergeht.

B. Chemische Verbindungen, chemische Elemente und chemische Verwandtschaft.

Wie die beim chemischen Vorgange angeführten Beispiele erkennen lassen, verändern sich die Stoffe durch äußere Einflüsse so vollständig, daß der ursprüngliche Stoff, das Ausgangsprodukt, nicht mehr erkennbar ist. Man bezeichnet dies als eine chemische Verbindung. So ist beispielsweise Wasser eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff.

Durch geeignete Mittel ist man in der Lage, die Zusammensetzung der Stoffe zu ermitteln. Man gelangt dabei schließlich an eine Grenze, bei der die Bestandteile allen Bemühungen, sie noch weiter zu zerlegen, Trotz bieten. Diese Ur- und Grenzstoffe nennt man chemische Elemente. Man hat für sie abgekürzte Bezeichnungen eingeführt, die in nachstehender Tabelle enthalten sind.

Tabelle der wichtigsten Metalle und Nichtmetalle.

Name des Elementes	Chemisches Zeichen	Spezifisches Gewicht	Schmelzpunkt in Graden Celsius
Aluminium	Al	2,67	657
Blei	Pb	11,37	326
Chrom	Cr	6,74	2000
Eisen, rein	Fe	7,86	1510
Flußeisen	—	7,85	1350—1450
Stahl	—	7,86	1300—1400
Gußeisen, grau	—	} 7,25	1200
Gußeisen, weiß	—		1130
Kalium	K	0,877	62
Kohlenstoff	C	1,5	—
Kupfer	Cu	8,95	1057
Magnesium	Mg	1,75	750
Mangan	Mn	7,2—8	1900
Mo'ybdän	Mo	9,01	—
Natrium	Na	0,97	96
Nickel	Ni	8,30	1450
Phosphor	P	1,83	44
Quecksilber	Hg	13,57	— 40
Sauerstoff	O	gasförmig	—
Schwefel	S	2,07	114
Silizium	Si	2,49	~ 3000
Titan	Ti	—	—
Wasserstoff	H	gasförmig	—
Wolfram	W	19,13	etwa 3000
Zink	Zn	7,15	420
Zinn	Sn	7,30	230

Die chemischen Elemente teilt man ein in Metalle, die sich durch eigenartigen Glanz, durch Schwere, Hämmerbarkeit, Festigkeit und Schmelzbarkeit auszeichnen, Wärme und Elektrizität gut leiten, und in Nichtmetalle, die jene Eigenschaften nicht besitzen.

Es ist nun anzunehmen, daß unter den Elementen ein gewisses Bestreben besteht, eine Verbindung einzugehen und in dieser mit einer gewissen Zähigkeit zu verharren. Dieses Vereinigungsbestreben hat man chemische Verwandtschaft genannt. Sie setzt eine direkte Berührung der Stoffe voraus, die durch mannigfache Mittel, wie Erwärmen, Mischen mit Flüssigkeiten u. a. m. zu unterstützen ist, um den chemischen Vorgang zwischen ihnen einzuleiten.

Legierungen.

Die reinen Metalle genügen in sehr vielen Fällen nicht den Anforderungen der Praxis. Durch Zusammenschmelzen mit anderen Metallen kann man sehr oft die gewünschten Eigenschaften erreichen. Diese Mischungsprodukte oder Legierungen lassen sich entweder in jedem beliebigen Mengenverhältnis herstellen, oder es vermag das eine Metall nur eine begrenzte Menge des anderen aufzunehmen.

II. Materialienlehre.

Wenn wir ein Stück Eisen betrachten, so ist die nächstliegende Frage wohl die, was für ein Stück Eisen haben wir da vor uns: Gußeisen, Schmiedeeisen oder Stahl. Wir versuchen an Hand uns vertrauter und bekannter Unterscheidungsmerkmale eine gewisse Einteilung, Gruppierung, vorzunehmen. Unsere Erfahrung wird uns hierbei nicht im Stiche lassen; denn wir versuchen, wenn irgend angängig, unser Urteil auf die Betrachtung nicht allein der Oberfläche zu beschränken, wir werden vielmehr versuchen, ein Stückchen von dem vor uns liegenden Materiale abzuschlagen, eine Bruchfläche herzustellen, die uns einen Blick in das Innere des Eisens gestattet. Wir sehen dann, daß die Bruchflächen von Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl recht große Unterschiede zeigen. Dunkelgrau bis schwarz die einen, wie aus lauter großen aneinandergereihten Körnern,

mit zum Teil glänzenden Flächen, bestehend; die anderen hellgrau, aus feinen Körnchen oder aus lauter Faserchen zusammengesetzt, endlich ohne diese besonderen Merkmale, fast sammetartig aussehend. Doch dies genügt uns noch nicht; wir nehmen ein Vergrößerungsglas oder, wenn möglich, ein Mikroskop zu Hilfe und betrachten unsere Bruchflächen, die nun, je nach der Vergrößerungsfähigkeit des Mikroskops, ganz anders aussehen. Eine ganz neue Welt tut sich unter der scharfen Vergrößerung des Mikroskops auf. Wir erkennen, daß diese Körner und Körnchen sich voneinander sehr wesentlich unterscheiden, dass sie sich bei sehr starker Vergrößerung auflösen in Punkte, gerad- und krummlinige verästelte, mitunter tannenbaumähnliche Gebilde, weiße, helle Flächen, häufig durchzogen von feinen oder dickeren Linien. Erstaunt fragen wir uns wohl, ist das unser Eisenstückchen! Ist das alles auch Eisen oder sind da nicht andere Sachen drin, die zu kennen oder zu bestimmen wichtig wäre! Was ist die Ursache dieser Gebilde, wie entstehen sie, in welcher Weise beeinflussen sie unser Eisen! Eine Reihe solcher Fragen legen wir uns vor, und — möchten sie gerne beantworten. Nun, die Wissenschaft hat alle diese Fragen geklärt und gibt uns die Mittel in die Hand, sie zu lösen.

Offenbar ist nun das, was wir als Eisen anzusprechen gewohnt waren, gar kein reines Eisen, sondern wahrscheinlich eine Mischung aus diesem und einer Reihe anderer Stoffe.

Dem ist in der Tat so. Ganz reines Eisen oder wie man zu sagen pflegt, „chemisch reines Eisen“ herzustellen ist sehr schwierig; für die Praxis ist es ohne jede Bedeutung, weil ihm alle die Eigenschaften fehlen, die für uns so wertvoll sind. Man hat es nur zu wissenschaftlichen Untersuchungszwecken im Laboratorium hergestellt. (Fig. 1.)

Das, was wir gemeinhin als Eisen bezeichnen, ist ein Gemisch, eine Legierung von Eisen mit einer großen Anzahl anderer Stoffe, Elemente genannt. Die wichtigsten hiervon sind: Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Phosphor und Schwefel. Wir werden später noch eine Reihe anderer und ihren Einfluß auf das Eisen kennen lernen.

Wie kommen nun diese Elemente in das Eisen hinein? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir etwas vorgreifen.

Eisenerze verschiedener Zusammensetzung und Herkunft werden unter Verwendung von Koks im Hochofen zu Eisen niedergeschmolzen. Die verschiedenartige Zusammensetzung der Erze einerseits und das benutzte Brennmaterial andererseits, Koks aus Kohle gewonnen, bringen es mit sich, daß eine große Zahl der in ihnen enthaltenen Beimengungen in das flüssige Eisen



Fig. 1. Reines Eisen. Ferrit. Vergrößerung = 200.
(Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

übergehen und beim Erstarren darin bleiben, wie beispielsweise die vorerwähnten. Ihre chemische Verwandtschaft zum Eisen ist teilweise so groß, daß es bei den weiteren hüttentechnischen Prozessen besonderer Hilfsmittel bedarf, um sie wieder daraus zu entfernen, als sie, da unerwünscht, keinen günstigen Einfluß auf das Fertigerzeugnis ausüben.

Das wichtigste mit dem Eisen legierte Element ist der Kohlenstoff. Je nach den darin enthaltenen Mengen hat man im jeweils vorliegenden Falle Roheisen oder schmiedbares Eisen. Auch die Formen, in welchen er darin enthalten ist, können recht verschieden sein. Die wichtigsten sind:

- a) Härtungskohle, Karbidkohle: Der Kohlenstoff ist mit dem Eisen chemisch gebunden als Eisenkarbid. Im flüssigen Eisen ist sie wahrscheinlich gleichmäßig

gelöst. Erstarrt dieses plötzlich oder wird es nach dem Erstarrten plötzlich bei hoher Temperatur abgekühlt, z. B. durch Abschrecken in kaltem Wasser, so bleibt der Kohlenstoff in dieser gelösten Form als Härtungskohle erhalten. Geht aber das Erstarrten und die weitere Abkühlung langsam vor sich, so scheidet sich der Kohlenstoff als Karbidkohle in gleichmäßiger Verteilung aus. (Fig. 2.)



Fig. 2. Der glatte weiße erhabene Teil ist Eisenkarbid (sog. Cementit), der glatte vertiefte weiße Teil ist kohlenstoffreies Eisen (Ferrit), der schwarze ist Temperkohle. Vergrößerung = 500.
(Aus Wawrziniok, Materialprüfung.)

- b) Graphit, Temperkohle: Der Graphit entsteht durch Zersetzung des Eisenkarbids, bildet dünne, schwarzglänzende Blättchen, die zwischen den Eisenteilchen eingebettet liegen. Die Temperkohle scheidet sich ebenfalls im kohlenstoffreichen Eisen aus, wenn dieses auf helle Glüh Temperatur erhitzt wird; sie besteht aus freien, auf der Bruchfläche sichtbaren, punktförmigen Kohlenstoffteilchen, die amorph sind, also nicht kristallisiert wie der Graphit. (Fig. 3.)

Man erhält also nach der Menge und der Art des im Eisen enthaltenen Kohlenstoffes folgende Einteilung:



Fig. 3. Der schwarze Streifen stellt den Schnitt durch ein Graphitblatt dar. Vergrößerung = 2000
(Aus Wawrziniok, Materialprüfung.)

I. Roheisen: mehr als 2 v. H. Kohlenstoff. leicht schmelzbar, läßt sich nicht schmieden.

- a) Weißes Roheisen. Der Kohlenstoff ist an das Eisen chemisch gebunden. Die Legierung ist sehr hart, spröde, von silberweißer Farbe; sie wird in erster Linie zum Zwecke der Umwandlung in schmiedbares Eisen dargestellt. Sie schmilzt bei etwa 1100°C .
- b) Graues Roheisen. Der Kohlenstoff ist als Graphit oder Temperkohle vorhanden. Es ist weicher, zäher, von hellgrauer bis tiefgrauer Farbe und dient teilweise auch zur Umwandlung in schmiedbares Eisen; es schmilzt bei etwa 1200°C . (Fig. 4.)

II. Schmiedbares Eisen: enthält weniger als 2 v. H. Kohlenstoff, ist schmiedbar, strengflüssiger.

Das schmiedbare Eisen kann eingeteilt werden entweder nach seiner Herstellungsart: Schweißisen und Flußeisen

oder nach den ihm eigentümlichen Eigenschaften: Schmied-
eisen und Stahl.

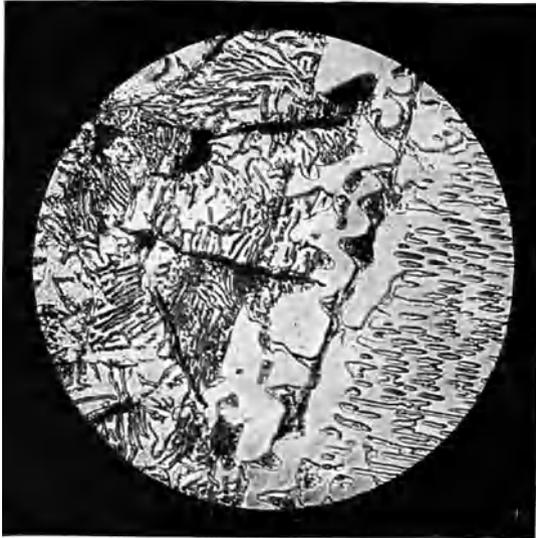


Fig. 4. Graues Roheisen. Graphit (schwarz), Eisen-
karbid (Cementit). Vergrößerung = 500. (Aus
Goerens, Einführung in die Metallographie.)

Schmiedbares Eisen bildet sehr leicht Kristalle, nicht nur beim Erstarren aus dem flüssigen Zustande, also beim Flußeisen, sondern auch wenn es sich in teigiger Form beim Frischen im Puddelofen bildet, wie beim Schweißeisen. Im massiven Material hindern sich die Kristalle gegenseitig in ihrer freien Bildung. Wird ein solches Stück durchgebrochen, so sieht man auf der Bruchfläche die einzelnen, unregelmäßig begrenzten Kristallflächen, die man als „Korn“ bezeichnet. Bei der Bearbeitung des Eisens nach einer Richtung hin, z. B. im Walzwerk, können die einzelnen Kristalle so zusammengedrückt werden, daß sie sich zu „Sehnen“ zusammenlagern, wie es beim Schweißeisen besonders auffällig zu sehen ist (Fig. 5).

Die Korngröße wird einmal von der chemischen Zusammensetzung, dann auch von der Art der Behandlung und Bearbeitung beeinflusst. Eisen mit höherem Kohlenstoffgehalt zeigt feine-

res Korn als weniger gekohltes Eisen. Ähnlich wirkt Mangan; ein höherer Phosphorgehalt bewirkt gröberes Korn. Bei erhitztem und plötzlich abgekühltem Stahl wird das Gefüge feinkörniger; langsame Abkühlung gibt gröberes Korn.



Fig. 5. Schweißen. Flachstab. (Aus Preuß, Die prakt. Nutzenwendung der Prüfung des Eisens usw.)

Durch kräftige mechanische Bearbeitung werden die Kristalle zusammengedrückt, hierdurch wird das Gefüge feinkörniger. Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt zeigen nach dem Härten oft ein so feines sammetartiges Gefüge, daß mit bloßem Auge keine Kristallbildung auf der Bruchfläche zu erkennen ist.

Wird das Eisen bei einer Temperatur von etwa 300° bis 400° C, die der blauen Anlaufarbe entspricht, bearbeitet, so tritt leicht Neigung zum Bruch auf, die man als „Blaubruch“ bezeichnet. (Fig. 6.)

Je reiner das Eisen, um so leichter ist es schmiedbar. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalte nimmt die Schmiedbarkeit ab, bei etwa 1 v. H. Kohlenstoff ist sie sehr gering, bei über 1,6 v. H. ist sie nicht mehr vorhanden. Ein höherer Siliziumgehalt wirkt ähnlich; ein Mangangehalt bis zu etwa 1 v. H. erhöht die Schmiedbarkeit, setzt sie aber bei größeren Mengen wieder herab.

Phosphor macht das Eisen kaltbrüchig, beeinflusst aber kaum die Schmiedbarkeit.

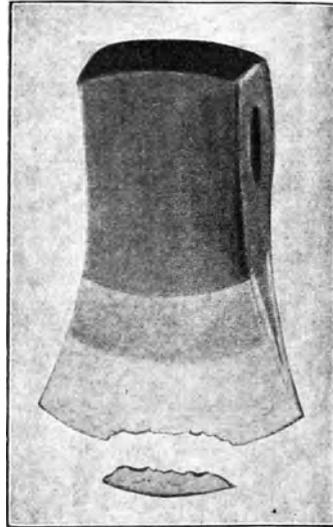


Fig. 6. Sprung in der Schneide eines Beiles, hervorgerufen durch Blaubruch. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

Schwefel übt eine äußerst ungünstige Wirkung aus, er macht das Eisen besonders bei dunkler Rotglut sehr brüchig: „Rotbruch“.

Bei großen Mengen Schlackeneinschlüssen zeigt das Eisen beim Schmieden Neigung zur Rißbildung, die man als „Faulbruch“ bezeichnet.

Beim Ausglühen kohlenstoffreicher Stähle kann „Schwarzbruch“ auftreten. Der Bruchquerschnitt eines schwarzbrüchigen Stahles zeigt ein mattes, infolge der Ablagerung von Temperkohle schwarzgefärbtes Aussehen im Vergleich zu der hellen, unverändert gebliebenen Umgebung. (Fig. 7.)



Fig. 7. Bruchquerschnitt eines schwarzbrüchigen Werkzeugstahles. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. (Aus Goerens, Metallographie.)

Um zwei aufeinandergelegte Eisenstücke zu schweißen, sind sie auf helle Weißglut zu erhitzen, wodurch das Eisen in einen teigartigen Zustand übergeht. An der Schweißstelle müssen sie eine metallisch reine Berührungsfläche besitzen, also nicht von einer Rost- oder Glühspanschicht überzogen sein. Zur Ver-

meidung der Bildung einer Oxydationsschicht bestreut man die zu vereinigenden Flächen mit sogenanntem Schweißpulver, welches bei der hohen Temperatur mit den Eisenoxyden eine leicht schmelzbare und dünnflüssige Schlacke bildet, die unter dem zum Schweißen erforderlichen Drucke herausgepreßt wird und so die reinen Metallflächen freilegt.

Bis 1 v. H. Kohlenstoffgehalt ist das Eisen noch schweißbar, bei über 1,6 v. H. Kohlenstoff verliert es die Schweißbarkeit fast vollständig. Mangan wirkt ungünstig auf die Schweißbarkeit, weshalb der Mangangehalt nicht über 0,5 v. H., bei höherem Kohlenstoffgehalte nicht über 1 v. H. sein soll. Silizium übt keinen so großen Einfluß aus, soll jedoch nicht mehr als 0,2 v. H. enthalten. Phosphor und Schwefel sind auf die Schweißbarkeit kaum von Belang.

Zusammensetzung des Werkzeugstahles.

Während bisher kurz die Zusammensetzung des Roheisens und ganz allgemein des schmiedbaren Eisens behandelt worden ist, soll nun auf die des Werkzeugstahles besonders eingegangen werden.

Im allgemeinen wird unter Stahl ein Eisen verstanden, welches, bis zur Rotglut erhitzt und rasch abgekühlt, eine solche Härte annimmt, daß es durch die Feile nicht angegriffen wird. Diese Eigenschaft der Härbarkeit wird dem Eisen durch einen Kohlenstoffgehalt von etwa 0,5 bis 1,6 v. H. erteilt.

Über das Vorkommen des Kohlenstoffes wurde bereits früher berichtet, es sei hier nur noch einmal kurz erwähnt.

a) Härtungskohle, Karbidkohle. In dieser Form ist er die Ursache der Härbarkeit des Stahles.

b) Temperkohle, Graphit. Er führt keine Härtung herbei, ist vielmehr von schädlichem Einflusse.

Außer dem Kohlenstoff kommen im Stahle noch andere Stoffe vor, entweder sind sie in bestimmter Absicht zugesetzt, weil sie eine wesentliche Verbesserung der Eigenschaften herbeiführen, wie: Mangan, Wolfram, Chrom, Nickel, Molybdän, Titan, Vanadium, oder sie sind unbeabsichtigt darin enthalten und beeinträchtigen, auch in ganz geringen Mengen, die Güte des Stahles wesentlich, wie: Phosphor, Schwefel, Kupfer, Arsen.

Mangan.

Es ist im gewöhnlichen Werkzeugstahl in Mengen von etwa 0,2 bis 0,5 v. H. enthalten. Festigkeit, Härte und Schneidkraft werden in geringem Maße vermehrt. Der im Handel vorkommende Manganstahl hat in der Regel nur den normalen Mangangehalt; er trägt diese Bezeichnung, um ihn als freier von Poren und Rissen als anderen Stahl zu kennzeichnen. Wirklicher „Manganstahl“ mit 8 bis 20 v. H. Mangan besitzt große Festigkeit, Zähigkeit und so große Naturhärte, daß er kaum zu bearbeiten ist.

Wolfram.

Wolfram erhöht die Härte nicht, gehärteter Wolframstahl weist in der Regel geringere Skleroskophärte wie gehärteter

Kohlenstoffstahl auf. Dagegen ist die Schneidhaltigkeit wesentlich größer; sie bleibt bis zu Temperaturen zwischen 400° bis 500° C erhalten, während sie bei Kohlenstoffstahl bei Temperaturen über 200° schon abnimmt. Meist ist es in Mengen von 2 bis 6 v. H., im Schnellstahle bis zu 18 v. H. enthalten. Die Bruchfläche zeigt sehr feines Korn von mattem Glanze. In gehärtetem Zustande wird die Zähigkeit vermindert. Wiederholte Feuerbehandlung schadet, da die Schneidhaltigkeit rasch sinkt, die Sprödigkeit und Rißbildung beim Härten zunimmt. Wolframstahl wird meist bei ruhig beanspruchten Werkzeugen, die große Härte und Schneidhaltigkeit besitzen sollen, verwendet.

Chrom.

Durch Chromzusatz soll das gleiche wie mit Wolfram erreicht werden, er macht den Stahl aber viel spröder. Meist ist er in Mengen von 2,5 v. H., auch bis 3 v. H. im Werkzeugstahl enthalten. Er macht den Stahl besonders widerstandsfähig gegen Schlag und Stoß, weshalb Chromstahl für Panzergranaten und in Verbindung mit Nickel für Panzerplatten verwendet wird.

Nickel.

Es erhöht die Festigkeitseigenschaften des Stahles ganz bedeutend, steigert im ungehärteten Zustande dessen Zähigkeit und Härte ganz wesentlich. Durch das Härten wirkt Nickel nicht so günstig, weshalb man Nickelstahl in der Hauptsache für stark beanspruchte Maschinenteile, die sehr leicht und verhältnismäßig schwach gehalten sind, verwendet.

Molybdän.

Die Wirkung ist ähnlich der des Wolframs. Wegen seines hohen Preises wird es selten zugesetzt.

Titan und Vanadium.

Titan gibt besondere Härte, Vanadium besondere Zähigkeit. Hoher Preis und die Schwierigkeit, damit legierte Stahlgattungen herzustellen, hindern die Verwendung.

III. Das Roheisen.

Die Rohstoffe.

Alles technisch verwendete Eisen wird aus Eisenverbindungen, den Eisenerzen, hergestellt. Als solche kommen im wesentlichen in Betracht:

1. Magneteisenstein. Fundorte: Mittel- und Nordschweden, Ural, Nordafrika, Vereinigte Staaten.
2. Roteisenstein. Fundorte: Sieg, Lahn, Dill, Nordspanien, Nordafrika, Insel Elba, Cumberland, Lancashire, am Oberen See in Nordamerika.
3. Brauneisenstein, Minette und Rasenerz. Fundorte: Luxemburg, Lothringen, Bayern, Siegerland, an der Lahn. im Taunus und Westerwald.
4. Spateisenstein. Fundorte: Siegerland, Steiermark, Kärnten und Ungarn.

Die erdigen und kieseligen Bestandteile, die in jedem zur Verhüttung kommenden Erzgemische enthalten sind, sowie die Asche der verwendeten Brennstoffe sind durch Beigabe sogenannter Zuschläge in leicht schmelzbare Verbindungen, hier Schlacke genannt, überzuführen. Als Zuschläge wählt man reine Kalksteine, Eisenkalke oder Kalkerze.

Die Verhüttung der Erze geschieht im Hochofen. Als Brennstoff verwandte man früher Holzkohle, jetzt allgemein Koks, der aus Steinkohle, Backkohle, hergestellt wird.

Zur Verbrennung des Koks im Hochofen ist Luft in außerordentlich großen Mengen erforderlich, die durch Gebläsemaschinen in den Hochofen hineingedrückt wird; die übliche Windpressung ist 0,3 bis 0,5 at. Der Gebläsewind wird in Winderhitzern auf 700° bis 800° C erwärmt, wodurch eine bedeutende Brennstoffersparnis eintritt.

Der Hochofen.

Der Hochofen ist ein sogenannter Schachtofen, dessen Inneres die umstehend gezeichnete Profilform besitzt; die einzelnen Teile haben die eingeschriebenen Bezeichnungen (Fig. 8).

Die Beschickung, d. h. Erz. Zuschläge und Brennstoffe,

wird im obersten Teile des Ofens, der Gicht, aufgegeben, während die geschmolzenen Massen im Gestell abgelassen werden.

Die Wände des Hochofens werden aus feuerfesten Steinen aufgemauert, um die hohen Hitzegrade besser ertragen zu können und den chemischen und physikalischen Einwirkungen der mit ihnen in Berührung kommenden schmelzenden und flüssigen Stoffe zu widerstehen.

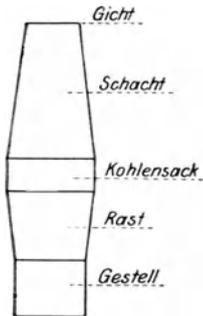


Fig. 8. Hochofenprofil.

Der Gebläsewind wird im oberen Teile des Gestelles durch die Windformen eingeblasen.

Die Gicht ist durch den Gichtverschluß mit eingebautem Gasfang abgeschlossen, weil die entweichenden Gichtgase ein gutes und billiges Heizmittel bilden. Sie werden zur Beheizung von Dampfkesseln oder nach vorangegangener Reinigung in großen Gasmaschinen zur Erzeugung von Kraft oder elektrischer Energie verwendet.

Die hüttenchemischen Vorgänge im Hochofen.

Der mit einer Geschwindigkeit von etwa 20 bis 30 m/sek durch die Formen eintretende heiße Wind trifft auf glühenden Koks, der sofort zu Kohlensäure verbrennt. Unmittelbar über der Formebene bildet sich aus dieser infolge der Anwesenheit der großen Koksmengen Kohlenoxyd. Auf dem Wege zur Gicht geben die gasförmigen Körper ihre Wärmemenge an die von ihnen umspülten festen Stoffe ab, diese erhitzend, sich selbst aber abkühlend.

Das Kohlenoxyd nimmt bei Temperaturen von 1000° bis etwa 300° C abwärts mit Begierde den Sauerstoff der Eisenerze auf, verbrennt also zu Kohlensäure, die Erze werden reduziert. Nun findet auch eine Zerlegung des Kohlenoxydes in Kohlensäure und Kohlenstoff statt, der sich in sehr fein verteiltem Zustande auf dem metallischen, schwammförmigen und noch mit den erdigen Bestandteilen der Erze vermengten Eisen ausscheidet und von diesem allmählich aufgenommen wird; das Eisen wird geköhlt, man hat nunmehr eine Eisenkohlenstofflegierung von niedrigem Schmelzpunkte, etwa 1100° bis 1200° C.

Roheisenanalysen.

Roheisengattung	Herkunft	Bruch- farbe	Gesamt- kohlenstoff in v. H.	Graphit in v. H.	Silizium in v. H.	Mangan in v. H.	Phosphor in v. H.	Schwefel in v. H.
Bestemer-Roheisen . . .	Rheinland-Westfalen	grau	3,0—4,0	?	1,5—2,5	4,0—5,0	0,07—0,08	0,01—0,03
Puddel- " . . .	"	weiß	2,0—2,5	—	0,2—0,5	2,0—2,5	0,3—0,7	0,04—0,08
" " . . .	Oberschlesien	grau	?	?	1,5—2,5	1,5—3,0	0,2—0,6	0,05—0,10
" " . . .	"	weiß	?	—	0,5—1,5	1,5—3,0	0,3—0,6	0,05—0,10
Martin- " . . .	Rheinland-Westfalen	grau-weiß	3,0—4,0	—	1,3—2,0	1,5—2,5	0,2—0,3	0,03—0,09
" " . . .	Oberschlesien	grau	3,0—4,0	?	1,5—2,5	3,0—4,5	0,2—0,3	0,03—0,05
" " . . .	"	weiß	3,0—4,0	—	0,8—1,5	3,0—4,5	0,2—0,3	0,04—0,05
Stahleisen	Siegerland	"	3,0—3,5	—	0,2—0,8	4,0—8,0	0,07—0,09	0,01—0,03
Thomasroheisen						nicht		
Marke Mn.	Rheinland-Westfalen	"	?	—	?	unter 2,0	1,7—1,9	0,10—0,15
" " M.M.	"	"	3,7—3,9	—	0,5—1,0	um 1,5	1,7—1,9	0,10—0,15
" " O.M.	"	"	3,2—3,7	—	0,5—1,5	unter 1,0	1,0—1,8	0,10—0,15
" " Mn.	Lothr.-Luxemburg	"	2,8—3,4	—	0,4—0,8	unter 1,5	1,7—1,8	0,04—0,07
" " O.M.	"	"	2,8—3,4	—	0,4—0,8	0,3—0,4	1,7—1,8	0,08—0,15
Spiegeleisen	Siegerland	"	4,0—5,0	—	0,3—0,5	6,0—25	0,06—0,1	0,01—0,02
Ferromangan	Rheinland-Westfalen	"	6,0—7,5	—	1,3—0,2	60—80	0,3—0,4	0,01—0,02
Ferrosilizium	"	grau	3,0—1,0	?	8—10	0,6—1,0	0,07	0,01—0,02

Das Schmelzen dieses Eisens, die Bildung und Verflüssigung der Schlacke vollzieht sich etwa in der unteren Hälfte der Rast und den obersten Teilen des Gestelles.

Das flüssige Eisen sammelt sich im Gestelle an, die leichtere Schlacke schwimmt obenauf; ersteres wird durch das Stichloch von Zeit zu Zeit abgelassen, letztere fließt dauernd ab.

Die Erzeugnisse des Hochofens.

Man erhält:

- I. **Roheisen**, und zwar je nachdem wie der Kohlenstoff darin vorkommt:
 - a) Graues Roheisen, das durch Aufnahme größerer Mengen Silizium den Kohlenstoff aus seiner Verbindung mit Eisen her austreibt und die Graphitbildung befördert, doch spielt auch die Zeitdauer der Abkühlung eine große Rolle.
 - b) Weißes Roheisen, das einen größeren Mangan-gehalt aufweist, der die Einwirkung des Siliziums aufhebt, so dass es den gesamten Kohlenstoff in chemischer Bindung enthält (siehe auch die Tabelle auf Seite 15).
- II. **Hochofenschlacke**, die verarbeitet wird zu Bausteinen, Schlackensteinen und Zementen verschiedener Art.
- III. **Gichtgase**, deren Verwendung schon weiter oben erwähnt wurde.

IV. Darstellung des schmiedbaren Eisens.

Beim Niedergange der Erze im Hochofen und Verschmelzen zu Roheisen ist es erklärlich, daß dieses außer Kohlenstoff noch eine Menge anderer Elemente im geschmolzenen Zustande aufnimmt, die, mit einem wesentlichen Bestandteil bildend, im Roheisen bleiben. Es sind dies Silizium, Mangan, Phosphor, geringere Anteile Schwefel u. a. Die Umwandlung in schmiedbares Eisen besteht nun im wesentlichen in der Entfernung dieser Nebenbestandteile durch Verbindung mit Sauerstoff (Oxydation); teils entweichen sie als Gase (Kohlenoxyd CO , schwefelige Säure SO_2) teils bilden sie eine Schlacke. Man nennt diesen Vorgang „Frischen“.

Wird bei der Darstellung schmiedbaren Eisens dessen Schmelzpunkt nicht überschritten, so erhält man es als festen Körper in Gestalt von kleinen Kristallen, die bald zu Klumpen zusammenschweißen. Dieses Eisen nennt man daher Schweiß-eisen.

Wird die Schmelztemperatur überschritten, so daß dieses Eisen in flüssigem Zustande gewonnen wird, so heißt es Flußeisen.

Das Herdfrischen.

Das älteste Verfahren ist das Herdfrischen, bei dem das Roheisen in einem Holzkohlenfeuer niedergeschmolzen wird, wobei das abschmelzende Metall durch einen die Verbrennung unterhaltenden Windstrom tropft. Die Nebenbestandteile Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Phosphor und Schwefel verbinden sich leichter mit Sauerstoff als das Eisen. Jeder Einsatz enthält nach dem Niederschmelzen weniger davon und man erhält immer reineres Eisen. Das Verfahren wird im Frischherde oder Frischfeuer durchgeführt.

Da die Anwendung eines reinen Brennstoffes wie Holzkohle Vorbedingung ist, findet es nur in sehr holzreichen Gegenden wie Schweden, Steiermark und Bosnien Anwendung. Die erzeugbare Menge Schmiedeeisen ist gering, deshalb wird es nur noch für besondere Eisensorten angewendet, z. B. schwedisches Eisen zur Erzeugung von Zementstahl, des steirischen Rohstahles u. dergl. m.

Das Produkt heißt Lancashire-Eisen. Es dient als Einsatz zur Erzeugung von Tiegelstahl.

Das Puddeln oder Flammofenfrischen. (Fig. 9.)

Der Mangel an Holzkohlen und die Unmöglichkeit, sie beim Herdfrischen durch Steinkohlen oder Koks zu ersetzen, führte zur Erfindung des Puddelns. Hier kommt nur die Flamme, nicht der Brennstoff, mit dem schmelzenden Eisen in Berührung.

Der Ofen wird auf helle Glühhitze gebracht, der Einsatz, etwa 300 kg Roheisen, schmilzt binnen 35 Minuten. Während dieser Zeit wirken die an Sauerstoff und Kohlensäure reichen Feuergase oxydierend auf das Eisen ein und verbrennen vorwiegend das darin enthaltene Silizium. Da das abschmelzende

Eisen sofort von der Schlacke bedeckt und der weiteren Einwirkung der Feuergase entzogen wird, so muß der Puddler durch Rühren mit dem Haken das Eisen mit den Feuergasen in Berührung bringen. Es wird dabei der Rest Silizium und nun auch Mangan und Eisen in größeren Mengen oxydiert, und zwar teils durch den Sauerstoff der Feuergase, teils durch den

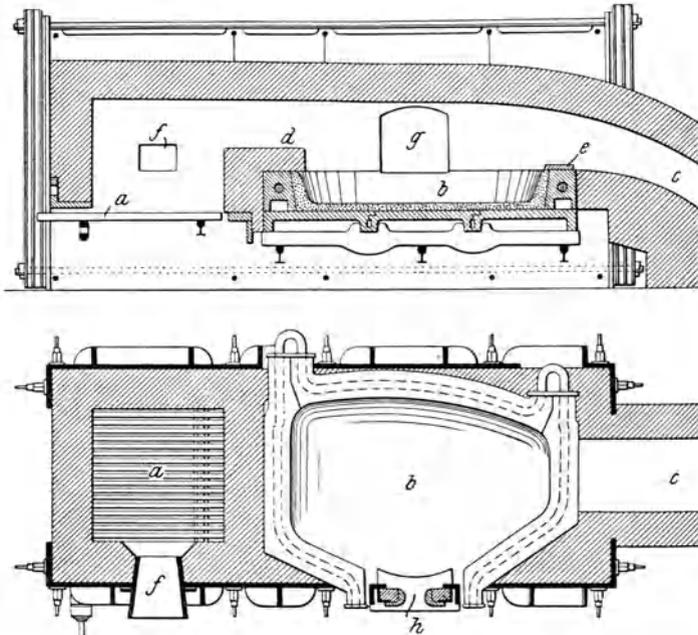


Fig. 9. Puddelofen.

(Aus Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens.)

Sauerstoff des Eisenoxyduls der Schlacke sowie durch Einwerfen von Garschlacke und Hammerschlag. Nun bemerkt man, wie an der Schlacke Gasblasen aufsteigen, die mit blauer Flamme verbrennen: es ist Kohlenoxyd, d. h. der Kohlenstoff wird jetzt oxydiert. Die Gasentwicklung wird immer lebhafter, das ganze Bad kocht. Je weiter die Entkohlung fortschreitet, desto strengflüssiger wird das Eisen und die Ofenhitze reicht nicht mehr aus, das Bad flüssig zu halten, das Metall beginnt zu erstarren. Nun wird durch Steigerung der Temperatur im Ofen

erreicht, daß sich einzelne Eisenkriställchen abscheiden, sie heben sich wie glänzende Punkte von der dunkleren Schlacke ab. Diese Kriställchen schweißen zu Klumpen zusammen, wodurch weiteres Rühren unmöglich wird. Das Roheisen ist jetzt in schmiedbares Eisen verwandelt, aber noch nicht gleichmäßig genug entkohlt. Diese Gleichmäßigkeit des Kohlenstoffgehaltes erzielt der Puddler durch das „Aufbrechen und Umsetzen“. Er vertauscht den Rührhaken mit einer starken Brechstange, der „Spitze“, mit welcher er die erstarrte Masse in einzelne Klumpen losbricht, umwendet und aufeinanderhäuft; wenn nötig, wird diese Arbeit wiederholt. Dann schreitet er zum Luppenmachen, d. h. er teilt den großen Eisenballen in vier bis sechs Stücke, rollt sie auf dem Herde hin und her, um ihnen annähernd Kugelgestalt zu geben und die umliegenden kleinen Eisenmassen mit ihnen zusammenschweißen. Durch Steigerung der Ofentemperatur wird die das schwammige Eisen durchsetzende Schlacke zum Fließen und Ausscheiden gebracht. Nun werden die Luppen einzeln unter dem Dampfhammer fester zusammenschweißt, wodurch der größte Teil der noch darin enthaltenen Schlacke ausgepreßt wird, endlich im Walzwerk zu „Rohschienen“ ausgewalzt.

Beim Puddeln auf Stahl oder Feinkorn wird graues Roheisen allein oder im Gemenge mit manganreichem, hochstrahligem und Spiegeleisen verwendet, weil eine kieselsäure- und manganreiche Schlacke die Entkohlung verlangsamt, also die Entfernung des schädlichen Schwefels begünstigt.

Das Bessemer- und Thomasverfahren. (Fig. 10.)

Das flüssige Roheisen kann hierbei für jede Hitze unmittelbar dem Hochofen oder einem Kupelofen, in dem es eingeschmolzen ist, entnommen werden. Seit einer Reihe von Jahren sammelt man das flüssige Roheisen in Mengen von 250 bis zu 1000 Tonnen in einem großen, kippbaren Behälter, dem Roheisenmischer (Fig. 11 a, 11 b und 11 c), und gibt es von dort nach Bedarf an das Bessemerwerk ab. Man erzielt dadurch außer der guten Durchmischung der verschiedenen Roheisenabstiche gleichzeitig eine beträchtliche Verminderung des Schwefelgehaltes, da sich während des ruhigen Stehens im Mischer eine schwefel- und manganreiche Schlacke abscheidet.

Der zur Durchführung des Bessemerns benutzte Apparat hat die Gestalt einer Birne, heißt daher auch Bessemerbirne. Von der in ihm vorgehenden Umwandlung des Roheisens in schmiedbares Eisen führt er den Namen Konverter. Seine Einrichtung zeigt die Figur 10. Die Birne ist so gebaut,

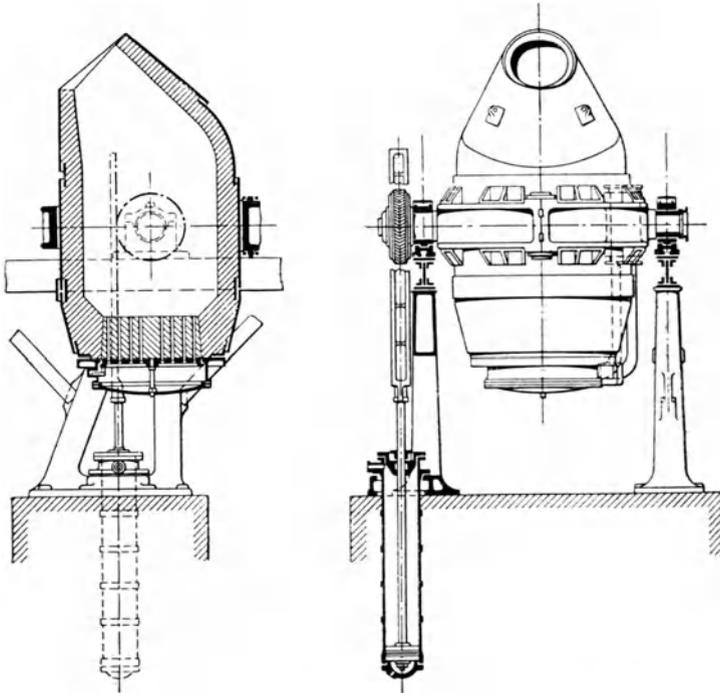


Fig. 10. Bessemerbirne. (Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

daß im liegenden Zustande das eingegossene Roheisen den Boden, der Öffnungen (Winddüsen) zum Durchblasen des Gebläsewindes enthält, nicht berührt. Einsatz: tunlichst phosphorreiches Roheisen.

Das Füllen der Birne geschieht mittels einer auf einem Wagen befindlichen oder durch einen Kran herangeführten kippbaren Pfanne, die in die horizontal gelegte Birne entleert wird. Nach dem Einfüllen wird der Gebläsewind angelassen und die Birne dann langsam aufgerichtet. Die das Bad durchströmen-

den Windstrahlen wirken sofort auf die einzelnen Bestandteile des flüssigen Metalles oxydierend ein und verbrennen zunächst Silizium und Mangan, wodurch die Temperatur rasch steigt. In wenigen Minuten ist dies geschehen und es beginnt nun eine lebhafte Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure durch die massenhafte Entwicklung von Kohlenoxydgas. In 10 Minuten ist auch der Kohlenstoff abgeschieden, der Frischprozeß ist beendet.

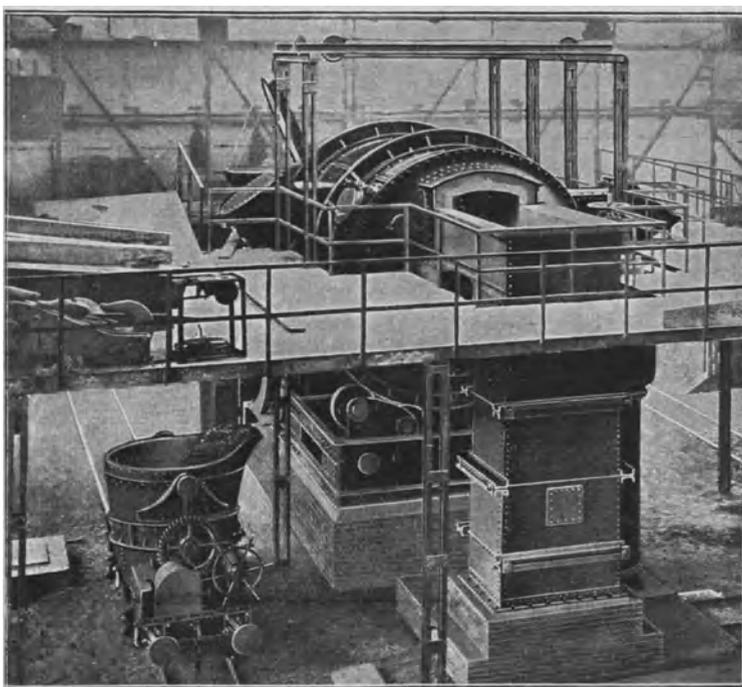


Fig. 11a. Heizbarer Roheisen-Rollmischer.

Nach beendetem Frischen wird die Birne wieder in die wagerechte Lage gekippt und der Wind abgestellt. Nachdem man sich noch durch eine Schöpf- bzw. Schmiedeprobe von der Erreichung des gewünschten Entkohlungsgrades überzeugt hat, setzt man dem Bade eine dem Härtegrade des zu erzeugenden Stahles entsprechende Menge flüssigen mangan- und

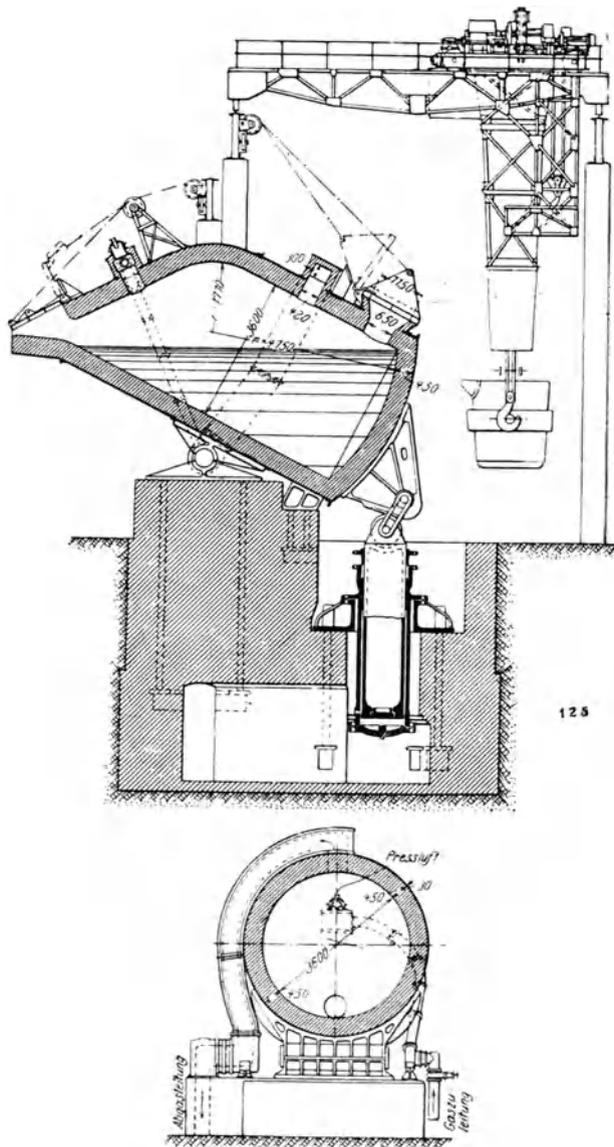


Fig. 11b. Kippbarer Roheisenmischer

kohlenstoffreichen Spiegeleisens oder vorgewärmten Ferromangans zu. Neuerdings schmilzt man das zuzusetzende Ferromangan im elektrischen Ofen um und gibt es in flüssigem Zustande zu. Man will auf diese Weise eine schnellere und bessere Durchmischung des Ferromangans mit dem Bade erreichen. Zur Beförderung der Gleichmäßigkeit der Mischung bläst man auf einigen Werken nach dem Zusatze für einige Sekunden nach; darauf folgt das Ausgießen in die bereitstehende Gießpfanne, aus der die Verteilung des Stahles in gußeiserne Gußformen Kokillen (Fig. 12), stattfindet.

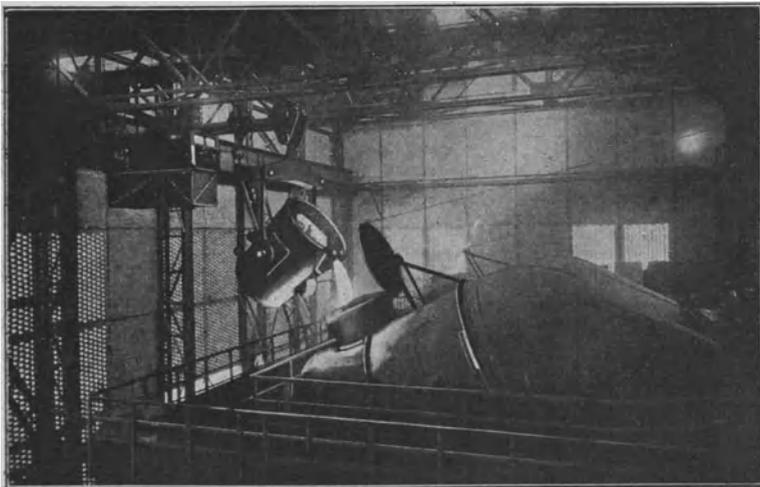


Fig. 11c. Eingießen von Roheisen in einen Kippmischer
(Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

Das Bessemerflußeisen wird für gröbere Werkzeuge, Federn, Bleche, Schienen u. dgl. m. verwandt.

Wie wir eben erfahren haben, kann beim Bessemern der doch leicht verbrennende Phosphor nicht entfernt werden, und zwar aus dem Grunde, weil die Bessemerbirne mit einem kieselsäurereichen Futter ausgekleidet ist. Denn eine eisenoxydreiche Ausmauerung, wie sie sich im Puddelofen gut bewährt hatte, wäre in der bei der Flußstahlerzeugung entstehenden höheren Temperatur nicht mehr haltbar. Für die Abscheidung

des Phosphors aus dem Eisen ist eine basische Schlacke aber unbedingt erforderlich, damit die bei der Verbrennung entstehende Phosphorsäure durch die in der Schlacke enthaltenen Basen gebunden werden kann.

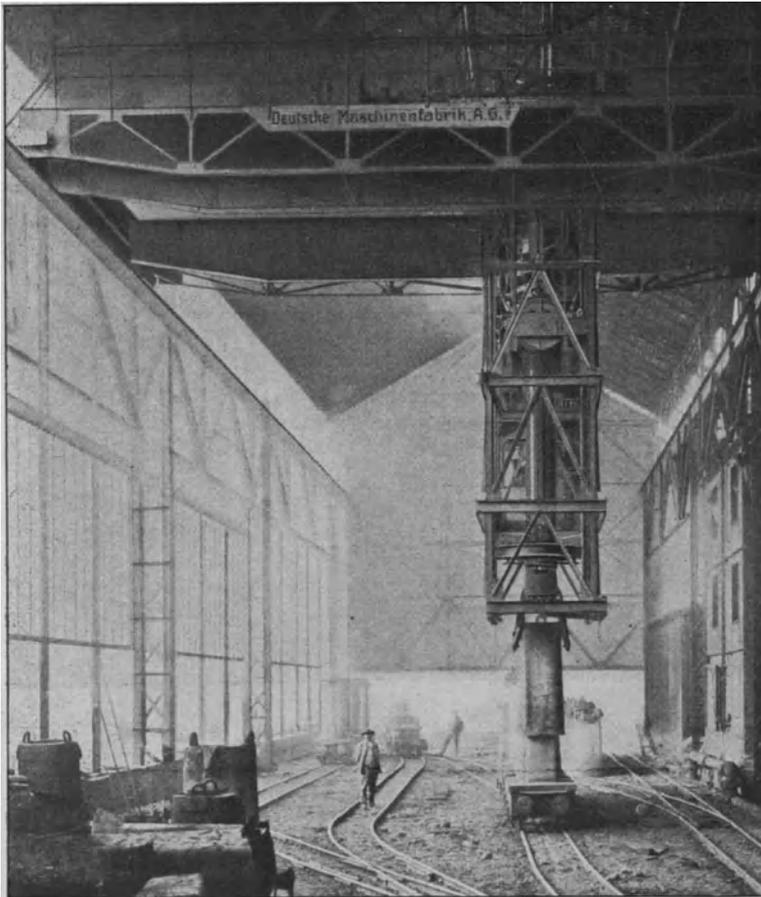


Fig. 12. Stripperzange beim Abstreifen der Kokille vom Block.

Ein widerstandsfähiger und genügend feuerfester Baustoff von geeigneter Zusammensetzung wurde erst im Jahre 1878 von Thomas und Gilchrist in dem Dolomit gefunden.

Dieser bis zum Sintern gebrannt, wodurch die darin enthaltene Kohlensäure ausgetrieben wird und er zugleich große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse erhält, wird in Kollergängen, Glockenmühlen, gemahlen, mit erhitztem wasserfreiem Teer gemischt, um ihn bildsam zu machen, unter hohem Druck zu Steinen geformt, mit denen der Konverter innen ausgemauert wird, während der Konverterboden, den man für sich einsetzt, auf einer besonderen Stampfmaschine unter Freihalten der Düsenlöcher aufgestampft wird. Durch nachträgliches Brennen werden die flüchtigen Bestandteile des Teeres ausgetrieben, während Kohlenstoff als ein die Dolomitteilchen verbindender Kitt zurückbleibt. In einer so ausgefütterten Birne kann durch Zusetzen gebrannten Kalkes eine so stark basische Schlacke erzeugt werden, daß die Ausscheidung des zu Phosphorsäure verbrannten Phosphors keine Schwierigkeiten mehr bietet.

Einsatz: Siliziumarmes, weißes Roheisen (0,2 ÷ 0,5 v. H. Si)
3 ÷ 3,5 v. H. C, 1 ÷ 2 v. H. Mn, 1,8 ÷ 2,5 v. H. P.

Durch Verbrennung von 1 v. H. Phosphor beträgt die Temperatursteigerung etwa 120° C, und da dies erst am Schlusse des Prozesses geschieht, erhält das Bad dann die größte Hitze, wenn durch die Entstehung des schmiedbaren Eisens auch die höchste Temperatur nötig ist.

Silizium und Mangan verbrennt wie beim Bessemerverfahren, dann der Kohlenstoff, endlich der Phosphor.

Die Beendigung des Prozesses erkennt man leicht am Aussehen der aus der Birne herausschlagenden Flamme. Durch Schöpf- und Schmiedeproben nach dem Nachblasen überzeugt man sich von der Beendigung der Entphosphorung. Fällt sie befriedigend aus, wird die Schlacke abgegossen, dann erfolgt der Zusatz von Ferromangan oder Spiegeleisen zur Rückkohlung.

Erzeugnisse: Schienen, Brücken- und Eisenbahnbaumaterial, Bauwerkseisen, Bleche usw. Thomasschlacke als Düngemittel.

Das Siemens-Martin- oder Herdfrischverfahren.

(Fig. 13 u. 13a.)

Hier erfolgt die Darstellung des schmiedbaren Eisens auf dem Herde eines Flammofens, der. in gleicher Weise wie beim

Windfrischverfahren, mit saurer Masse (Quarz) oder basischer Masse (Dolomit) ausgekleidet werden kann. Die basische

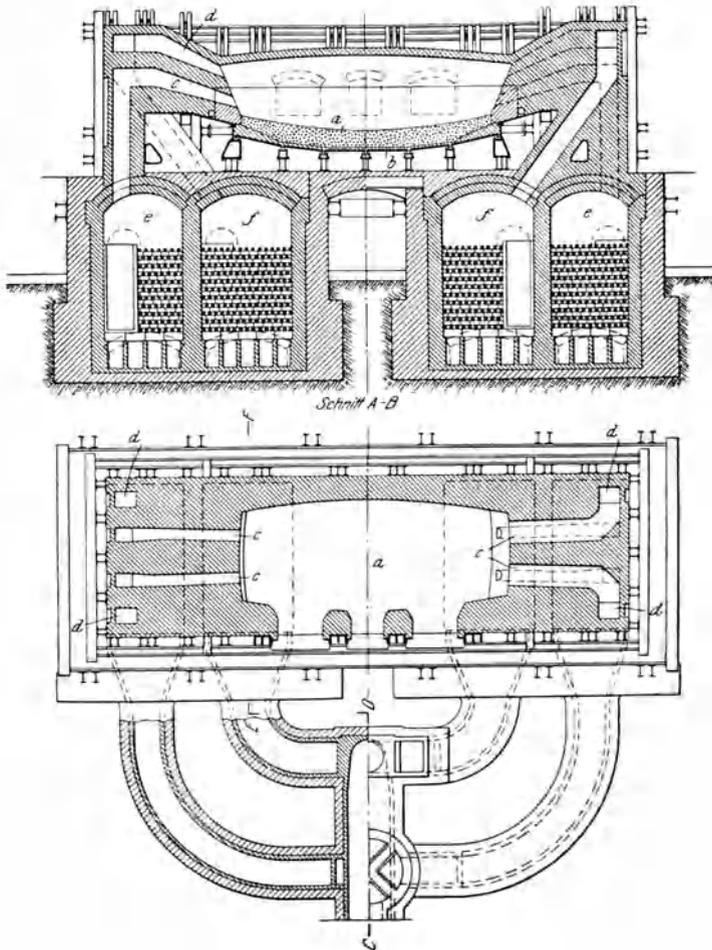


Fig. 13. Siemens-Martin-Ofen im Längsschnitt
(Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

Zustellung wird weitaus am meisten angewandt wegen der Möglichkeit, auf dem basischen Herde den Phosphor aus dem Bade abscheiden zu können. Den sauer zugestellten Martin-

ofen benutzt man fast nur noch zur Formgußdarstellung oder zur Erzeugung von Stahl.

In den feststehenden Martinöfen verarbeitet man Einsätze bis zu 50 t, zur Bewältigung größerer Einsätze, bis zu 300 t, haben Öfen mit beweglichem Herde, sogenannte Kippöfen, Verwendung gefunden.

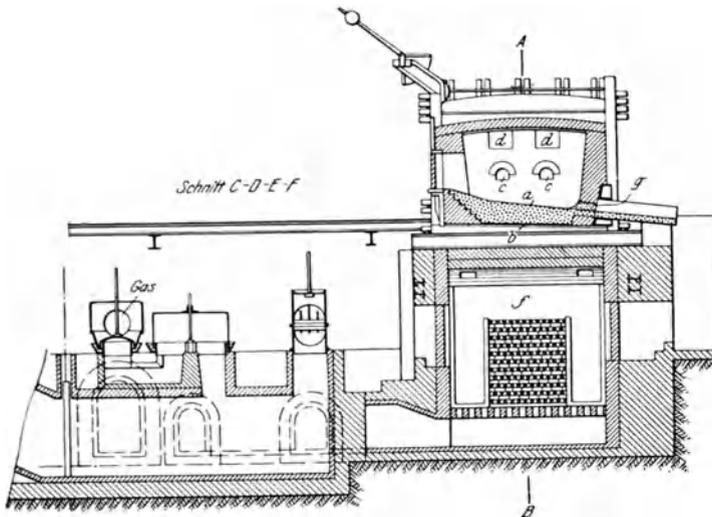


Fig. 13a. Siemens-Martin-Ofen im Querschnitt.
(Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

Anfangs benutzte man das Verfahren zur Verwertung der Abfallstücke (Schrott), indem diese unter Zusatz von Roheisen eingeschmolzen wurden. Allmählich hat es sich zu einem selbständigen Frischverfahren entwickelt und dadurch große Bedeutung erlangt.

Die Versuche der Brüder Emil und Pierre Martin, durch Zusammenschmelzen von Roheisen und wenig Kohlenstoff enthaltendem Schmiedeeisen (Schrott) Flußeisen bzw. Flußstahl im Flammofen zu erzeugen, hatten erst dann ein befriedigendes Ergebnis, als durch Einführung der Gasfeuerung und Wiedergewinnung der Abgashitze in Wärmespeichern im Flammofen eine bedeutend höhere Temperatur als vorher erreicht werden konnte.

Das benutzte Gas, hergestellt in besonderen Gaserzeugern, Generatoren, ist vorwiegend Kohlenoxyd, das mit Luft gemischt unter großer Wärmeentwicklung verbrennt. Eine weitere Temperatursteigerung erzielte man durch Vorwärmung der Heizgase und der Verbrennungsluft, indem man die aus dem Ofen strömenden, noch sehr heißen Verbrennungsgase durch Kammern (Wärmespeicher oder Regeneratoren) mit gitterförmiger Steinfüllung leitet, wodurch dieses Gitterwerk auf helle Glühhitze gebracht wird; die so in ihm aufgespeicherte Wärmemenge wird dann wieder an das jetzt durch dieselben Kammern geführte Heizgas und an die Verbrennungsluft abgegeben.

Zum Einsetzen der Beschickung benutzt man jetzt fast allgemein eine Chargiermaschine; sie nimmt die einzelnen Beschickungsmaterialien in Mulden auf, hebt diese in den Ofen und entleert sie dort durch Drehen. (Fig. 14a.)

Die im Martinofen sich abspielenden Prozesse beruhen auf einem Frischvorgang, indem der in den Gasen enthaltene Sauerstoff mit Hilfe der sich bildenden Schlacke auf die Fremdkörper des Eisens oxydierend einwirkt.

Schrottschmelzverfahren. Zunächst wird das Roheisen in Mengen von etwa 5 bis 30 v. H. des ganzen Einsatzes, unter gleichzeitigem Einbringen des erforderlichen Kalkzuschlages zum Abscheiden von Phosphor, Silizium und Schwefel eingeschmolzen; dann werden Flußeisenabfälle (Schrott) auf einmal oder in mehreren Pausen zugesetzt. Der Verlauf des Schmelzvorganges erstreckt sich im wesentlichen auf eine allmählich fortschreitende Verbrennung des Kohlenstoffes, Siliziums, Mangans und Phosphors. Zur Beschleunigung der Entkohlung wirft man zuweilen kleine Mengen Erz (auch Hammerschlag und Sinter) in das Bad.

Silizium ist schon nach beendigtem Einschmelzen fast völlig abgeschieden; Mangan wird zwar rasch oxydiert, aber die basische Schlacke verzögert die völlige Verbrennung, so daß gegen Ende des Einschmelzens etwa 0,2 v. H. Mangan im Metallbade enthalten sind; Phosphor verbrennt auch teilweise während des Einschmelzens, bei höherem Gehalte wird er aber erst bei starker Kohlenstoff-Abnahme abgeschieden.

Je weiter die Entkohlung fortschreitet, desto höher steigt die Schmelztemperatur im Ofen. Ist der Frischprozeß genügend



Fig. 14. Chargierbühne mit Chargierkran. (Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

weit fortgeschritten, was durch Schöpf-, Schmiede- und Bruchproben festgestellt wird, so folgt, wie beim Thomasverfahren, ein Zusatz von Ferromangan oder Spiegeleisen zur Desoxydation bzw. mehr oder weniger starker Rückkohlung. Man erhält so weichstes Flußeisen oder Stahl. Durch Zusatz anderer Metalle: Nickel, Chrom u. a. kann man die entsprechenden Sonderstahlarten herstellen.

Nach Beendigung des Prozesses wird der Ofeninhalt in die davor gebrachte Gießpfanne abgelassen.

Kombiniertes Bessemer- und Martinverfahren, sog. Duplexprozeß: Zuerst in Witkowitz ausgebildet, ist es dort von Vorteil, wo ein Roheisen verarbeitet werden muß, das für das Thomasverfahren zu arm an Phosphor und zu reich an Silizium ist, andererseits aber zu viel Phosphor für den Bessemerprozeß enthält. Das Roheisen wird in der sauren Birne zunächst vorgefrischt, wobei Silizium abgeschieden wird; im basischen Martinofen erfolgt dann das Fertigfrischen.

Roheisenerzverfahren. Der Einsatz besteht aus Roheisen und Erz, das mit dem Kalk in mehreren Einsätzen zugeschlagen wird. Die im Roheisen vorhandenen Fremdkörper werden durch die Oxydationswirkung der Heizflamme und dem Sauerstoff der zugeschlagenen Erze rasch abgeschieden. Als Erze verwendet man Rot- oder Magneteisenstein, Walzensinter usw.

Bertrand-Thiel-Prozeß: Benutzt werden zwei Martinöfen mit basischem Herd. Der eine dient zum Vorfrischen, wobei die Hauptmenge des Phosphors abgeschieden wird, der zweite zum Fertigfrischen, nachdem vorher die zuerst entstandene Schlacke abgelassen und ein erneuter Erzzusatz gegeben worden ist.

Hoesch-Verfahren: Es arbeitet nach demselben Grundsatz. Die Zweiteilung des Verfahrens wird aber in nur einem Ofen vorgenommen. Der Martinofen wird mit Kalk und Erz beschickt, flüssiges Roheisen mit oder ohne Schrottzusatz eingelassen und dann zuerst vorgefrischt, wobei Silizium vollständig, Phosphor und Mangan bis auf einige Zehntel v. H. abgeschieden werden. Der ganze Ofeninhalt wird in eine Pfanne abgelassen, die Schlacke hier abgegossen und das schlackenfreie Metall in demselben Ofen unter Zusatz von Erz, Kalk und Schrott fertiggefrischt. Die Entkohlung erfolgt sehr rasch, Phosphor wird in kurzer Zeit bis auf Spuren beseitigt.

Talbot-Verfahren: Hauptsächlich in Amerika und England verbreitet und im kippbaren Martinofen durchgeführt.

Darstellung des Zement-, Raffinier- und Tiegelstahles.

Alle bisherigen Verfahren zur Stahlerzeugung gehen vom Roheisen aus. Seit Jahrhunderten wurde auch der entgegengesetzte Weg eingeschlagen und weiches, reines Schmiedeeisen durch Zuführung von Kohlenstoff in Stahl verwandelt. Man nennt dies „Zementieren“. Der so gewonnene Zementstahl eignet sich besonders zur Bereitung eines guten Tiegelstahles.

Der Vorgang ist folgender: Flache Schweißisenstäbe, 10 bis 20 mm dick, 50 bis 100 mm breit, packt man in große, bis 8 oder 12 t Eisen fassende, gemauerte Kisten zwischen zerkleinerte

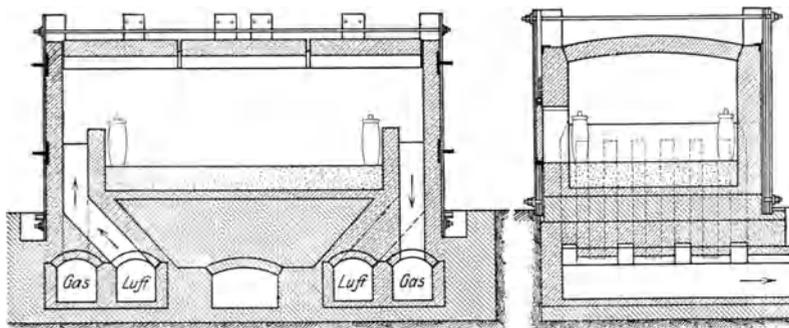


Fig. 15. Tiegelofen.

Holzkohle und glüht das Ganze bei etwa 1000°C 7 bis 12 Tage lang, worauf man die Kisten während 5 bis 7 Tagen langsam abkühlen läßt. Dabei wandert der Kohlenstoff aus der Holzkohle in das Eisen bis ins Innerste der Stäbe. Die Menge des aufgenommenen Kohlenstoffes ist von der Höhe der Temperatur, der Dauer des Glühens und der Dicke der zu zementierenden Stücke abhängig. Das Erzeugnis hat darnach einen Kohlenstoff-Gehalt von 0,8 bis 1,5 v. H., ist auf dem Bruche grau und grobblättrig, auf der Oberfläche blasig (Blasenstahl). Diese Blasen rühren von der Reduktion der Eisenoxyde her, die den Hauptbestandteil der in jedem Schweißisen eingelagerten Schlacke bilden. Zementstahl enthält noch Schlackeneinschlüsse,

auch ist der Kohlenstoff-Gehalt nicht in allen Teilen gleichmäßig hoch, erfordert also einen Ausgleich. Beides kann man erreichen entweder

- a) durch Zusammenschweißen mehrerer Rohstäbe oder
- b) durch Umschmelzen.

Nach $\frac{1}{2}$ 1 $1\frac{1}{2}$ 2 $2\frac{1}{2}$ 3 4 Stunden
 Schmelzdauer

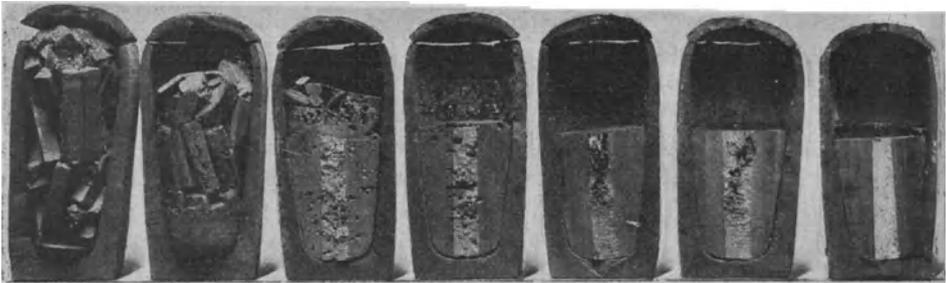
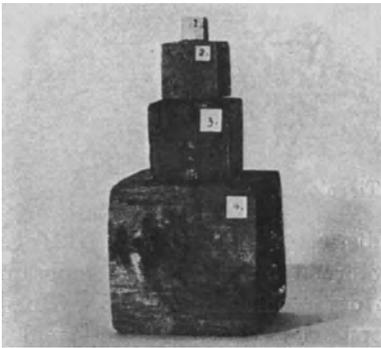


Fig. 15a. Zustand des Schmelzgutes im Tiegel (an der Luft erkaltet).



Zur Herstellung einer Raumeinheit
 Tiegelgußstahl in der Grösse 1
 sind erforderlich:

Erz _____ Volumen 2
 mineralische Kohle _____ Volumen 3
 Holzkohle _____ Volumen 4

Fig. 15b

Ersteres, das ältere Verfahren, heißt Gärbrennen und wird bei Schweißstahl angewandt; für Flußstahl ist letzteres in Aufnahme gekommen (Tiegelstahldarstellung).

a) Gärbstahl oder Raffinierstahl. Die zu Paketen vereinigten Rohstäbe werden auf Schweißtemperatur erhitzt und unter mehrfachem Hämmern, Walzen oder Pressen bearbeitet. Die infolge der hohen Temperatur zum Fließen gebrachte Schlacke wird dabei herausgequetscht.

b) Tiegelstahl. (Fig. 15.) Zum Umschmelzen benutzt man Tiegel aus feuerfestem Ton mit Graphitzusatz.

Die Schmelzöfen werden mit Gasfeuerung unter Wiedergewinnung der Abgaswärme in Regenerativkammern betrieben. 20 bis 100 Tiegel werden gleichzeitig eingesetzt und nach dem fertigen Schmelzen mittels langer Zangen aus dem Ofen geholt und in die Gußform oder Kokille entleert.

Die Qualität des Tiegelstahles ist ganz vorzüglich, seine Darstellung aber kostspieliger als jede andere. Zur Verbesserung seiner Festigkeitseigenschaften und Schneidfähigkeit setzt man dem Tiegelstahl noch andere Metalle zu wie Wolfram, Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium usw., und zwar in verhältnismäßig kleinen Mengen.

Stahlerzeugung im elektrischen Ofen.

Zur Durchführung dieses Schmelzprozesses kommen, je nach der Art der Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme, drei Gruppen in Betracht:

Lichtbogen-, Widerstands- und Induktionsöfen.

a) **Lichtbogenöfen:** Der Ofen von Stossano. Der Ofenraum ist allseitig geschlossen, von runder oder ovaler Form. Die Kohlenelektroden von 80 bis 100 mm Durchmesser sind verstellbar. Zwischen ihnen entsteht der Lichtbogen, durch dessen strahlende Wärme das Bad und die Ofenwände erhitzt werden. Der Ofen wird kippbar ausgeführt. (Fig. 16 und 17.)

Der Ofen von Héroult. In seiner äußeren Form ähnelt er einem kleinen kippbaren Martinofen. Er besitzt bei Wechselstrom 2, bei Drehstrom 3 Kohlenelektroden, die beim 3-t-Ofen 360×360 mm stark sind; sie sind durch die Ofendecke hindurchgeführt und werden von Hand oder automatisch so eingestellt, daß sie sich 45 mm über dem Stahlbade befinden. Auf dem Metallbade wird eine dünne Schlackendecke gehalten. Der Strom tritt durch einen Lichtbogen zwischen der einen Elektrode zur Schlackendecke über, strömt durch das Bad hindurch und durch einen zweiten Lichtbogen zur anderen Elektrode zurück. (Fig. 18.)

b) **Widerstandsöfen:** Der Ofen von Girod. Er arbeitet nur mit einer Kohlenelektrode, die durch das Deckengewölbe in

den kippbar eingerichteten Ofen hineinragt. Das Metallbad auf dem basischen Herde bildet die zweite Elektrode. Die Stromableitung erfolgt durch 4 bis 16 wassergekühlte Flußeisen-elektroden, die durch den Boden des Herdes in das Metallbad

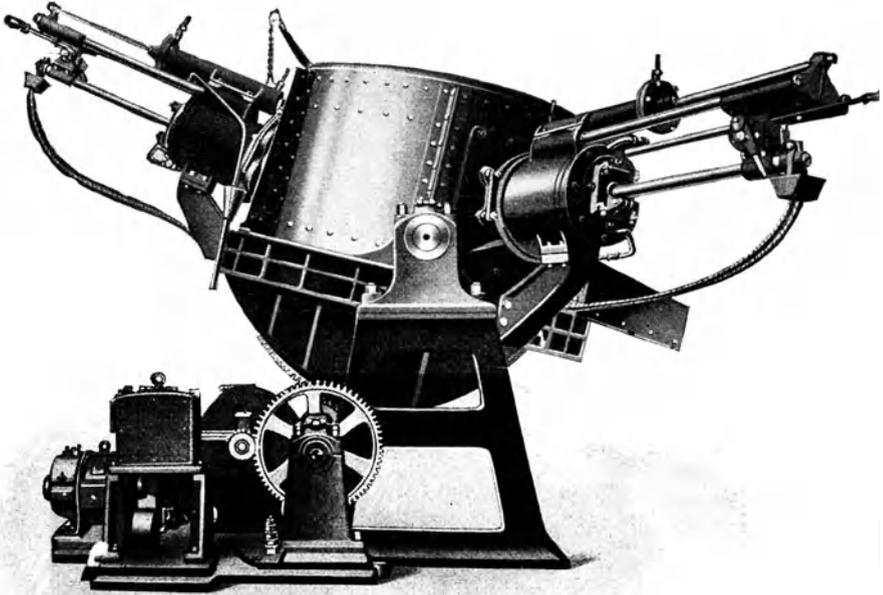


Fig. 16. Strahlungs-ofen System Mönkemöller (Stassano-Prinzip).

hineinragen. Der Strom geht von der Kohlenelektrode durch einen Lichtbogen zur flüssigen Schlacke über und von dort durch das Metallbad zur Stromquelle zurück. (Fig. 19.)

Der Ofen von Keller. Er hat im Prinzip die gleiche Anordnung wie der Girod-Ofen, doch ist hier der Herd leitend gemacht.

c) Induktionsöfen. Der Ofen von Kjellin. Den eigentlichen Ofenraum bildet hier eine aus feuerfestem Materiale gebaute kreisförmige Rinne. In der Mitte dieses rinnenförmigen

Herdes befindet sich ein senkrecht zur Ofenebene stehender ringartiger Metallkern, der aus starken, voneinander isolierten

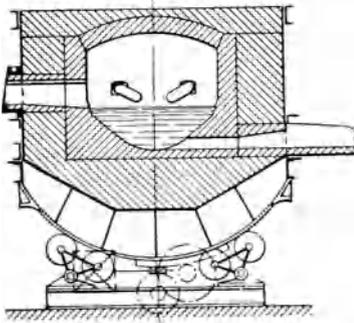


Fig. 17.*) Stassano-Ofen.

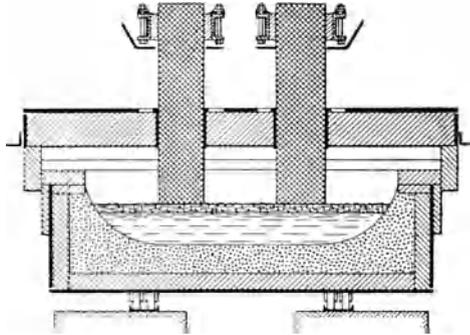


Fig. 18. Ofen von Héroult.

Eisenblechen zusammengesetzt und in der Mitte von einer Kupferdrahtspule umgeben ist. Fließt durch diese Spule ein

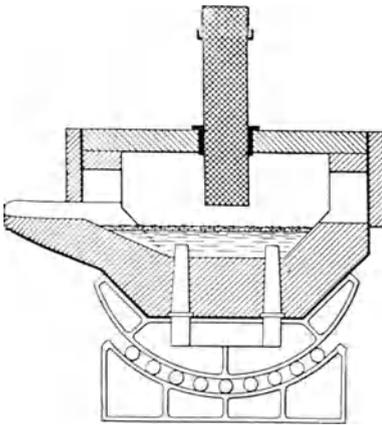


Fig. 19. Ofen von Girod.

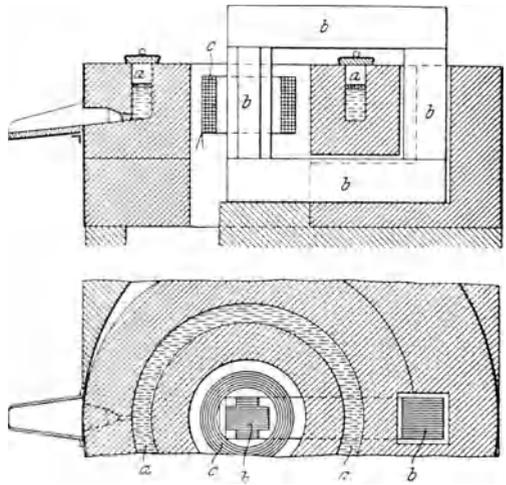


Fig. 20. Ofen von Kjellin.

Wechselstrom, so wird, wie bei einem gewöhnlichen Transformator, in dem Eisenkerne Magnetismus erregt, der seinerseits wieder in dem als Sekundärkreis wirkenden ringförmigen

*) Figg. 17 bis 21 aus Gemeinfaßliche Darstellung.

Metallbade durch Induktion Wechselströme erzeugt, die dann das Metall durch Widerstandserhitzung zum Schmelzen bringen. Der Vorteil dieses Ofensystems beruht darauf, daß die im Innern des Bades entstehende Hitze die Ofenwände schont, von Nachteil ist die geringe Oberfläche der Schmelzrinne; man ist deshalb an reinen, guten Einsatz gebunden, da Schlacken-zusätze, die reinigend auf das Bad wirken, nicht möglich sind. (Fig. 20.)

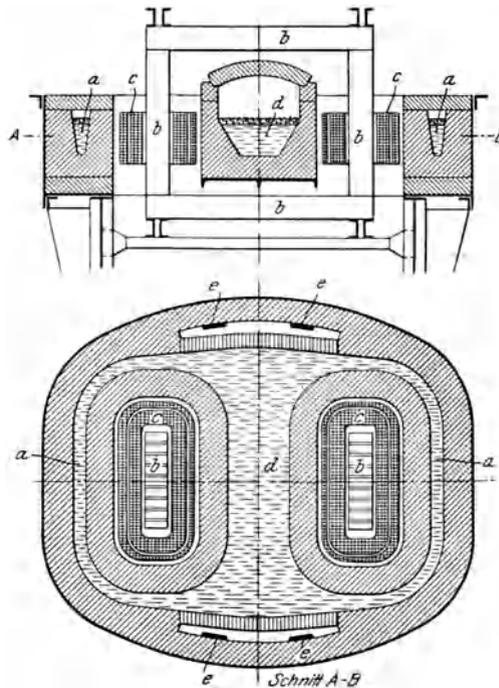


Fig. 21. Ofen von Röchling-Rodenhauser.

Der Ofen von Röchling-Rodenhauser. Er vermeidet den zuletzt erwähnten Nachteil des Kjellinofens, da er außer der schmalen Heizrinne einen Herdraum mit großer Oberfläche, den sog. Arbeitsherd, besitzt. In diesem wird das Bad durch Widerstandserhitzung geschmolzen, wozu über die Primärspule eine zweite Spule gewickelt ist, deren Enden mit Eisenplatten verbunden, im Ofenmauerwerk so angebracht sind, daß der

Stromfluß durch das Bad des Herdes gehen muß. Die Platten sind durch vorliegendes Mauerwerk, welches bei der hohen Ofentemperatur leitend ist, vor dem Abschmelzen geschützt. Der Ofen arbeitet in der Regel mit Wechselstrom. Der elektrische Strom wirkt bei allen drei Ofenarten nur als Wärmequelle. Durch diese Art der Beheizung erreicht man nicht nur bedeutend höhere Temperaturen, sondern sie zeichnet sich auch durch hohe Reinheit aus. (Fig. 21.)

Der Einsatz kann kalt oder warm eingegeben werden; in Deutschland zieht man es jedoch der geringeren Stromkosten wegen vor, das Einsatzmaterial dem Martinofen oder dem Konverter nach dem Frischen, aber vor der Desoxydation, flüssig zu entnehmen und es im Elektrostahlofen nur zu reinigen (raffinieren).

Das Reinigungsverfahren beginnt damit, daß man sofort nach dem Einsatze des Roheisens oxydierende Mittel: Roteisenerz Fe_2O_3 oder Hammerschlag bzw. Walzensinter Fe_3O_4 und gebranntes Kalk CaO zusetzt. Mangan geht in die Schlacke, Phosphor wird oxydiert und geht ebenfalls in die Schlacke über. Nunmehr werden Proben genommen; zeigen diese, daß der Phosphorgehalt genügend niedrig ist, so wird die phosphorhaltige Schlacke abgegossen und neuer Kalk zugegeben. Es beginnt nun die Desoxydation und gleichzeitig die Entschwefelung. Als Desoxydationsmittel fügt man Ferromangan und Ferrosilizium, auch wohl Kalziumkarbid oder Siliziumkarbid im Verein mit Manganerzen zu. Nach der Entschwefelung beginnt die Rückkohlung durch Ferromangan, Spiegeleisen, Holzkohlen- oder Kokspulver auf den gewünschten Kohlungsgrad. Um das Bad frei von Gasen zu erhalten, läßt man es noch einige Zeit stehen, „garen“, damit die Gase entweichen können, dann wird es in die Gießpfanne gegossen. Der ganze Prozeß dauert etwa 3 bis $3\frac{1}{2}$ Stunden. Der Stromverbrauch beträgt

bei festem Einsatz für 1 t = 800—900 kWh.

„ flüssigem „ „ 1 t = 150—300 „

Das im elektrischen Ofen erzeugte Material zeichnet sich durch besondere Reinheit aus. Durch Zusatz von Ni, Chr, Wo, Mol, Van können dem Stahl besondere Eigenschaften erteilt werden, wie sie besonders vom Werkzeugstahl, dann auch von hochbeanspruchten Konstruktionsstählen verlangt werden.

V. Weiterverarbeiten des Stahles durch Schmieden, Pressen und Walzen.

Das nach den im vorigen Abschnitte behandelten mannigfachen Verfahren hergestellte schmiedbare Eisen wurde aus dem Schmelzofen in Blockformen, sog. Kokillen, gegossen, erstarrt darin und muß nun durch Schmieden, Pressen oder Walzen zu

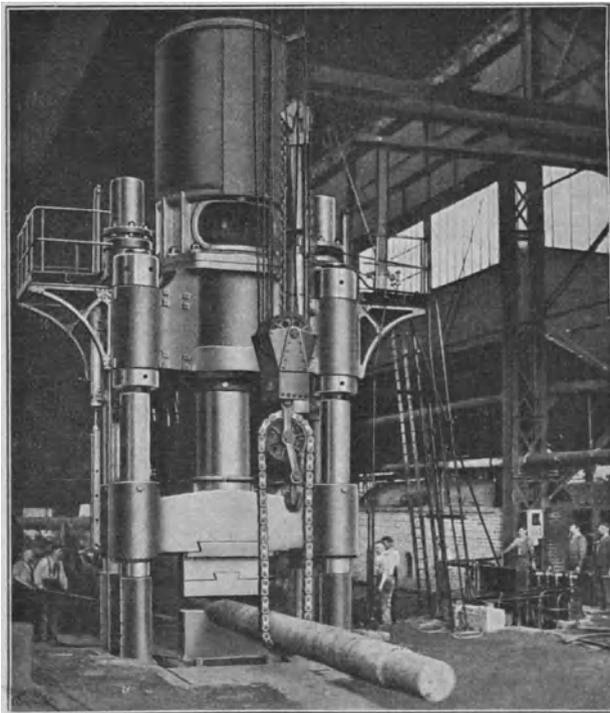


Fig. 22. Hydraulische Schmiedepresse. (Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

der jeweiligen Handelsware verarbeitet werden, von der die Stangen- und Flacheisenform für unsere Zwecke am gebräuchlichsten ist. Hand in Hand damit geht gleichzeitig eine Veredelung. Beim Schweißisen erfolgt eine Reinigung von eingeschlossener Schlacke, bei der Weiterverarbeitung zu Raffinier-

oder Gärbstahl das Zusammenschweißen der Pakete. Beim Flußeisen wird nicht nur das Material dichter, sondern auch Hohlräume, die durch das Entweichen von Gasen im Augenblicke des Erstarrens und durch Abkühlungsvorgänge nicht ganz zu vermeiden sind, zusammengedrückt oder zusammengeschweißt werden. Die schweren Handhämmer oder durch Wasser getriebene Stielhämmer genügen für die Weiterverarbeitung der

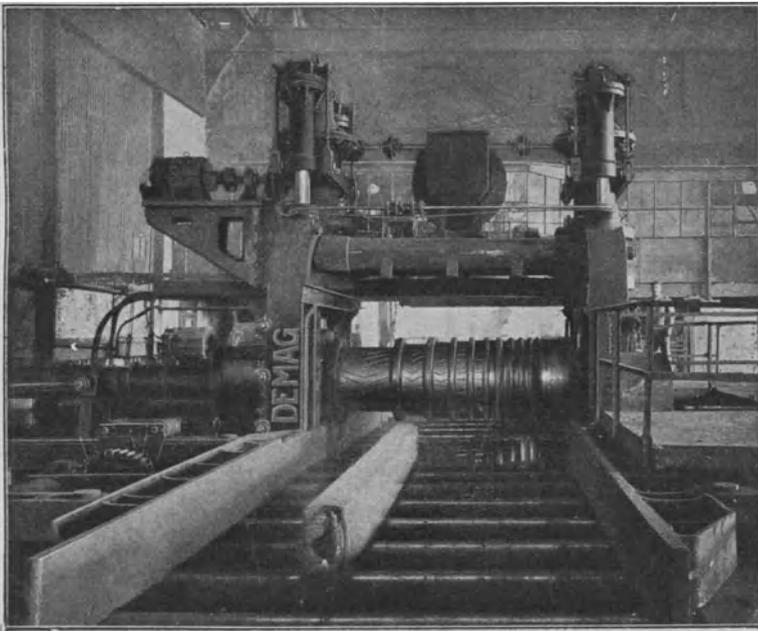


Fig. 23 a. Duo-Walzwerke. (Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)

großen Blöcke nicht mehr, an ihre Stelle sind Dampfhämmer und Schmiedepressen getreten.

Dampfhämmer wirken durch Schlag hauptsächlich auf die Oberfläche der Stahlblöcke, ohne das Innere in genügender Weise zu beeinflussen. Sie werden zum Ausschmieden der Stahlstangen benutzt; das Bärgewicht ist verschieden groß. Zum Sauberschmieden der Fertigware sind sehr rasch schlagende Hämmer mit breiter Bahn im Gebrauch. Gesenkschmiede-

40 Weiterverarbeiten des Stahls durch Schmieden, Pressen u. Walzen.

stücke, wie Massenartikel, erhalten ihre Formgebung durch Fallhämmer.

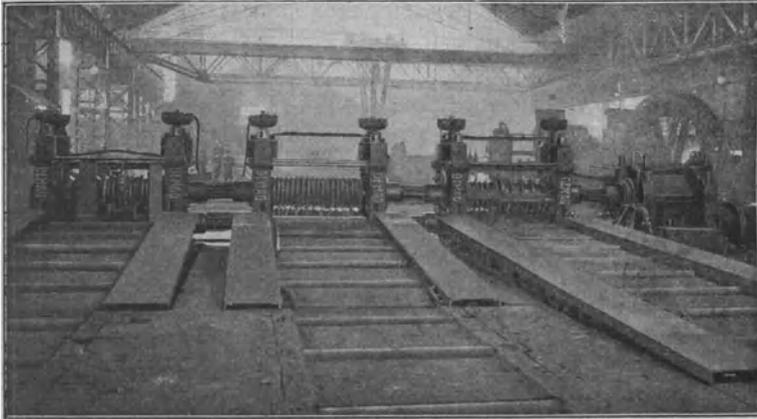


Fig. 23b. Trio-Walzwerk. (Aus Gemeinfaßliche Darstellung.)



Fig. 24. Wärm- oder Schweißöfen mit Bedienungskran.
(Aus Gemeinfaßl. Darstellung.)

Schmiedepressen wirken durch ruhigen, starken Druck vollkommener und nutzen die aufgewendete Arbeit viel günstiger aus als die schweren Dampfhammer. (Fig. 22.)

Walzwerke wirken durch Streckung des Blockes in seiner

Längsrichtung unter Verminderung seines Querschnittes. Das Material muß wiederholt durch die Walzen geführt werden, bis es die entsprechende Form erhält. Je nach der Anzahl der Walzen hat man Duo- und Triowalzwerke. (Fig. 23a u. 23b.) Da nun die Formgebung nicht in einem Zuge erfolgen kann, sind die Blöcke wiederholt zu erhitzen; es geschieht in Wärme- oder Schweißöfen, die sowohl mit Kohlen- wie mit Gasfeuerung geheizt werden. (Fig. 24.)

VI. Einteilung der Werkzeugstähle nach Härtegrad und Verwendungszweck.

Alle gewöhnlichen Werkzeugstähle sind Eisen-Kohlenstofflegierungen, man nennt sie daher Kohlenstoffstähle. Sie erhalten ihre Härte ausschließlich durch ihren Gehalt an Kohlenstoff, besitzen aber keine die Härte steigernden Beimengungen. In der Praxis teilt man die Kohlenstoffstähle ein in weiche mit weniger als 0,8 v. H. Kohlenstoff und in harte mit mehr als 0,8 v. H. Kohlenstoff; der höchste Kohlenstoffgehalt bei Werkzeugstählen beträgt 1,7 v. H. Im Handel ist der Werkzeugstahl gekennzeichnet mit dem eingeschlagenen Firmenstempel und einem aufgeklebten farbigen Etikett, wobei der härteste Stahl die hellste, der weichste die dunkelste Farbe erhält, das außer der Firmenbezeichnung und der Handelsmarke auch die Angabe des Härtegrades, der hauptsächlichsten Verwendungszwecke und der beim Schmieden und Härten angewendeten Temperaturen enthält. Vielfach wird der Härtegrad durch Zahlen, entsprechend dem Kohlenstoffgehalte, ausgedrückt, also z. B. Härtegrad 7 = 0,7 v. H. Kohlenstoff; andere Fabriken bezeichnen die Stähle mit: sehr hart, hart, mittelhart usw.

Die Leistungsfähigkeit eines Werkzeuges hängt bis zu einem gewissen Grade von der Art des verwendeten Stahles ab. Er darf für einen bestimmten Verwendungszweck, z. B. für alle ruhig beanspruchten Werkzeuge um so härter, also kohlenstoffreicher, gewählt werden, je reiner er von schädlichen Beimengungen ist; für alle Werkzeuge, die in der Hauptsache durch Schlag oder Stoß beansprucht werden, ist ein kohlenstoffarmer, reiner Stahl, z. B. Tiegelstahl,* zu benutzen. Je höher der

42 Einteilung der Werkzeugstähle nach Härtegrad u. Verwendungszweck.

Kohlenstoffgehalt sein darf, desto größer kann die Arbeitsleistung des daraus hergestellten Werkzeuges sein, eine um so sorgfältigere Behandlung muß das Werkzeug indes bei seiner Herstellung — Feuerbehandlung — erfahren. Weicher Werkzeugstahl (Bessemer-, Martin-Stahl) kann nicht so leicht überhitzt und verglüht werden als harter Werkzeugstahl; beim Härten erhält er, infolge höherer Zähigkeit, nicht so leicht Härterisse, erfordert bei der Verarbeitung zu Werkzeugen geringere Aufmerksamkeit und wird in der Praxis in viel größerem Umfange angewendet als harter Stahl.

Harter Stahl — Tiegelgußstahl — erfordert gewissenhafte und aufmerksame Arbeit bei der Herstellung der Werkzeuge und gut unterrichtete, erfahrene Schmiede und Härter.

Der Stahlfabrikant verlangt vom Käufer in der Regel Angaben über den Verwendungszweck, weil man häufig Werkzeuge findet, die aus völlig ungeeignetem Rohstahl hergestellt wurden.

Nachstehende Tabelle gibt einige Anhaltspunkte hinsichtlich der Wahl des Rohstahles für daraus herzustellende Werkzeuge:

	Kohlenstoffgehalt in v. H.
Sensen, Maschinenteile, Besteckstangen, Schmiede- und Schellhämmer	0,60—0,70
Gesenke, Warmmatrizen	0,70—0,80
Schrotmeißel, Schermesser, Lochstempel, Nadeln, Holzbearbeitungswerkzeuge, Gruben- und Steinbohrer, Hämmer für Kesselschmiede, Kreissägen	0,80—0,90
Alle Arten Bohrer, Hand- und Preßluftmeißel, Körner, Stempel, Berggezähe, Hobeisen . .	0,90—1,05
Gewindeschneidbacken, Reibahlen, Spiralbohrer, Prägestempel, Schnitte	1,05—1,15
Bohrer, Feilhauermeißel, Feilen, Lochstempel, Drehmesser, Hobel-, Kerb- u. Spaltwerkzeuge	1,15—1,25
Mühlpicken, Kranhämmer, Papier- und Tabak- messer, Graveurwerkzeuge, ärztliche Messer .	1,25—1,35
Drehmesser, Gesteinsbohrer, Steinbearbeitungs- werkzeuge	1,35—1,40
Drehmesser, Rasiermesser, Fräser, Drehwerkzeuge zum Abdrehen harter Walzen, Gewehrlaufbohrer	1,45—1,60

Spezialstähle oder legierte Stähle enthalten außer Eisen und Kohlenstoff zur Erzielung bestimmter Eigenschaften, z. B. die Härte steigernde, Beimengungen von Mangan, Chrom, Wolfram, Nickel, Molybdän, Vanadium. Sie heißen je nach der Art der Beimengungen: Chrom-, Wolfram-, Nickelstahl usw. Das ihnen aufgeklebte Etikett weicht in Text und Farbe von den bei gewöhnlichem Werkzeugstahle gebräuchlichen ab. Die hauptsächlichsten im Handel vorkommenden Spezialstahlgattungen sind:

Schnellstahl, naturharter Werkzeugstahl, Spezialdrehstahl und Magnetstahl.

Naturharter Stahl hat in ungehärtetem Zustande eine so große Schneidkraft und Härte, daß er ohne weiteres zu ruhig beanspruchten Schneidwerkzeugen verwendet werden kann. Bei langsamem Erkalten aus Rotglut ist die Härte größer als bei raschem Abkühlen.

Der Vorzug des naturharten Stahles besteht in der nicht so starken Beeinflussung der Schneidhaltigkeit bei Erhitzung der Schneidkante während der Arbeit, also bei Anwendung schnellaufender Werkzeugmaschinen, auf harten Materialien, bei Abnahme eines besonders starken Spanes usw. Der naturharte Stahl erhält diese Eigenschaften durch einen höheren Gehalt an Wolfram, Mangan und Silizium. Über die Zusammensetzung naturharten Stahles gibt die kleine Tabelle Aufschluß:

Benennung:	Kohlenstoff	Mangan	Silizium	Wolfram	Chrom
Englischer Mushetstahl	1,71	1,8	0,81	7,75	—
Steirischer Stahl . . .	1,78	1,85	1,01	9,72	—
Naturstahl	2,04	1,78	1,08	9,50	—
Schnellstahl	0,80	0,20	0,20	23,00	5,00
Sehr harter Spezialdrehstahl	1,0—1,5	i. d. bei Werkzeugstahl übl. Mengen		3,0—6,0	—

Enthält Spezialstahl einen höheren Wolframgehalt, der die Härte bedeutend steigert, so ist dieser beim Härten besonders vorsichtig zu behandeln, wenn die Härte zu voller Wirksamkeit gelangen soll, ohne daß das Werkzeug durch die entstehenden außerordentlich hohen Härtespannungen geschädigt

44 Äußere Beobachtungen an Werkzeugstahl, wie er in den Handel kommt.

wird und Härterisse bekommt. Derartigen Spezialstahlgattungen werden ausführliche Härteanweisungen beigegeben.

Weichkernstahl hat an der Oberfläche die größte Härte, im Innern ist er ganz weich. Der Übergang zwischen harter Oberfläche und weichem Innern ist ein allmählicher. Dargestellt wird solcher Stahl durch Zementation weichen Stahles; man unterbricht die Kohlung, sobald sie tief genug eingedrungen ist. Da indes das Produkt ungleichmäßig ausfällt, wird es zu Werkzeugen selten gebraucht. Zu Maschinenteilen, die sehr zähe sein müssen, deren Oberfläche aber gegen rasche Abnutzung hart sein soll, z. B. Kurbelzapfen, Lagerstellen der Dynamoachsen usw., verwendet man Weichkernstahl mit wenig tief reichender Härte. (Fig. 25.)



Fig. 25. Grobkörniger Bruch an Kanten und Ecken eines eingesetzten Stahles. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

Wolframstahl findet Verwendung bei Anfertigung von Gewindebohrern, Gewindebacken, Schneid-eisen, Drehstählen für Hartgußwalzen und abgebremste Radreifen.

Chromstahl dient zur Bearbeitung sehr harter Materialien; er eignet sich für Hobel-, Bohr- und Drehstähle, sehr harte Fräser, Schaber u. dgl. m.

Schnellstahl wird gebraucht zur Herstellung von Werkzeugen, die bei größter Schnittgeschwindigkeit schwere Schrubbarbeiten leisten sollen, also für Stähle zu Hobel-, Dreh-, Revolver- und Automattendrehbänken, Fassonmesser, Spezialbohrer und Fräser aller Art.

VII. Äußere Beobachtungen an Werkzeugstahl, wie er in den Handel kommt.

Der Verbraucher von Werkzeugstahl beachte beim Empfang der Lieferung bzw. vor Weiterverarbeitung zu Werkzeugen folgendes:

Der erhaltene Stahl muß frei sein von Rissen, Nähten, Schuppen u. ä. m.

Risse sind an der Oberfläche des Stahles durch kurze, grade in der Längsrichtung verlaufende Linien erkennbar. Sie lassen sich mit Sicherheit durch Überfeilen der betr. Stellen freilegen und feststellen.

Nähte laufen ebenfalls parallel zur Längsrichtung, meist an zwei einander gegenüberliegenden Seiten oder Kanten, selten an einer Seite. Sie entstehen durch das seitliche Austreten des Stahles beim Walzen oder Schmieden im Gesenk und durch das Umlegen und Eindrücken des ausgedrückten Materiales bei der Weiterverarbeitung.

Schuppen bestehen aus einzelnen im Bogen verlaufenden oder aus mehreren zusammenhängenden Bogen bestehenden Linien. Sie rühren meist von nicht entfernten Saigerkörnchen an der Blockoberfläche, Schlackenresten oder von beim Gießen des Stahles entstandenen Gußschalen her, seltener von Schmiede- oder Walzfehlern.

Kantenrisse sind Querrisse an den Kanten des Stahles, die senkrecht zur Längsrichtung verlaufen. Sie deuten auf „Rotbruch“ oder zeigen, daß der Stahl schon beim Schmieden stark überhitzt — verbrannt — wurde. Zur Herstellung von Werkzeugen ist solcher Stahl gänzlich ungeeignet.

Alle diese vorstehend angeführten, an der Oberfläche des Stahles wahrnehmbaren Fehler führen bei der Verarbeitung leicht zu unbrauchbaren Werkzeugen, weil die beim Härten entstehenden Härterisse hier ihren Anfang nehmen.

Das Bruchaussehen nicht gehärteten Stahles ist für seine Güte nicht, für seine Härte nur in sehr unbestimmten Grenzen maßgebend. Viele Härtefachleute, Meister u. a. m. beurteilen die einzelnen Stahlorten nur nach dem Bruchaussehen. Bei der großen Zahl von Stahlorten aller Art ist dies heute nicht mehr angängig, führt leicht zu Irrtümern und Verwechslungen. Man schlage daher die Fabrikmarke, Härtegrad und sonstige unterscheidende Bezeichnungen tunlichst an das Ende der Stahlstange nochmals auf, so daß beim Abarbeiten diese wichtigen Bezeichnungen bis zum letzten Stahlstück erkennbar bleiben. Die Ordnung im Stahlager, die so außerordentlich wichtig und die unter allen Umständen einzuhalten ist, wird hierdurch wesentlich erleichtert.

Jeder Werkzeugmacher achte besonders auch darauf, daß

die für ein bestimmtes Werkzeug mit bestimmtem Verwendungszweck erforderlichen Härtegrade der zur Verarbeitung dienenden Stahlsorte vorhanden sind; ein Behelfen mit einem für das vorliegende Werkzeug ungeeigneten Härtegrad führt fast stets zu Beanstandungen.

VIII. Prüfung des Eisens.

Die Prüfung des Eisens kann sich erstrecken auf: Festigkeitsversuche, Härteprüfung und technologische Proben. Bei ersteren wird sowohl die Kraft wie auch die hierdurch erzielte Formänderung gemessen, während letztere nur bezwecken, die Formänderungen zu beobachten, welche das Eisen bei verschiedenen in der Praxis gebräuchlichen Arbeitsverfahren erleidet.

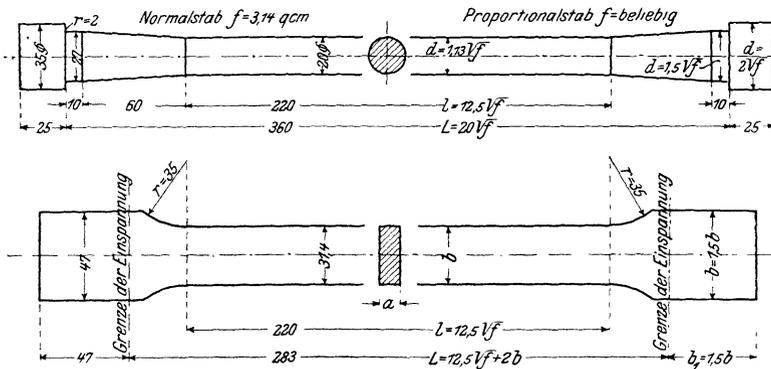


Fig. 26 u. 27. Probestäbe für den Zugversuch.
(Aus Wawrziniok, Materialprüfungswesen.)

I. Festigkeitsversuche. Form und Abmessungen der Probestäbe sind von den großen technischen Verbänden vereinbart oder von den Abnahmebehörden vorgeschrieben. Die Materialproben müssen aus dem ganzen Stück durch Hobeln, Sägen oder Bohren in kaltem Zustande entnommen werden und nicht durch Scherenschnitt oder Bearbeiten in warmem Zustande. Alle scharfen Eindrehungen und plötzlichen Übergänge von einem größeren auf einen kleineren Querschnitt sind zu vermeiden.

a) Zugversuch. Die Formen der Probestäbe zeigen Fig. 26 und 27. Der Stab wird sich allmählich steigender Zugbelastung ausgesetzt, wobei gleichzeitig seine Formveränderung beobachtet wird. Gemessen wird die Elastizitätsgrenze, Bruchdehnung, Kontraktion (Einschnürung) und die Größe der Belastung. (Fig. 28 u. 29.)

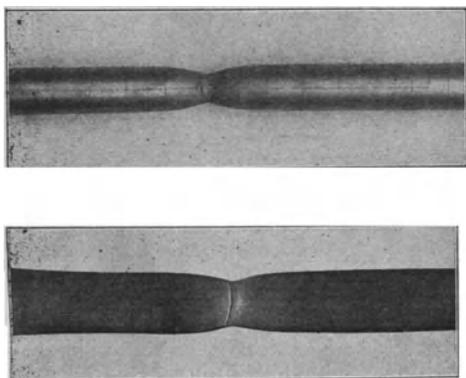


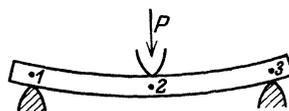
Fig. 28 u. 29. Querschnittszusammenziehung eines Rund- und eines Flachstabes.
(Aus Wawrziniok, Materialprüfungswesen.)

b) Biegeversuch. Ausführung des Versuches zeigt Fig. 30. Gemessen werden die vorübergehende und die bleibende Durchbiegung sowie die Biegezugfestigkeit.

c) Drehversuche. (Fig. 31 u. 32.) Das Probestück ist an beiden Enden eingespannt. Der eine Einspannkopf wird festgehalten, der andere durch mechanischen Antrieb verdreht. Gemessen wird die drehende Kraft und die Verdrehung.

d) Schlagversuch. Die Beanspruchung erfolgt stoß- oder schlagweise. Die Vorbereitung des Stabes und das Einspannen zeigen Fig. 33, 34, 35. Als Kraft wirkt ein aus einer gemessenen Höhe herabfallendes Fall- oder Schlaggewicht.

II. Härteprüfung. Von den vielen vorgeschlagenen Verfahren haben sich behauptet: Das Ritzhärteverfahren nach



[Fig. 30. Biegeversuch.

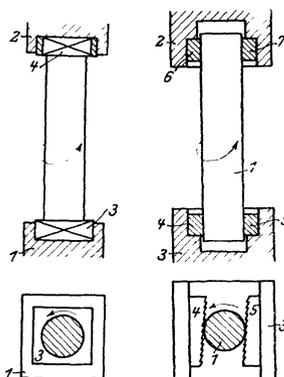


Fig. 31 u. 32. Einspannen der Probestäbe beim Verdrehungsversuch.

(Aus Wawrziniok, Materialprüfungswesen.)

Martens, das Kugeldruckverfahren nach Brinell und die Kugeldruckprobe nach Ludwik.

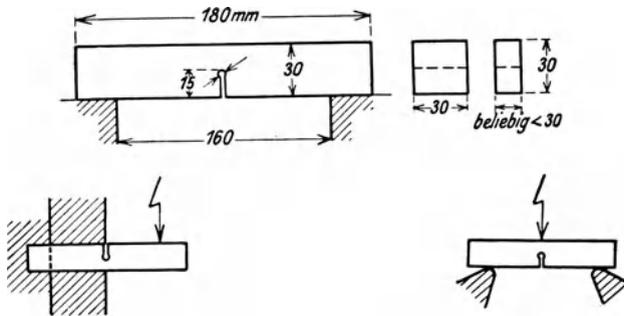


Fig. 33, 34 u. 35. Vorbereitung der Stäbe für den Schlagversuch.

a) Ritzhärteverfahren. Durch einen besonderen Apparat werden sauber polierte, ebene Proben unter einem verschiedenen hoch belasteten kegelförmig geschliffenen Diamanten fortgezogen, so daß hierdurch eine Anzahl verschieden breiter Risse entstehen. Die Breite der Risse wird unter dem Mikroskop gemessen. (Fig. 36 u. 37.)

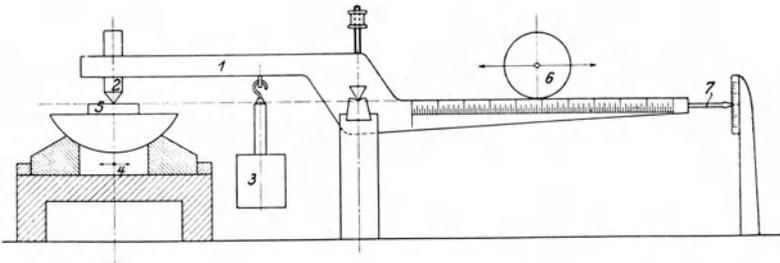


Fig. 36.*) Ritzhärteprüfer nach Martens.

b) Kugeldruckverfahren. Eine gehärtete Stahlkugel von bestimmter Größe — 10 mm Durchmesser — wird durch meßbaren, stoßfrei wirkenden Druck in die Oberfläche des zu prüfenden Materiales eingetrieben und der Durchmesser des Eindruckes gemessen. (Fig. 38 u. 39.)

*) Figg. 36 bis 47 aus Wawrziniok, Materialprüfungswesen.

c) Kegeldruckverfahren. Zur Erzeugung des Eindruckes wird ein gehärteter Stahlkegel von bestimmten Abmessungen verwendet. (Fig. 40.)

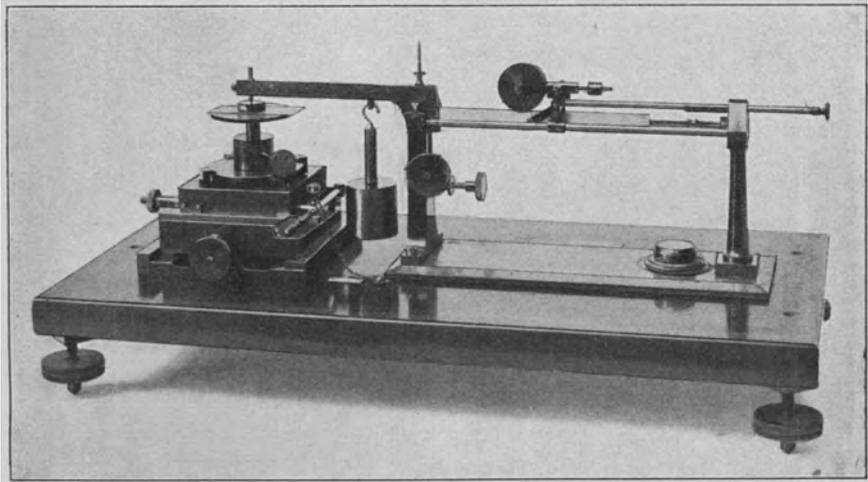


Fig. 37. Ritzhärteprüfer nach Martens.

III. Technologische Proben. Hierunter versteht man alle die Versuchsarten, mit deren Hilfe die Zähigkeit, Bildsamkeit und Bearbeitbarkeit der Metalle ermittelt werden sollen. Die gebräuchlichsten sind die Biegeprobe und Schmiedeprobe.

a) Biegeprobe. Der Stab von quadratischem, rechteckigem oder rundem Querschnitte, beiderseits gelagert, wird in der Mitte durchgebogen. Die Durchbiegung wird so weit getrieben, bis an der Außenseite des Stabes Risse auftreten. Man hat die Kaltbiegeprobe und Warmbiegeprobe. (Fig. 41 u. 42.)

b) Hin- und Herbiegeprobe. Sie wird bei Drähten angewendet und in einem besonderen Apparate ausgeführt. Die Probe ist bis zum Bruch des Drahtes auszuführen, d. h. bis er an der Biegestelle einen deutlich sichtbaren Querriß aufweist. (Fig. 43 u. 44.)

c) Die Verwindungsprobe. Sie wird ebenfalls zur Güteprüfung von Drähten ausgeführt. Mittels einer Maschine wird der Draht um seine Achse verdreht und hierbei die Anzahl der

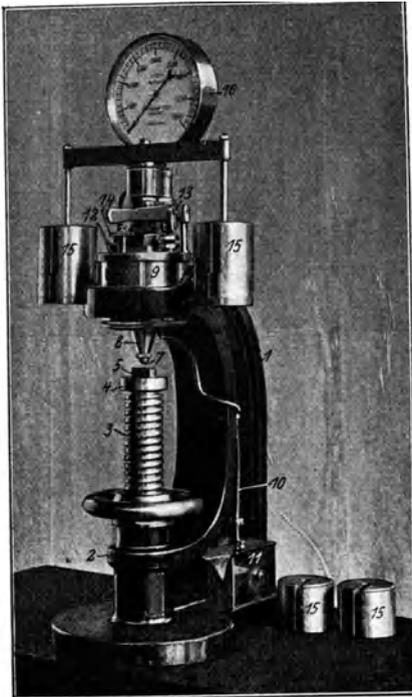


Fig. 39. Brinellsche Kugeldruckpresse.

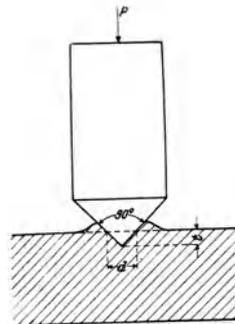
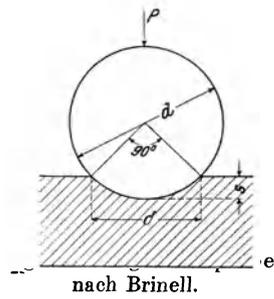


Fig. 40. Kegeldruckprobe von Ludwik.

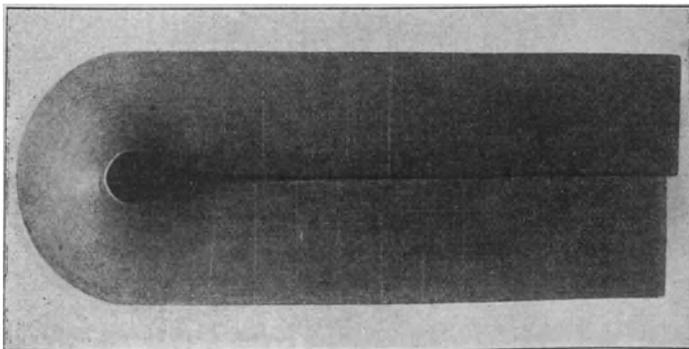


Fig. 41. Biegeprobe.

Verwindungen gezählt. Die Verwindungszahl dient als Güte-
maß.

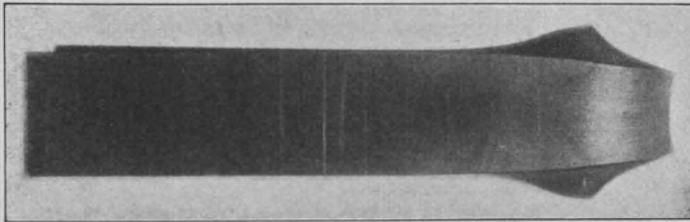


Fig. 42. Biegeprobe.

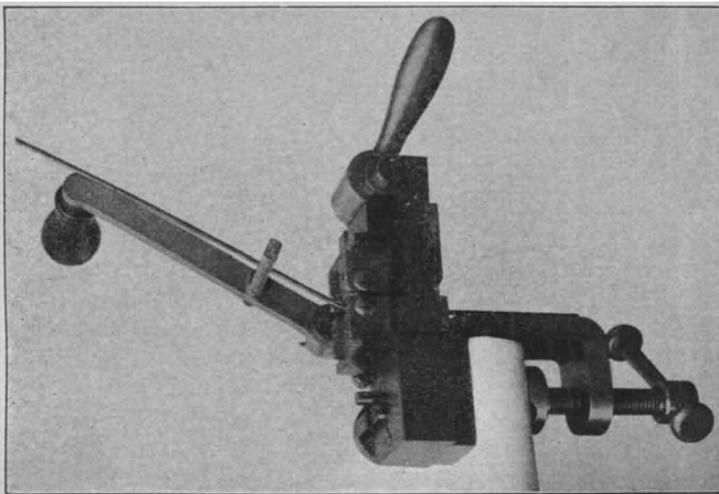


Fig. 43. Apparat zur Ausführung der Hin- und Herbiegeprobe.

d) Prüfung der Härte von Stahl. Nach dem Vor-
schlage von Stribeck wird ein kurzer gehärteter Stahlstab
einem Biegeversuch auf einer hierfür besonders konstruierten
Vorrichtung unterworfen; die Durchbiegung wird durch einen
besonderen Apparat gemessen. (Fig. 45, 46 u. 47.)

e) Prüfung von Werkzeugen. Sie geschieht durch den

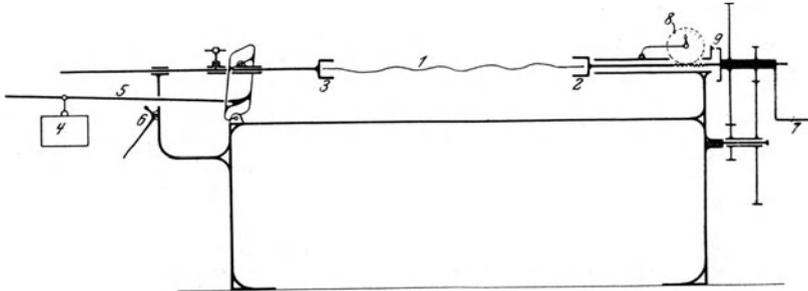


Fig. 44. Apparat zur Ausführung der Hin- und Herbiegeprobe

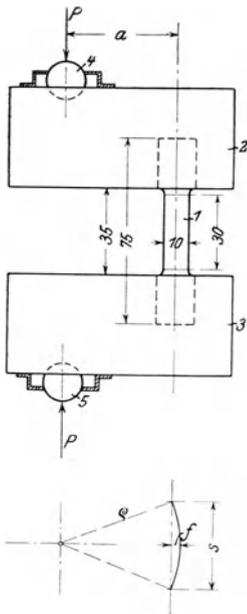


Fig. 45. Apparat zur Prüfung gehärteten Stahles.

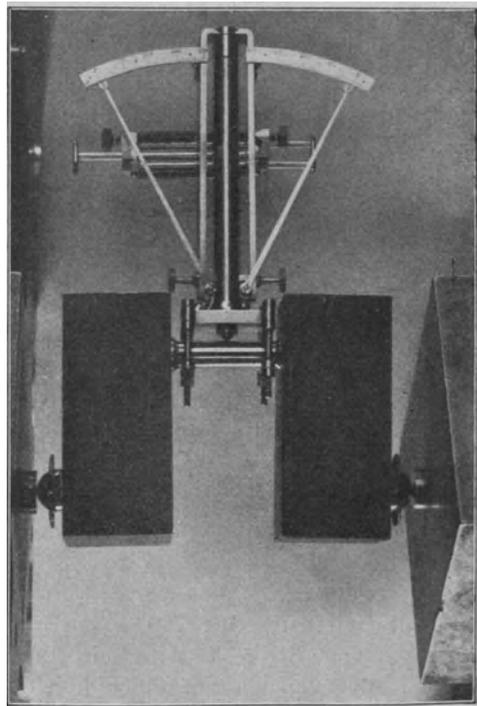


Fig. 46. Apparat zur Prüfung gehärteten Stahles.

praktischen Gebrauch an jeder Werkzeugmaschine, die mit den erforderlichen Meßinstrumenten ausgerüstet ist.

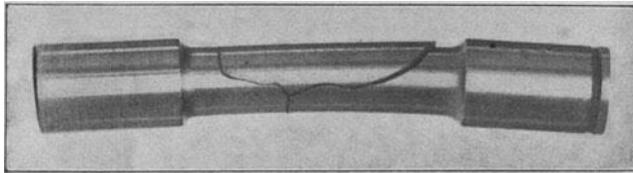


Fig. 47. Bruchprobe, mit dem in Fig. 45 und 46 dargestellten Apparate ausgeführt.



Fig. 48.*) Schweißeisen, Rundstab.



Fig. 49. Schweißstahl (Gärbstahl).

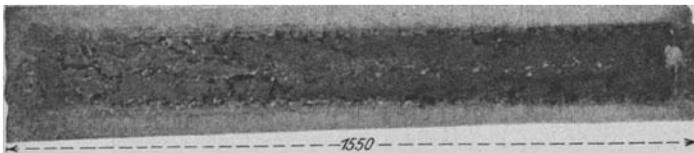


Fig. 50. Längsschnitt durch einen Flußeisenblock.

Feilen und Sägen werden auf besonders konstruierten Maschinen, bei denen das Werkzeug gleichmäßig belastet wird, für jedes zu bearbeitende Material geprüft.

Meißel und allgemeine Werkzeuge werden einer Beanspruchung entsprechend ihrer Verwendung unterzogen.

*) Figg. 48 bis 59 Aus Preuß, Prüfung des Eisens.

IV. Prüfung des Eisens durch Ätzung¹⁾. Bei der Prüfung des Eisens durch Ätzung wird das Gefüge, der innerste Aufbau, dem Auge erschlossen. Dabei ist in manchen Fällen

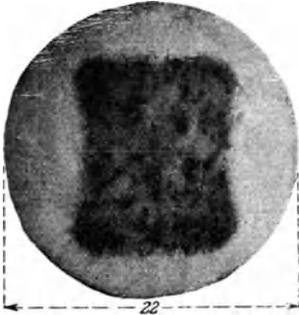


Fig. 51. Flußeisenrundstab mit starker Seigerung.

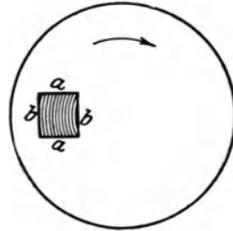


Fig. 54. Schleifen der Proben.

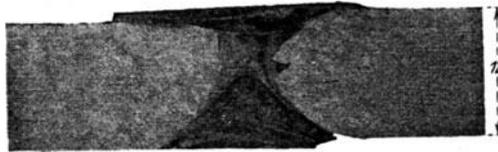


Fig. 52. Autogen geschweißtes Flußeisenblech.

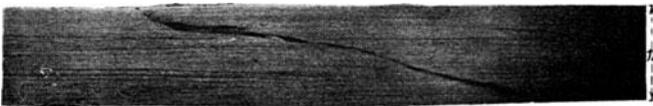


Fig. 53. Von Hand geschweißtes Flußeisenblech.

die Beobachtung mit dem bloßen Auge ausreichend, in weitaus überwiegender Zahl wird man aber das Mikroskop zu Hilfe nehmen, um Aufschluß über Einzelheiten zu erlangen.

Wesentlich ist in beiden Fällen die Herstellung einer ge-

¹⁾ Vgl. auch Dr.-Ing. E. Preuß: Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskops. Berlin. Verlag von Julius Springer.

eigneten Schlieffläche. Die zu untersuchende Fläche wird möglichst eben gehobelt oder gefeilt, mit der Schlichtfeile geschlichtet, zuletzt mit Schmirgelpapier von immer höherem Feinheitsgrade geschliffen.

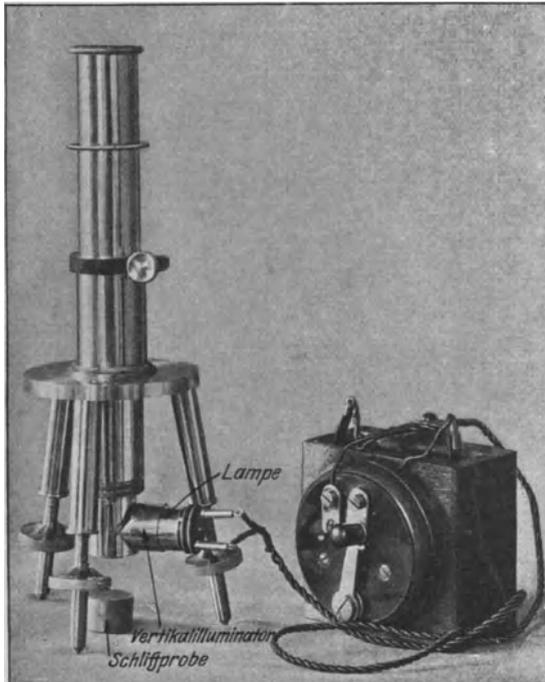


Fig. 55. Metallmikroskop.

Das Ätzen erfolgt mit Kupferammoniumchlorid, und zwar löst man 1 Gewichtsteil desselben in 12 Gewichtsteilen Wasser. Diese Lösung füllt man in eine Glas- oder Porzellanschale von einer dem Umfange der Probe entsprechenden Größe. Beim Eintauchen in die Lösung ist das Probestück etwas hin und her zu bewegen; es soll genau 60 Sekunden darin liegen bleiben und darnach sofort in fließendes Wasser gehalten werden, wobei mit einem Wattebausch der Kupferniederschlag, der sich auf der Schlieffläche gebildet hat, zu entfernen ist; darnach wird sie mit einem weichen Leinentuch abgetrocknet, mit einem in

Alkohol getränkten Wattebausch abgetupft und nochmals sorgfältig getrocknet. Man erhält so das Gefügebild der Schlißfläche.

Es sind nun mit dem bloßen Auge schon die besonderen Unterschiede der Eisen- und Stahlsorten wahrnehmbar. Fig. 48 zeigt den Querschnitt eines Rundstabes aus Schweißisen, bei

dem deutlich die einzelnen Lagen, aus denen das Material zusammenschweißt wurde, zu erkennen sind. Die dunkle Stelle bei *b* ist ein Schlackeneinschluß. Fig. 49 stellt den Querschnitt durch einen Vierkantstab aus Schweißstahl (Gärbstahl) dar. Das flammige Gefüge ist, dem Schweißisen eigentümlich, erkennbar.

Bei Flußeisen treten, infolge seiner Erzeugung im flüssigen Zustande und Erstarrung in der Gußform — eiserne Kokillen — Seigererscheinungen auf, die in einer Entmischung bestehen, wie Fig. 50 zeigt. Die dunklen

Stellen enthalten Ausscheidungen von Phosphor und Schwefel. Fig. 51 zeigt die rechteckige dunkle Seigerungszone im Kern eines Flußeisenstabes.

Der Verlauf und die Güte von Schweißstellen läßt sich aus Fig. 52 und 53 verfolgen.

Zur Untersuchung mit dem Mikroskop, das natürlich tiefere Einblicke in die Natur des Materiales gestattet, muß eine größere Sorgfalt bei Herstellung der Schlißproben angewendet werden. Das Schleifen erfolgt auf der Bank mit Schmirgelleinen immer feinerer Körnung. (Fig. 54.)

Für die Werkstatt genügt ein Mikroskop von 40- bis 100-facher Vergrößerung (Fig. 55), die Metallschliffe werden mit auffallendem Lichte untersucht (Fig. 56). Daß die oben an-

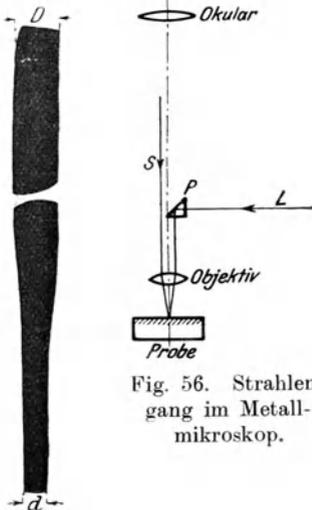


Fig. 56. Strahlen-
gang im Metall-
mikroskop.

Fig. 57. Durch
Kohlenstoff-
aufnahme an-
geschwollener
Glühlicht-
strumpf-
halter.

geführte Vergrößerung tatsächlich hinreichend praktische Einblicke gewährt, zeigen die Fig. 57 bis 59.

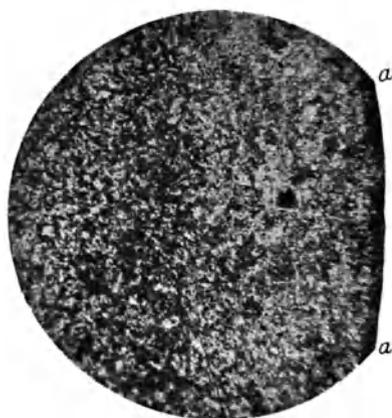


Fig. 58. Querschnitt durch das untere, nicht gekohlte Ende des Strumpfhalters. Vergrößerung = 42.



Fig. 59. Querschnitt durch das obere, gekohlte Ende des Strumpfhalters. Vergrößerung = 42.

IX. Anlage und Betriebsmittel einer Härtereier.

1. Lage des Härteraumes. (Fig. 60.)

Als allgemeinen Grundsatz kann man hierfür aufstellen: Die Härtereier bzw. die Schmiede lege man in die Teile der Fabrikräume, die wegen Lichtmangel ohnehin für andere Zwecke nicht verwendbar sind. Die Fenster richte man nach der Nordseite, weil die Räume so die gleichmäßigste Beleuchtung durch zerstreutes Licht erhalten. Die beste Beurteilung der Glüherscheinung findet im Halbdunkel statt; bei vollem Tageslicht wird die Temperatur leicht für niedriger, hingegen bei Nacht leicht für höher angesetzt, als sie wirklich ist. Bereits vorhandene Anlagen, die zu gewissen Tageszeiten dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt sind, sollen Fenster mit einem geeigneten Anstrich oder mit Zuggardinen erhalten, um die Härtereier vor grellem und wechselndem Lichte zu schützen.

Es ist nämlich zu beachten, daß die Schmiede- und noch mehr die anzuwendenden Härtetemperaturen in verhältnismäßig recht engen Grenzen liegen, die das Auge des Härters zu beurteilen hat. Der Vorteil zweckmäßig beleuchteter Räumlichkeiten liegt also im Interesse des Verbrauchers der vom Härter hergestellten Werkzeuge. Temperaturdifferenzen

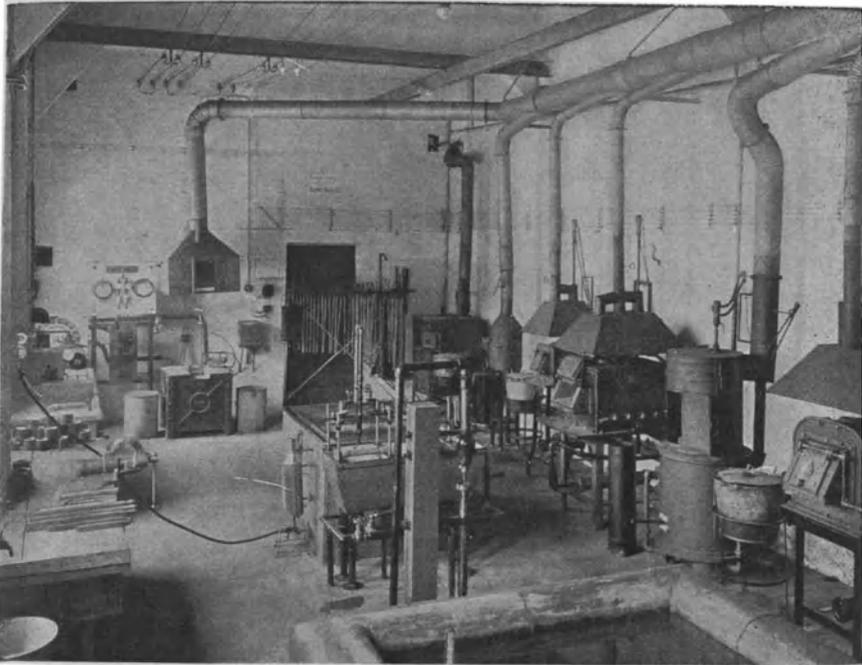


Fig. 60. Blick in einen vollständig eingerichteten Härterraum.

von \pm oder -30° C haben gegenüber der richtigen Härte-temperatur schon erheblich ungünstigere Resultate zur Folge; Temperaturunterschiede von nur 60° C sind selbst für das geübteste Auge kaum bemerkbar, für ein weniger geübtes aber völlig unkenntlich. Daraus erklären sich auch die vielen Mißerfolge beim Härten und die oft beobachtete große Verschiedenheit in der Leistung der Werkzeuge aus ein und derselben Stahlsorte.

2. Die Feuerungsanlagen zum Erhitzen des Stahles.

a) Öfen für feste Brennstoffe.

In der weitaus größten Anzahl kleinerer Betriebe steht zum Erwärmen des Stahles das gewöhnliche Schmiedefeuer zur Verfügung. Bei Anwendung geeigneter Vorsichtsmaßregeln lassen sich auch hiermit gute Resultate erzielen, wobei aller-

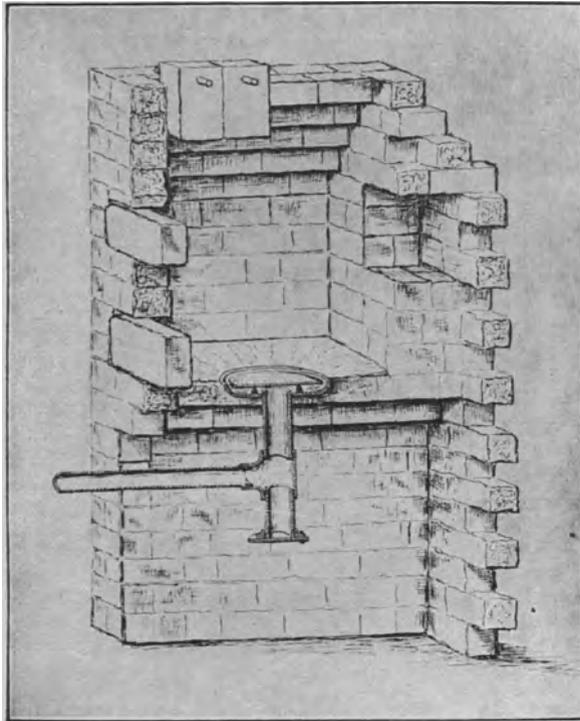
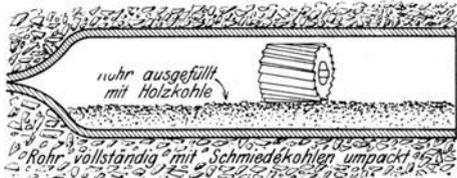


Fig. 61. Schmiedeherd für Härtezwecke. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

dings nicht außer acht zu lassen ist, daß dabei von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Härters der Erfolg abhängt und an diese naturgemäß höhere Anforderungen gestellt werden (Fig. 61). Zum Anwärmen nimmt man Holzkohle, wo solche nicht vorhanden, gut durchgebrannte Schmiedekohlen. Mit geringer Mühe kann man sich auch eine Art Muffelofen herstellen. Zum Erwärmen von Werkzeugen wie Spiralbohrer,

Reibahlen, Gewindebohrer u. dgl. m. läßt sich ein Stück



altes Gasrohr leicht zurechtmachen, indem man das eine Ende zuklopft (Fig. 61a).

Im Feuer wird es dann von allen Seiten, mit Ausnahme des herausragenden offenen En-

Fig. 61 a. Altes Stück Gasrohr, zur Muffel zurechtgemacht.

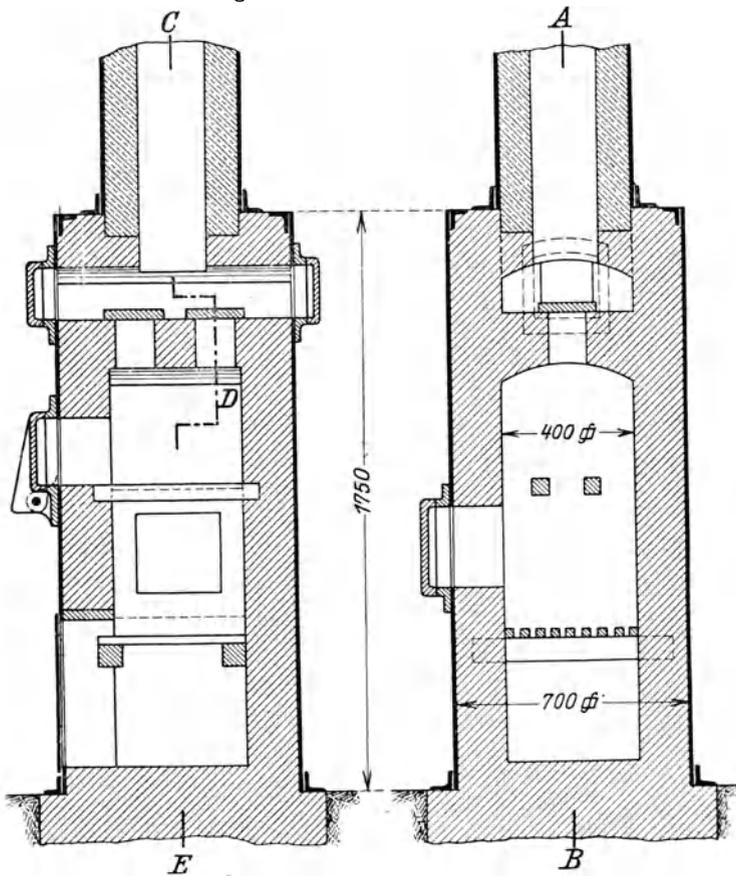


Fig. 62. Schachtofen.

des, mit glühender Kohle oder Koks gut umpackt. Kürzere Stücke alten U-Eisens oder ein aus einem Stück Blech gebogener Kasten leisten ebenfalls gute Dienste. In diese selbstgefertigten Muffeln bringt man dann Holzkohle und erwärmt. Man erreicht hierdurch einen vollkommenen Schutz vor der schädlichen Einwirkung des Gebläsewindes, die Ecken und Schneidkanten der Werkzeuge werden vom Feuer nicht angegriffen, die Werkstücke lassen sich gut beobachten und gleichmäßig und sicher erwärmen.

Die Nachteile der Erwärmung des Stahles im offenen Feuer — ungleichmäßige Temperatur, direkte Berührung mit dem Brennstoff und dem Gebläsewind — werden bei Verwendung von Schachtöfen vermieden, bei denen der

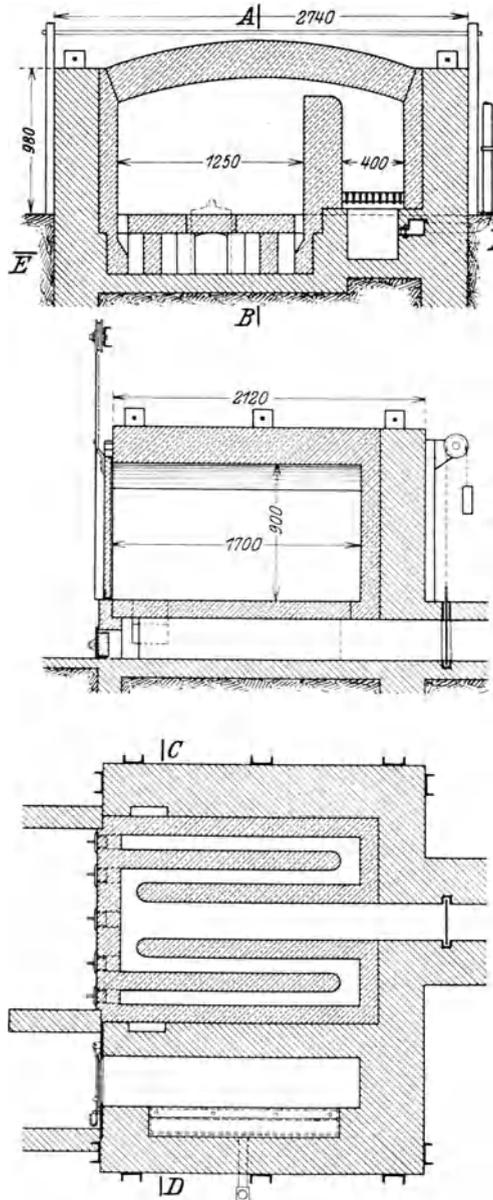


Fig. 63. Flammofen für Einsatzhärtung.

Stahl nur mit den heißen Verbrennungsgasen der Brennstoffe und nicht mit diesen selbst in Berührung kommt. In ihrer Einrichtung sind alle diese Öfen gleich; zur Verwendung gelangen Brennstoffe, die keine eigentliche Flamme bilden, sondern vergasen. Sie können ohne Anwendung besonderer Gebläse im Betrieb gehalten werden, sofern nur Anschluß an einen genügend hohen Schornstein möglich ist. Einen solchen Schachtofen zeigt Fig. 62. Er ist aus feuerfesten Ziegeln aufgemauert; das Mauerwerk wird durch Anker und Schließen zusammengehalten, oder ein gebrauchtes Stück alten Flammrohres wird entsprechend hergerichtet. Der Essenkanal erhält zur Regulierung des Luftzuges eigene Essenschieber. Die Anheizdauer eines solchen Ofens beträgt 1 bis 2 Stunden; zeigt das Ofeninnere Hellrotglut, so kann mit dem Einbringen der zu erhaltenden Werkzeuge begonnen werden.

Sollen lange Gegenstände, wie Scherenmesser u. dgl. erhitzt werden, so erhält der Ofen eine den zu härtenden Gegenständen entsprechende größere Länge. Zur Bedienung des sich unter dem ganzen Herde hinziehenden Rostes sind die Heizöffnungen bei größeren Ofenlängen an der Längsseite angeordnet, wodurch überdies die Hantierungen im Arbeitsraum durch Bedienung des Rostes nicht gestört werden.

Zur Vermeidung ungleichmäßiger Temperaturen, wie sie beim Flammofen vorkommen, hat man Sonderkonstruktionen angewendet, wie sie der in Fig. 63 dargestellte Härteflamofen, der besonders für Einsatzhärtung benutzt wird, zeigt. Die Werkzeuge werden in gußeiserne Kästen, in Härtepulver eingepackt und mit gußeisernen Platten abgedeckt.

Die Heizgase streichen über den Herdraum und werden außerdem unter dem Herde in mehreren Kanälen zum Schornstein geführt. Der Ofen besitzt Unterwindfeuerung; die Gebläseluft wird durch eine besondere Windleitung unter den Rost geführt, die Luftzufuhr ist durch einen Schieber zu regeln; ebenso ist im Essenkanal zur Regulierung ein Schieber eingebaut.

Durch den Einbau einer eisernen oder einer Tonmuffel in den Arbeitsraum erhält man einen Muffelofen. Die Abmessungen der Muffel müssen natürlich entsprechend kleiner als der Arbeitsraum sein, damit sie von allen Seiten von den

Heizgasen umspült wird. Die lichte Weite der Muffel wähle man zweckmäßig so groß, daß auch Glüh- oder Einsatzkästen zum Ausglühen oder im Einsatz zu härtender Gegenstände bequem eingebracht werden können (Fig. 64).

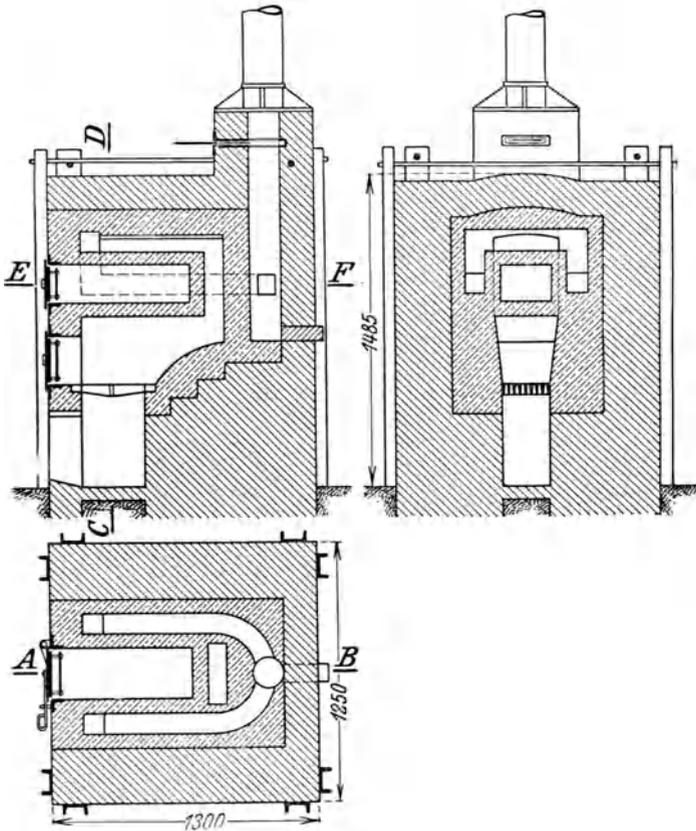


Fig. 64. Muffelofen für Kohlen- oder Koksfeuer.

Sind eine große Zahl gleicher Stücke zu erhitzen, so ist in vielen Fällen die Benutzung eines Doppelmuffelofens empfehlenswert, wobei die obere Muffel zum Vorwärmen der Werkstücke benutzt wird (Fig. 65).

Der in Fig. 66 dargestellte Muffelofen mit gußeiserner Muffel dient zum Erhitzen größerer Gegenstände.

Die Muffeln aus feuerfestem Materiale, die verschiedenartige Ausführungsformen haben, werden von den heißen

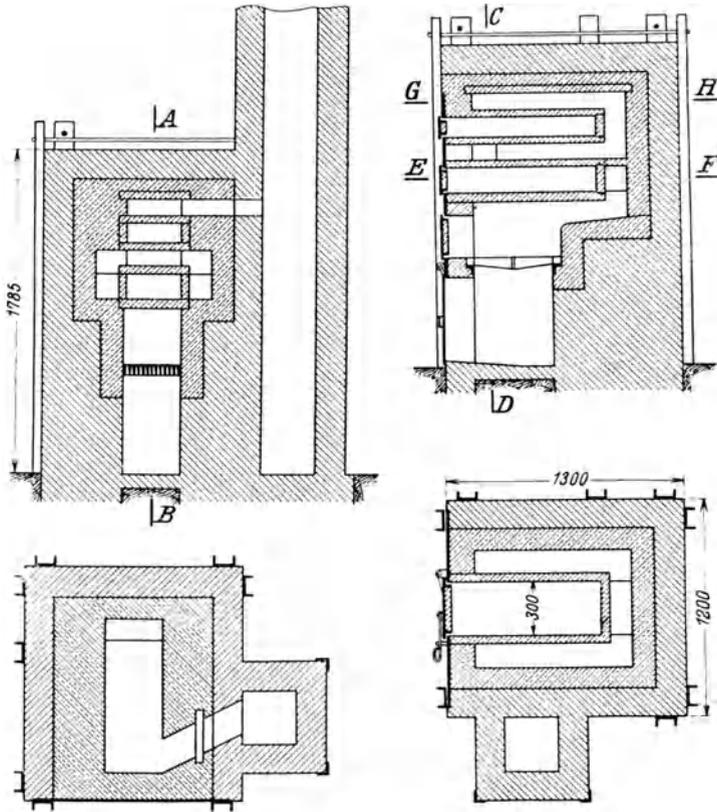


Fig. 65. Doppelmuffelofen für Kohlen- oder Koksfeuer.

Abgasen umspült und dadurch erwärmt. Das Erhitzen des Stahles geschieht ausschließlich durch die von den Wänden der Muffeln ausgestrahlte Wärme. Ein Überhitzen des Werkzeugstahles ist bei Unaufmerksamkeit auch hier möglich, besonders wenn er auf den Boden der Muffel gelegt wird. Deshalb ist es besser, das Werkzeug auf Unterlagen, z. B. Eisen-

stäbe, zweckmäßiger noch auf behauene Stücke feuerfester Steine, möglichst in die Mitte der Muffel zu legen; wiederholtes Wenden des Stahles fördert dabei die gleichmäßige Erwärmung. Um den Luftzutritt in die Muffel zu verhindern, soll die Muffelöffnung durch eine Schiebetür aus Schamotte, die dichter als eine sich unter dem Einfluß der Hitze verziehende eiserne Tür schließt, geschlossen sein. Ein Schauloch, mit einem Glimmerblättchen verschlossen, gestattet die Beobachtung des Werkstückes.

Muffeln aus feuerfestem Materiale sollen vorsichtig und sehr langsam erwärmt werden, weil sie sonst leicht Sprünge erhalten. Entstehen solche dennoch, so verschmiert man sie mit einem Teig angerührt aus 4 Teilen Graphit und 1 Teil Ton.

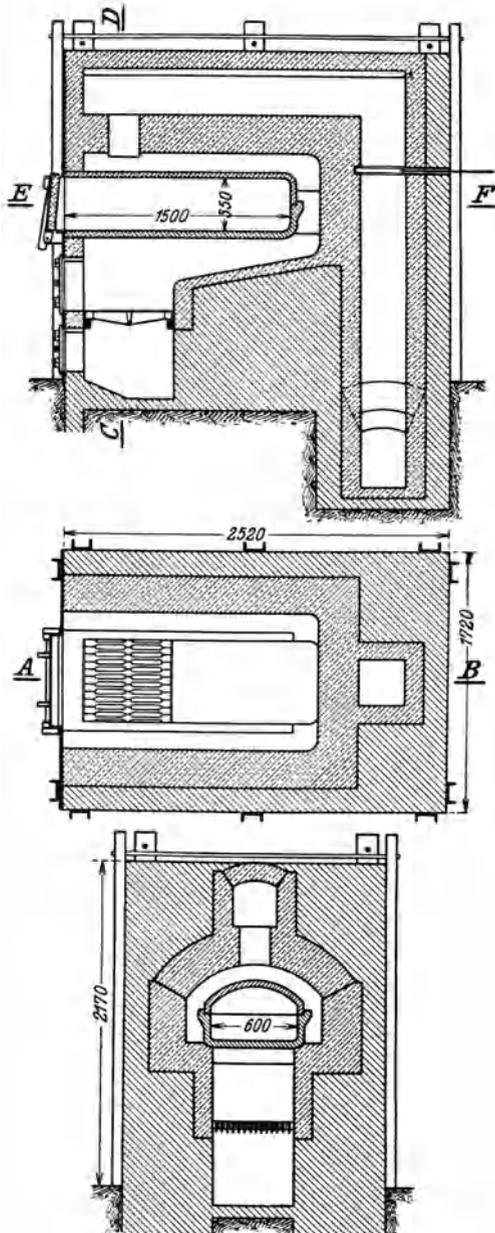


Fig. 66. Muffelofen mit gußeiserner Muffel.

b) Glüh- und Härteöfen mit Gasfeuerung.

Der Gashärteofen, mit oder ohne eingebauter Muffel, ist wegen der Sauberkeit und Leichtigkeit seiner Bedienung gerade in den letzten Jahren immer mehr in Aufnahme gekommen, und eine moderne Härtereianlage ist ohne ihn kaum noch denkbar.

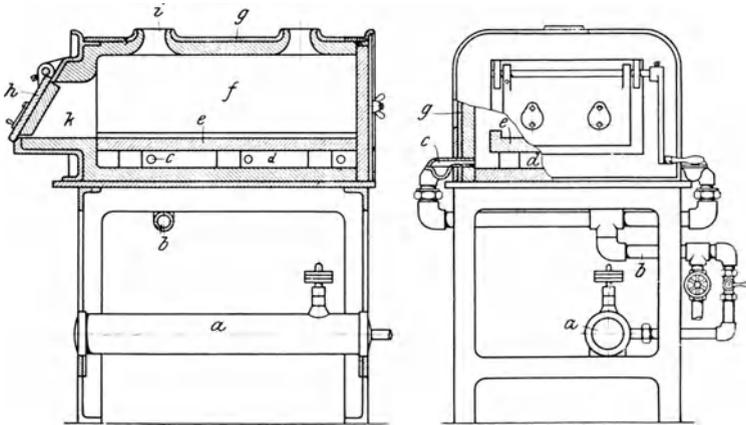


Fig. 67a. Härteofen mit Gasfeuerung. (Aus Brearley-Schäfer Werkzeugstahl.)

Der Hauptvorteil der mit Gas oder Öl geheizten Öfen besteht darin, die Temperatur während jeder gewünschten Zeitdauer gleichmäßig auf derselben Höhe zu erhalten; der Ofen kann, konstante Gaszufuhr vorausgesetzt, bis zu der geeigneten Temperatur erhitzt werden und die Werkzeuge können so lange darin bleiben, bis sie jene Temperatur erreicht haben. Dies erleichtert die Überwachung und macht ein Überhitzen fast unmöglich. Der Preis des Gases spielt damit gegenüber den mancherlei Vorteilen im Vergleiche zu anderen Brennstoffen keine ausschlaggebende Rolle mehr.

Das Gas wird mit Luft von 700 bis 800 mm Wassersäule vermischt (Fig. 67a u. 67b). Die in einem Gebläse erzeugte Druckluft gelangt zunächst in einen in der Regel unter jedem Ofen angebrachten Windkessel *a* und dann in die Rohrleitung *b*, in der sich die Druckluft mit dem Gase mischt. Das Gas- und Luftgemisch tritt durch die zu beiden Seiten des Ofens angeordneten und zueinander versetzten Düsen in den Ver-

brennungsraum, der durch eine Schamotteplatte vom Heizraum getrennt ist. Die Schamotteplatte füllt in ihrer Breite den mit Schamotte ausgemauerten Mantel des Ofens nicht aus, vielmehr bleibt beiderseits ein Spalt offen, durch den die Hitze aus dem

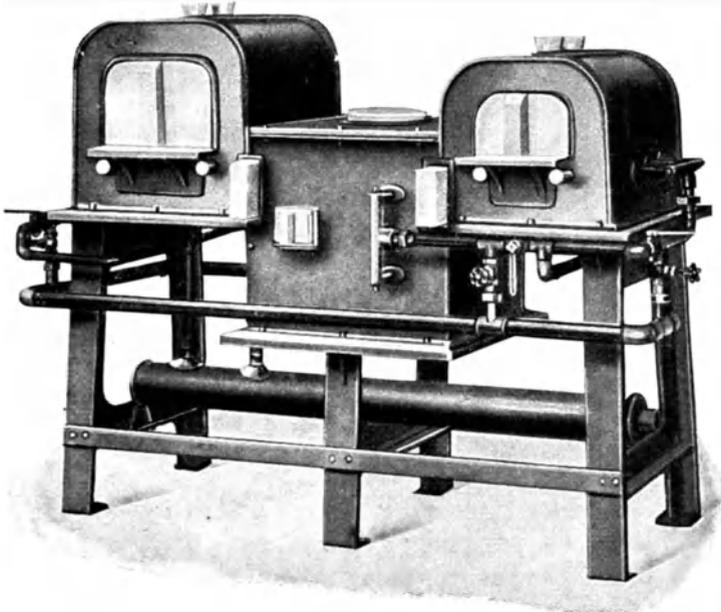


Fig. 67b. Kombiniertes Gas-Muffelofen mit zwei horizontalen und einer vertikalen Muffel.

Verbrennungsraum in den Heizraum eintreten kann. Die Abgase entweichen durch die in der Decke des Ofens angeordneten Öffnungen.

Der Ofen wird angezündet, indem man das Luftventil öffnet, brennendes Papier in das Innere der Muffel bringt und darnach erst den Gashahn langsam öffnet. Die Brenner sollen im Betriebe mit einer stetigen blauen Flamme brennen.

Zum gleichmäßigen Glühen oder Härten für dünne, lange und breite Bandstahlsorten, für Zugfedern, Bandsägen, Gattersägen und eine Menge andere aus endlosen Bändern geschnittene und gestanzte, gebogene oder verköppte Werkstücke werden Sonderkonstruktionen verwendet, wie eine solche Fig. 68

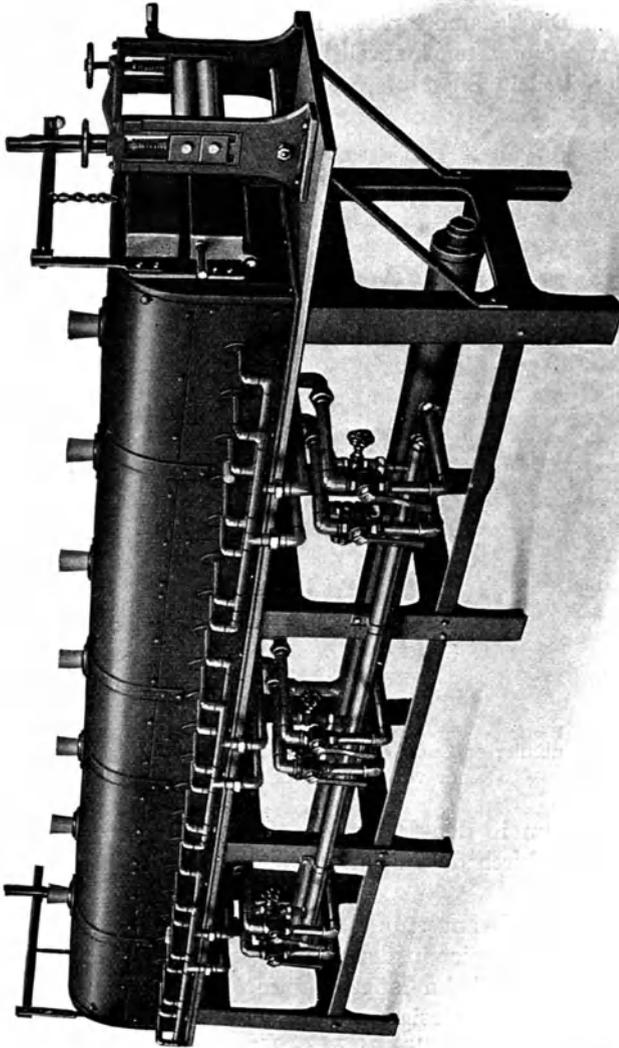


Fig. 68. Gas-Plattenglühofen zum Glühen und Härten von Stahlbändern u. ä.

zeigt. Das Innere wird durch die Gasfeuerung auf gleichmäßiger Temperatur gehalten, während das Band sowohl beim

Ein- wie beim Auslaufen durch Walzen geführt wird. Die Geschwindigkeit für den Durchgang der Werkstücke durch den

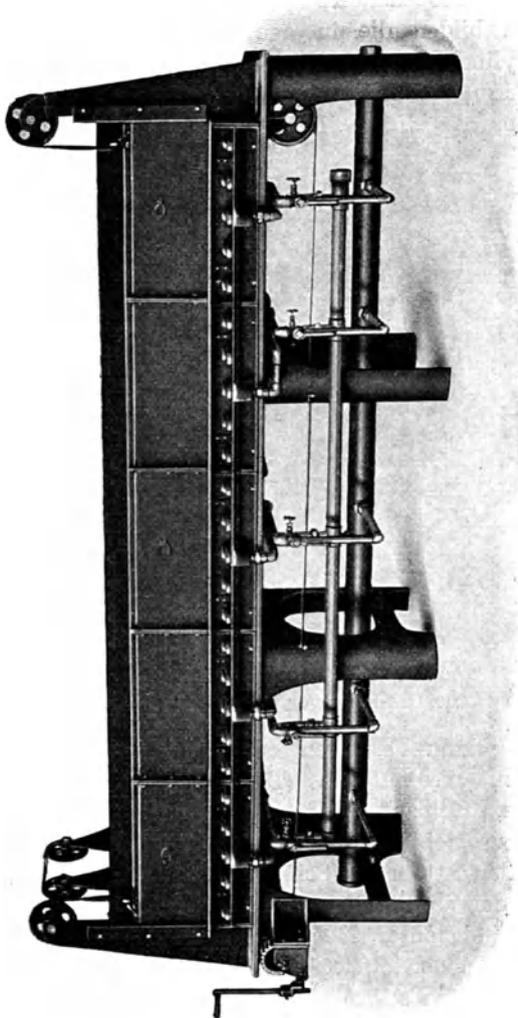


Fig. 69. Gas-Plattenglühofen zum Glühen und Härten dünnwandiger Stahirohre.

Heizraum wird so geregelt, daß sie den Heizraum verlassen, wenn sie die richtige Temperatur erreicht haben. Das Härten erfolgt unmittelbar vor dem Austritt. Die Fig. 68 bis 71 zeigen

die Ausführung einiger Gas-Härteöfen für Sonderzwecke nach Ausführungen der Firma de Fries, A.-G.

Eine besondere Ausführungsform der Gasöfen zum Glühen und Vergüten bilden die in neuester Zeit in Aufnahme gekommenen zylindrischen Vertikalöfen mit Gasfeuerung (Fig. 72 bis 74), in denen alle solche Stahlteile vergütet, gehärtet oder gegläht werden sollen, die infolge ihrer langen Form bei der Erwär-

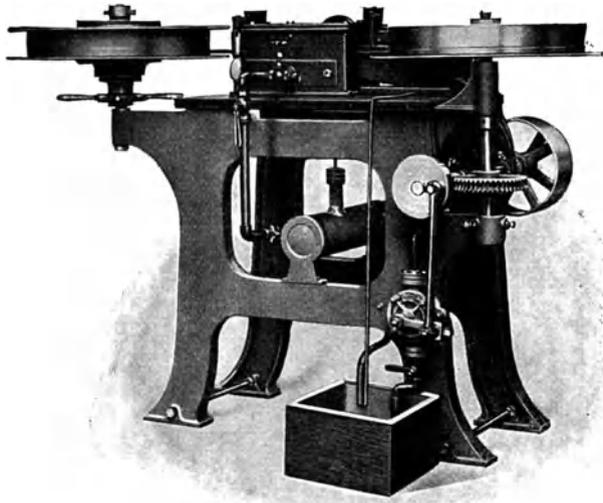


Fig. 70. Automatische Gas-Härtevorrichtung für Metallbandsägeblätter.

mung Neigung zum Verziehen oder sonstigen Formveränderungen zeigen, also Rohre (Torpedokessel, Geschützrohre, Schrumpfrohren, Hohlachsen usw.), Wellen (Kurbelwellen für Flugzeuge, Automobile u. ä., Achsen, Pleuelstangen usw.), Hohlkörper aller Art, lange Scherenmesser. Die kleinste Ausführungsform der Vertikalöfen ist noch geeignet für Werkzeuge (Stehbolzengewindebohrer, Ziehborne, Spiralbohrer, lange Messer u. dgl. m.) aus Kohlenstoffstahl oder Schnellstahl (Fig. 73).

Der Vertikalofen selbst muß so beschaffen sein, daß man in der Lage ist, die in Betracht kommenden Gegenstände ihrer Form, ihrem Materiale und der späteren Beanspruchung entsprechend zu behandeln. Dazu ist in erster Linie eine durchaus gleichmäßige Erwärmung des ganzen Heizraumes erforder-

lich mit möglichst geringen Temperaturunterschieden, nicht größer als $\pm 5^{\circ}$ C. Ebenso wichtig ist es, die durch die Haltepunkte bestimmten Temperaturen nicht nur genau einzustellen, sondern auch während der ganzen Dauer des Glühprozesses auf gleicher Höhe zu halten. Hieraus ergibt sich die weitere Forderung, daß die Temperatur im Heizraum jederzeit zuverlässig festgestellt werden kann; die Prüfung durch das Auge des Härters ist als unzuverlässig zu verwerfen. Damit kommt hier nur die Temperaturmessung durch das Pyrometer möglichst mit aufschreibenden Temperaturanzeigern in Frage; sie gestatten auch nachträglich die Glühperiode nachzuprüfen und dadurch vielleicht entstandene Fehlerquellen zu entdecken und zu beseitigen.

Für die Beheizung der Vertikalöfen muß bei Fortfall der teureren und einem großen Verschleiß unterworfenen Muffeln ein Brennstoff gewählt werden, der das Material des Glühgutes weder durch Stichflammenbildung, noch durch Abgase mit schädlichen Beimengungen ungünstig beeinflusst.

Fig. 72 zeigt einen zylindrischen Vertikalofen mit Beheizung durch Leuchtgas oder Wassergas. Der Ofen besteht aus starken, je 1 m hohen Blechzylindern, die im Inneren durch feuerfeste Formsteine ausgemauert sind. In diese Zylinder sind die Brenner mit

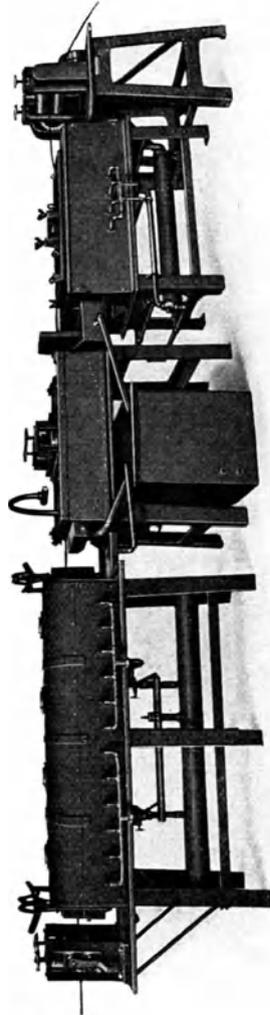


Fig. 71. Automatische Gas-Härte-, Richt- und Anlaßvorrichtung für Bandstahl usw.

tangential eintretenden Düsen eingebaut. Je nach dem verlangten Durchmesser des Heizraumes ist auf den Umfang eine entsprechende Anzahl derartiger Brenner — meistens sechs Stück — verteilt. Die Höhe der Öfen wird durch die Länge der zu behandelnden Arbeitsstücke bestimmt; es können beliebig viele solcher Zylinder — Schüsse — übereinander angeordnet werden. Die Brenner eines jeden dieser Schüsse sind

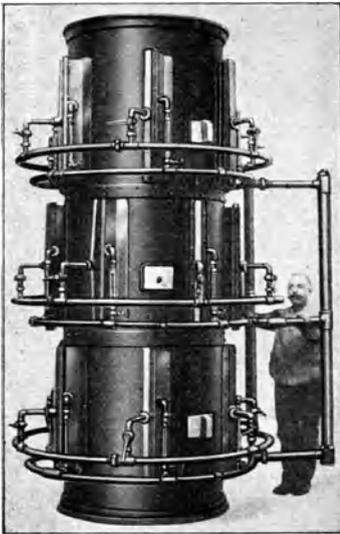


Fig. 72. Zylindrischer Vertikalofen mit Beheizung durch Leuchtgas oder Wassergas.

durch gemeinsame Gas- und Windverteilungsringe miteinander verbunden. Bei jedem Brenner kann die Gas- und Windzuführung durch Ventile und Hähne eingestellt und geregelt werden. Die Gas- und Windverteilungsringe der einzelnen Schüsse sind dann an senkrecht angeordnete Zuführungsrohre für Gas und Wind angeschlossen.

In jedem Schuß sind zwei verschließbare Anzündeöffnungen angebracht, von denen je eine gleichzeitig als Einführungsöffnung für die Pyrometer vorgesehen ist. Der unterste Schuß ist durch einen starken, ebenfalls mit feuerfesten Steinen ausgekleideten Boden abgeschlossen. Der oberste Schuß erhält die Einführungsöffnungen sowie

einen Deckel mit einer Aussparung, um die Aufhängestange durchzulassen. Der Einbau des Ofens erfolgt so, daß er in einer Grube versenkt steht und die Eingangsöffnung nur wenig über Hüttenflur hinausragt. Eine bequeme Bedienung und Beobachtung der einzelnen Zonen wird durch eine in die Grube eingebaute Arbeitsbühne mit verschiedenen Plattformen je nach der Länge des Ofens ermöglicht.

Das zur Beheizung des Ofens verwandte Leuchtgas, Koks- ofengas oder Wassergas wird mit einem Leitungsdruck von 20 bis 60 mm WS oder auch höher den Brennern zugeführt

und dort mit einem gleichmäßigen Windstrome von 800 bis 1000 mm WS gemischt. Durch Einstellen der Gasventile und Windhähne kann eine reduzierende oder vollständig verbrennende Flamme jeder gewünschten Stärke eingestellt werden. Die Einrichtung der Brennerdüsen bedingt jedoch eine gewisse Begrenzung der Temperatur, so daß man unterscheidet: Glühöfen mit einer Heizgrenze von 400 bis 700° C und Härteöfen mit einer Heizgrenze von 700 bis 1000° C oder höher.

Die zu erwärmenden Gegenstände werden mit dem Kran in den Heizraum eingefahren und in passende Lagerböcke auf dem Ofen abgehängt. Die tangential eintretenden kleinen Stichflammen streichen an der Schamottewandung vorbei und erzeugen einen lebhaften Hitzewirbel um das Arbeitsstück.

Nach erfolgter Durchwärmung des Heizraumes sind diese Stichflammen vollständig verschwunden, so daß das Arbeitsstück in der reinen, klaren Hitze von großer Gleichmäßigkeit hängt. Infolge des hohen Winddruckes von 800 bis 1000 mm WS ist der Hitzewirbel sehr stark und es erübrigt sich daher ein Drehen der Arbeitsstücke, wie es bei den früheren Muffelöfen erforderlich war. Infolge der guten Ausnutzung der Heizgase ist eine Absaugvorrichtung oder Anschluß an den Schornstein nicht erforderlich.

Leuchtgas zur Beheizung von Vertikalöfen kommt da in

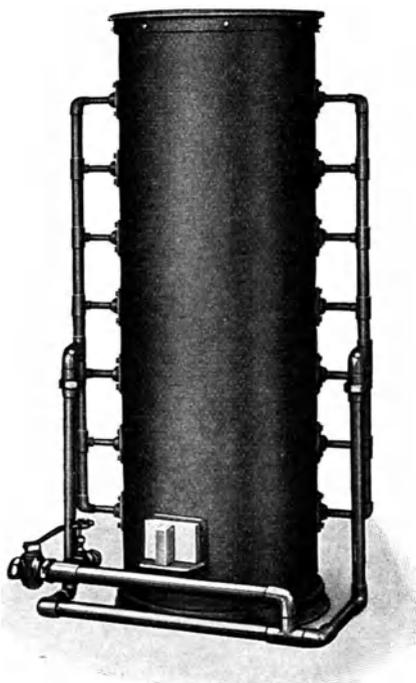


Fig. 73. Zylindrischer Gas-Muffelofen zum Härten von Stehbolzengewindebohrern u. ä.

Frage, wo der Preis so bemessen ist, daß sich die Beheizungskosten nicht zu hoch gestalten, und zwar kann man hierbei eine obere Preisgrenze von etwa 8 bis 9 Pfennig für 1 m³ annehmen. Wird diese Grenze überschritten, oder ist Leucht-



Fig. 74. Zylindrischer Gas-Muffelofen für Kreismesser.

gas nicht vorhanden, ist Wassergas zu wählen, dessen Gesteuerungskosten 2,0 bis 3,5 Pfennig für 1 m³ bei 2500 WE/m³ betragen. Weitere Ausführungen zeigen Fig. 73 und 74.

c) Blei- und Salzbadhärteöfen.

Auch im Muffelofen ist der Zutritt der Luft zum Werkstück nicht ganz zu vermeiden; durch die direkte Berührung des Werkzeuges mit der Muffelwandung und ungleichmäßiger Erwärmung derselben kann es auch in der Muffel ungleich-

mäßig erhitzt werden, namentlich dann, wenn der Muffelraum verhältnismäßig klein ist.

Zum Härten unter absolutem Luftabschluß erwärmt man die Werkzeuge entweder

- a) in einem Bade geschmolzener Metalle oder
- b) in einem Bade geschmolzener Salze von bestimmter Schmelztemperatur.

Da ferner eine große Zahl von Werkzeugen beim Härten nur teilweise zu erwärmen sind, wie beispielsweise Spiralbohrer, Reibahlen, Gewindebohrer, Scheren, Stechbeitel u. a. m., so läßt sich dies durch mehr oder weniger tiefes Eintauchen begrenzen.

Schmelzkessel: Sie bestehen aus bestem feuerbeständigem Stahlguß oder Graphit, letz-

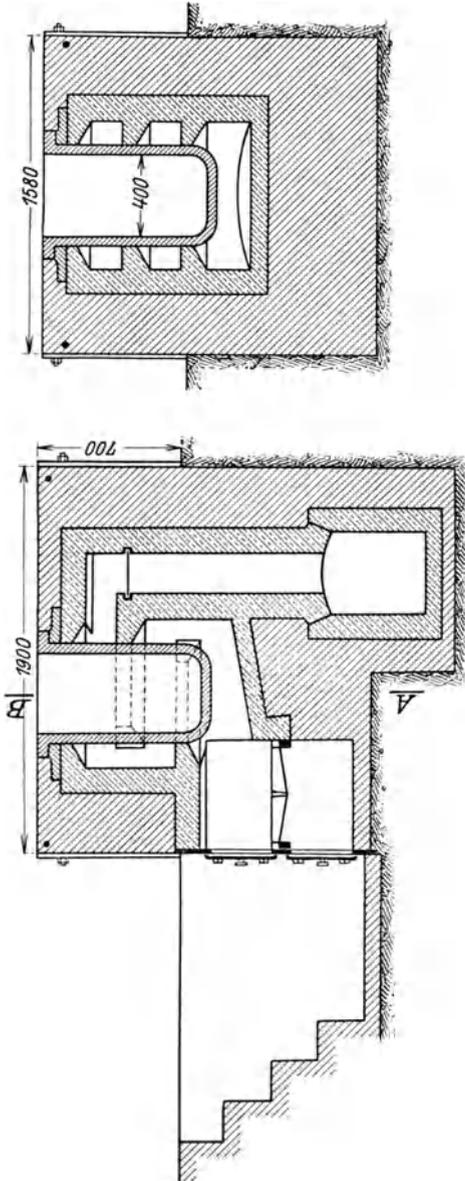


Fig. 75. Bleibad-Härteofen mit Koksfeuerung.

terer für Bäder zum Härten von Schnellstahl, weil Stahlguß bei den erforderlichen höheren Temperaturen hier nicht standhält.

Die Erwärmung der Schmelzkessel geschieht durch einen milde Hitze gebenden Koks oder mittels Holzkohle, die Heizgase führt man zweckmäßig spiralförmig um den Tiegel herum und läßt sie oben abziehen (Fig. 75).

Bequemer und sauberer sind jedoch die mit Gas geheizten Bleibadhärteöfen. Der Gaseintritt erfolgt auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Ofens, die Brenner sind senkrecht angeordnet, so daß eine gleichmäßige Erwärmung des

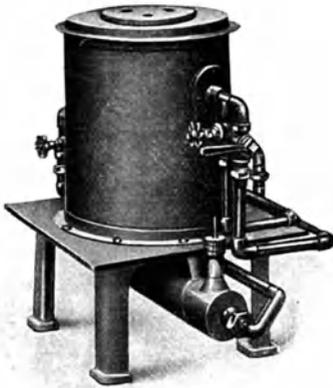


Fig. 76. Gasofen zum Härten im Bleibad mit Windvorwärmung.

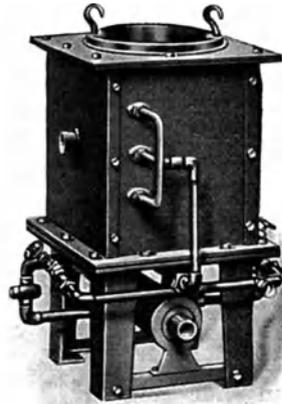


Fig. 77. Gasofen zum Härten im Bleibad ohne Windvorwärmung.

gußeisernen Tiegels erzielt wird. Bemerkenswert ist, daß die Ofen sowohl mit als auch ohne Windvorwärmung gebaut werden (Fig. 76 u. 77). Die Temperaturkontrolle hat durch Pyrometer zu erfolgen.

Das Bleibad.

Verwendet wird reines Weichblei ohne alle Zusätze, dessen Schmelzpunkt bei etwa 335°C liegt. Da es bis ungefähr 750°C überhitzt werden muß, um die nötige Härtetemperatur zu erzielen, so ist geschmolzenes Blei an der Oberfläche starker Oxydation ausgesetzt, die Verluste durch Verdampfen sind groß. Um diese und damit die Oxydation des Bleibades tun-

lichst zu vermeiden, streut man auf seine Oberfläche eine etwa 2 cm dicke Schicht fein gepulverter Holzkohle. Der gesundheitsschädliche Bleidampf ist durch ein Abzugsrohr ins Freie zu führen.

Nachteile des Bleibades: Bei Verwendung unreinen, schwefelhaltigen Bleies gibt dieses einen Teil des Schwefels an den Stahl ab, es entstehen die bekannten Weichflecken. Man kocht deshalb frisches geschmolzenes Blei vor dem Gebrauche einige Stunden aus.

Vor dem Eintauchen sind die zu härtenden Werkzeuge von jeglicher Feuchtigkeit zu befreien, Öl und Fett müssen abgebrannt oder mit Benzin oder Alkohol abgewaschen werden. Geschieht dies nicht, so wird durch die entstehenden Dämpfe das flüssige Blei explosionsartig emporgeworfen, verspritzt und die Arbeiter verletzt.

Blei bleibt in den Vertiefungen der Werkzeuge, in Ecken, an Zähnen, z. B. bei Schneidbohrern u. ä., leicht haften, verhindert an diesen Stellen beim Ablösen die Härtung, das Werkzeug bleibt also stellenweise weich. Um dies zu vermeiden, bestreicht man die von Öl und Fett sorgfältig gereinigten Werkzeuge mit einer Mehlpappe oder einem Brei, bestehend aus

- 1 Teil fein gepulverter Holzkohle, Lederkohle, Klauenmehl,
- 1 Teil Roggenmehl,
- 1 Teil Kochsalz,

angerührt mit einer gesättigten Lösung von Kochsalz in Wasser. Die mit diesen Mischungen bestrichenen Werkzeuge trocknet man sorgfältig und langsam, ehe man sie in das geschmolzene Blei eintaucht.

Ein anderes Mittel ist folgendes: Man bestreicht die Werkstücke mit Leinöl, bestreut sie dann mit Kienruß und trocknet sie.

Die zu härtenden Stücke sollen vor dem Eintauchen in das flüssige Blei vorgewärmt werden.

Die Zusätze üben eine zementierende Wirkung auf die Oberfläche des Stahles aus. Vor dem Eintauchen in die Härteflüssigkeit ist der Überzug durch leichtes Beklopfen zu entfernen.

Wird die Temperatur des Metallbades möglichst genau

auf gleicher Höhe wie die Härtungstemperatur gehalten, was durch ein Pyrometer ständig zu kontrollieren ist, so laufen auch bei längerem Eintauchen des zu erhitzenden Werkzeuges einzelne dünnere Teile desselben keine Gefahr, überhitzt zu werden; es findet also eine gleichmäßige Erwärmung ohne Glühspannbildung statt.

Zur Erwärmung von Schnellstahl ist das Bleibad nicht geeignet, weil bei der hier notwendigen höheren Härtetemperatur das Blei verdampft.



Fig. 78. Gasofen zum Härten im Bleibade mit rechteckigem Tiegel.

Die zu härtenden Werkzeuge werden einzeln oder gruppenweise eingetaucht. Da nun Blei schwerer ist wie Stahl, so haben die Werkstücke das Bestreben, zu schwimmen; der Auftrieb wird durch schwere Zangen oder sonstwie ausgeglichen.

Das Salzbad.

Für das Härten und Anlassen sind in neuester Zeit Salzbad immer mehr in Aufnahme gekommen. Die Mischung der einzuschmelzenden Salze ist keine bestimmte, sie hängt in der Hauptsache vom Verwendungszwecke ab. Leicht schmelzbare Salze, die rasch verflüchtigen, und solche, die infolge ihrer chemischen Zusammensetzung schädliche Einflüsse ausüben, sind ungeeignet. Kochsalz bildet den Hauptbestandteil der Mischung, da es billig ist und sich vorzüglich eignet; Zusatz von Soda führt rasches Schmelzen herbei, Zusatz von Kalisalpeter erhöht die Leichtflüssigkeit der geschmolzenen Masse, Zusatz von chromsaurem Kali oder Borax verbessert die Eigenschaften des Schmelzbades, Zusatz von gelbem Blutlaugensalz (Ferrozyankalium) verhindert die schädliche Einwirkung des Salpeters durch Entkohlung des Stahles. Für hohe Temperaturen eignet sich Chlorbarium. Gelbes Blutlaugensalz übt eine stark zementierende Wirkung aus, es wird beim Härten von Werkzeugen aus gewöhnlichem Werkzeugstahl mit Vorteil verwendet, bei Schnellstahl ist es überflüssig.

Giftige Dämpfe, die aus dem Bade bei Zusatz von Kalisalpeter und Zyankali aufsteigen, müssen abgeführt werden (Fig. 79).

Die Erwärmung ist dem zu härtenden Stahle anzupassen; bei gewöhnlichem Werkzeugstahle beträgt die Temperatur 750° bis 850° C, bei Schnellstahl 1000° bis 1200° C; in letzterem Falle werden schwerflüssigere Salze genommen. Die Temperaturmessung hat durch Pyrometer zu geschehen. Das durch Verdampfung abnehmende Bad ist von Zeit zu Zeit frisch aufzufüllen; Aufstreuen von gepulverter Holzkohle mindert die Verdampfung.

Wie bereits beim Bleibade vorgeschrieben, sind alle zu härtenden Gegenstände vor dem Eintauchen in das Salzbad von Feuchtigkeit, Öl und Fett sorgfältig zu befreien; sehr kalte Gegenstände wärmt man vor dem Eintauchen an.

Bleibt an den glühenden aus dem Salzbad gehobenen Werkstücken Salz haften, so wird es beim Eintauchen in Wasser sofort abspringen.

Im geschmolzenen Salze erwärmte Werkzeuge behalten ihre metallisch reine Oberfläche nach dem Härten bei, sie bleiben blank. Waren sie vor dem Härten mit einer Oxydschicht bedeckt bzw. rostig, so zeigen sie nach dem Härten metallisch reine Flächen.

Die zu härtenden Werkstücke werden in Drahtschlingen hängend oder auf Sieben liegend eingetaucht. Soll nur eine teilweise Härtung stattfinden, so werden sie mit einer gut trockenen Zange eingehalten.

Der Schmelzkessel besteht aus feuerbeständigem S.-M.-Stahlguß oder aus Graphit. Die Beheizung kann durch feste Brennstoffe erfolgen oder mit Gas (Fig. 80). In neuester Zeit haben elektrisch geheizte Salzbad-Härteöfen sich infolge ihrer großen Vorzüge rasch Eingang verschafft.



Fig. 79. Zyankali-Gas-Härteofen.

Elektrisch geheizter Salzbad-Härteofen der A. E.-G.
(Fig. 81 bis 84.)

Die Anwendung des elektrischen Stromes zum Erwärmen des Salzbadest gestattet schnelles Erreichen sowie genaues Ein-

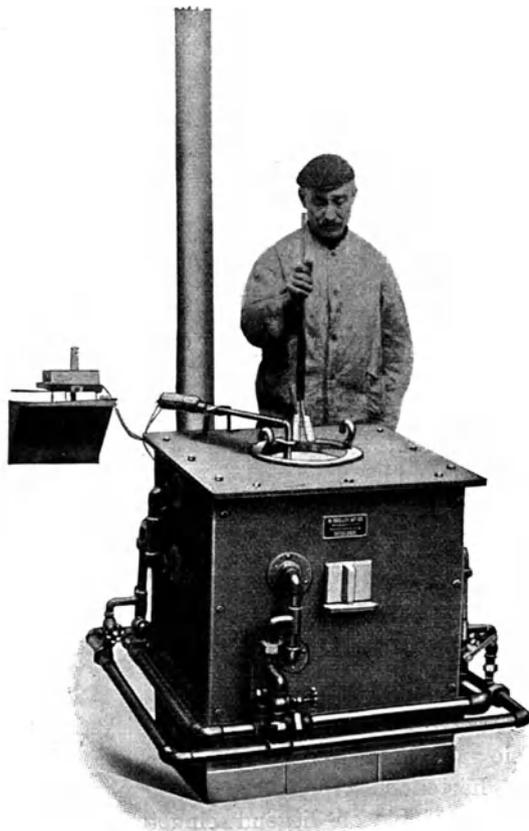


Fig. 80. Mit Gas geheizter Salzbad-Härteofen.

stellen und Konstanthalten einer bestimmten Temperatur bis zu 1300° C.

Fließt durch einen dünnen Draht von irgendeiner Stromquelle aus — elektrische Batterie, Dynamomaschine — ein elektrischer Strom, so wird der Draht beim Durchgang des

Stromes erwärmt, und zwar wird die Erwärmung um so stärker sein, je länger der Stromdurchgang dauert. Die Wärmeentwicklung durch den elektrischen Strom ist abhängig von der Zeitdauer des Stromdurchganges, von der Größe des Wider-

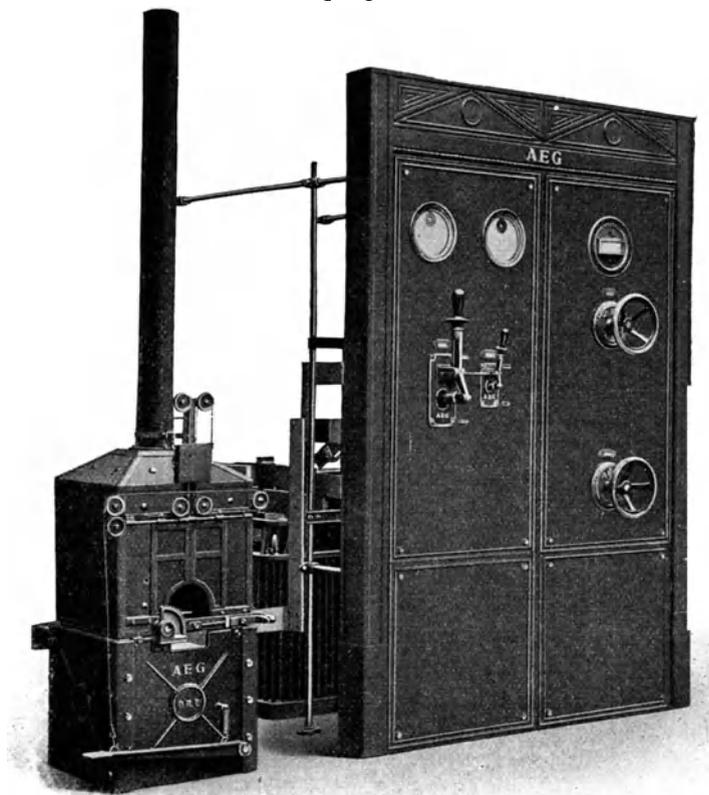


Fig. 81. Elektrisch geheizte Salzbad-Härteofen-Anlage der A. E.-G., Berlin.

standes des erwähnten Drahtes (Leiters) und von der Stromstärke. Die Erwärmung des Leiters wächst im einfachen Verhältnisse mit dem Widerstande des Leiters und im quadratischen mit der durch diesen fließenden Stromstärke.

Für jeden Leiter gibt es nun eine gewisse Stromstärke, bei deren Durchgang er so stark erwärmt wird, daß er zum

Glühen kommt. Damit eine gewisse Stromstärke den Widerstand eines Leiters überwinden kann, muß zwischen den Endpunkten des letzteren ein ganz bestimmter Spannungsunterschied herrschen.

Der Vorteil der elektrischen Härtung besteht nun darin, während längerer Zeit eine Stromstärke von ganz bestimmter Größe zu erhalten. In anderer Weise kommt die Elektrizität hierbei nicht zur Geltung.

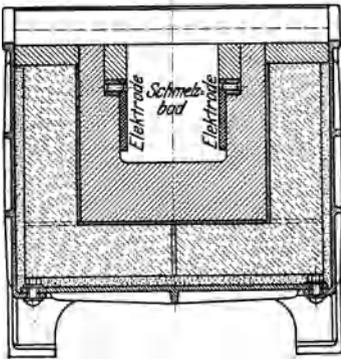


Fig. 82. Elektrisch geheizter Salzbad-Härteofen. Längsschnitt.

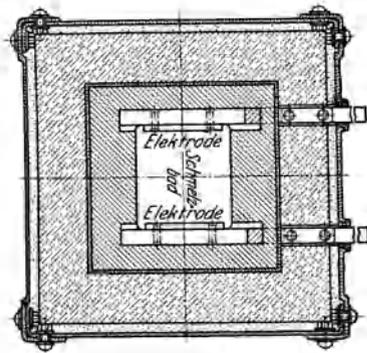


Fig. 83. Elektrisch geheizter Salzbad-Härteofen. Querschnitt.

In einem mit feuerfestem Materiale, Schamotte, ausgemauerten eisernen Kasten ist der aus einem Stück hergestellte feuerfeste Tiegel zur Aufnahme des Schmelzgutes eingebaut.

An den einander gegenüberliegenden Innenwandungen sind zwei leicht auswechselbare schmiedeeiserne Platten als Elektroden angebracht, die den Strom — es kommt nur Wechselstrom zur Verwendung, um etwaige störende elektrolytische Einwirkungen zu vermeiden — in das Salzbad leiten. Die Elektroden sind durch Kupferschienen mit einem sogenannten Regelungstransformator verbunden, der die elektrische Energie auf niedrige Gebrauchsspannung umformt. Durch entsprechende Regulierung kann die durch das Schmelzbad durchfließende Stromstärke und damit, wie wir sahen, die Temperatur des Bades selbst in einfachster Weise geregelt werden.

Im Tiegel des Ofens zwischen den Elektroden befinden sich als Schmelzbad Metallsalze, und zwar Chlorbarium und Chlornatrium, für Schnellstahl nur Chlorbarium, die durch den elektrischen Strom in feurigflüssigen Zustand gebracht werden. In kaltem Zustande sind diese Metallsalze als „elektrische Leiter zweiter Klasse“ für den elektrischen Strom undurchlässig, während sie im feurigflüssigen Zustande vorzügliche Leiter werden. Die Einleitung der Schmelzung muß also mit einer Hilfselektrode und einem Stückchen Bogenlampenkohle erfolgen. Durch Zwischenschaltung zwischen eine Haupt- und die Hilfselektrode wird die Kohle weißglühend, wodurch das unmittelbar darunter liegende Salz geschmolzen wird. Durch langsames Fortbewegen der Hilfselektrode zur zweiten Hauptelektrode wird ein flüssiger Streifen durch das Bad gezogen, der Stromkreis ist damit geschlossen, das übrige Salz kommt zum Schmelzen. In etwa $\frac{3}{4}$ Stunden, je nach der Größe des Tiegels, ist der ganze Badinhalt geschmolzen.

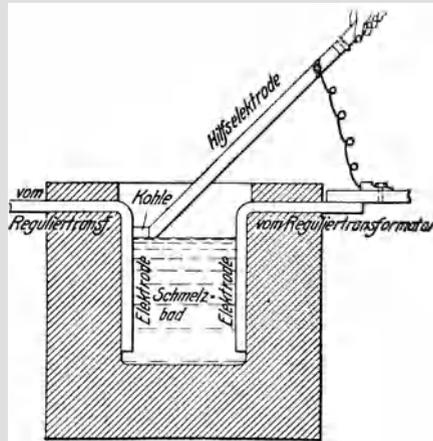


Fig. 84. Vorrichtung zum Schmelzen des Salzgemisches in einem elektrisch geheizten Salzbad-Härteofen.

Die Werkzeuge werden dadurch vorgewärmt, daß sie auf dem Ofen ringsherum um das Schmelzbad auf der Herdbank liegen, wobei sie eine Temperatur erreichen, die die Einführung in das Schmelzbad, ohne ein Reißen befürchten zu müssen, ermöglicht.

Der Kraftverbrauch beträgt je nach der gewünschten Temperatur 15 bis 18 Kilowatt.

Die Messung der Temperatur geschieht durch ein Pyrometer.

Die Messung der Temperatur geschieht durch ein Pyrometer.

3. Einrichtungen zur Erzeugung der erforderlichen Verbrennungsluft.

Beim gewöhnlichen Schmiedefeuer muß, damit die verwandten Brennstoffe möglichst ausgenutzt und die zum Erwärmen der Werkstücke erforderliche Hitze erzeugt werden kann, die nötige Verbrennungsluft durch einen Ventilator oder ein Rotationsgebläse zugeführt werden, da der gewöhnliche Schornsteinzug zur Unterhaltung einer lebhaften Verbrennung nicht ausreichend ist. Beim Schachthärteofen,

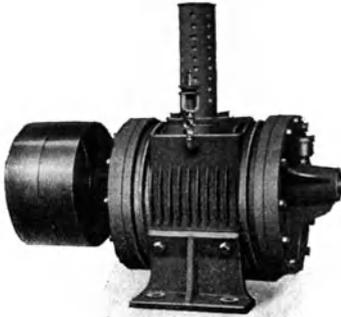


Fig. 85. Hochdruck-Kapsel-Gebläse bis zu 6000 mm Wassersäule ohne Windkessel.

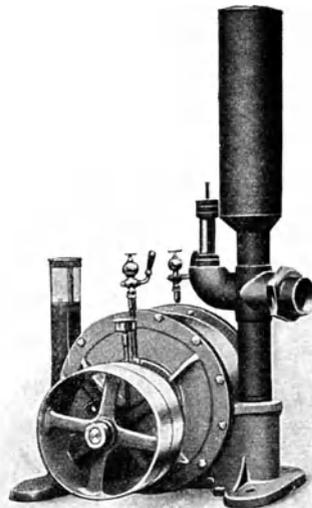


Fig. 86. Hochdruck-Rotationsgebläse.

Muffelofen und Doppelmuffelofen, sowie bei den mit festen Brennstoffen geheizten Blei- oder Salzbadhärteöfen genügt der Anschluß an einen Schornstein.

Alle mit Gas- oder Ölfeuerung betriebenen Härteöfen müssen Luft von einer bestimmten Pressung zugeführt erhalten, damit in möglichst kurzer Zeit der Ofen angeheizt werden kann und das Gas dauernd die erforderlichen Hitzegrade erzeugt bei möglichst geringem Gasverbrauch.

Zur Erzeugung der erforderlichen Preßluft dienen entweder Kapselgebläse, Ventilatoren oder Rotationsgebläse. Gemeinsam bei beiden Arten ist die Erzeugung eines gleichmäßigen Luftstromes. Der Antrieb erfolgt in der Regel von einem Vor-

gelege aus mittels Riemen. Der Ventilator wird vielfach beim Schmiedefeuer angewendet, während zur Erzeugung höherer Pressungen das Kapselgebläse weitgehende Aufnahme gefunden hat. Der Windkessel ist entweder am Gebläse oder, wie wohl meist der Fall, an jedem Gasofen einer, zur Erzeugung eines möglichst konstanten Luftstromes angeordnet (Fig. 85 bis 87).

Vom Gebläse wird die Preßluft in schmiedeeisernen Leitungen zum Ofen geleitet; die Regulierung geschieht durch einen am Ofen in die Leitung eingebauten Hahn.

In neuerer Zeit werden auch Turboventilatoren verwendet, bei denen zur Erzielung des nötigen Druckes in der Leitung eine entsprechende Anzahl Druckstufen, meist zwei, angeordnet sind (Fig. 88).

Gasmesser. Bei den mit Gas geheizten Härteöfen ist der Einbau eines sogenannten Skala-Gasmessers an jedem Ofenbrenner von großem Vorteil, ermöglicht er doch nicht nur die ständige Kontrolle des Gasverbrauches und dadurch eine genaue Kalkulation der in jedem einzelnen Gasofen geleisteten Arbeit, sondern auch ein Einstellen und Festhalten jeder gewünschten Temperatur im Ofen bei einer Genauigkeit von ± 2 bis ± 3 v. H. Der Skala-Gasmesser besteht aus einer geeichten konischen Glasröhre, in der ein durch das hindurchströmende Gas gehobener Schwimmer in der Höhe sich einstellt, welche der jeweils durchtretenden Gasmenge entspricht.

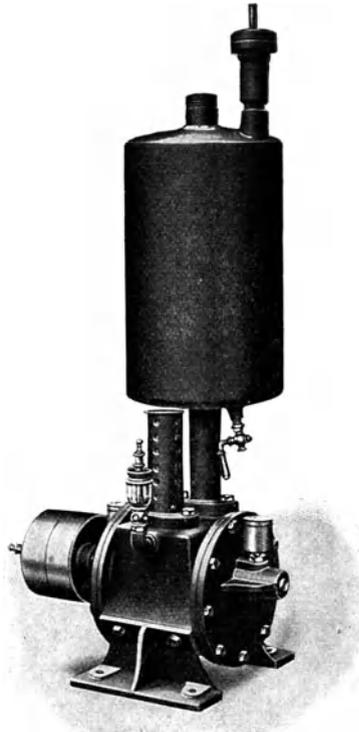


Fig. 87. Hochdruck-Kapsel-Gebläse bis zu 6000 mm Wassersäule mit Windkessel.

Der Schwimmer ist so ausgebildet, daß er völlig frei im Glasrohre gleitet, ohne dessen Wandungen zu berühren (Fig. 89). Den Einbau am Ofen zeigt Fig. 89a.

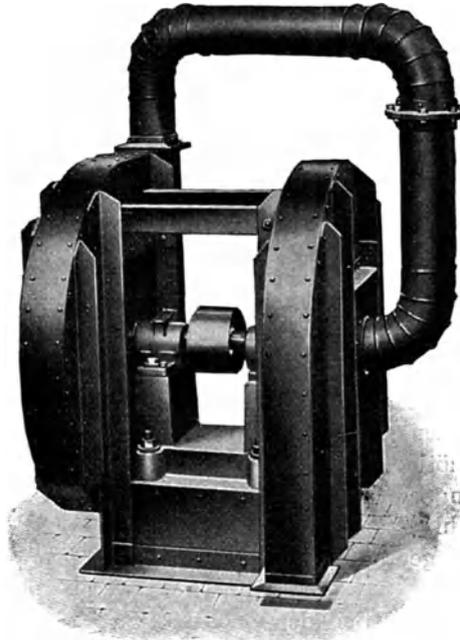


Fig. 88. Turboventilator für Riemenantrieb und zwei Druckstufen.

Ist daher für eine bestimmte Zusammensetzung des Gases der Gasverbrauch der einzelnen Brenner bei einer bestimmten Temperatur im Heizraum durch den Skala-Gasmesser einmal festgestellt, so kann diese ohne weiteres immer wieder eingestellt werden. Von besonderer Wichtigkeit ist er für den Betrieb der zylindrischen Vertikalöfen, da hierdurch deren gutes Arbeiten möglich wurde.

4. Einrichtungen zur Temperaturmessung.

Es ist völlig verfehlt, bei dem heute allgemein angewendeten wertvollen Stahlmateriale die Temperatur des erhitzten Stahles lediglich durch bloße Schätzung mit dem Auge zu

bestimmen, denn auch das geübte Auge täuscht sich, weil äußere Einflüsse, wie Beleuchtung, Witterung usw. mitbestimmend einwirken und Temperaturüberschreitungen von 30° bis 50° C schon Schaden bringen können.



Fig. 89. Skalgasmesser.



Fig. 89 a. Einbau des Skalgasmessers am Gasofen.

Ein sehr einfaches und dabei billiges Mittel zum Messen der Temperatur sind die sogenannten Segerkegel (Fig. 90). Es sind keramische Schmelzkörper in Form abgestumpfter Pyramiden, die eine aus 59 Nummern bestehende Reihe systematisch aufgebauter, an Schwerschmelzbarkeit stetig zunehmender Silikatgemenge bilden, die für die niedrigen Nummern eine glasurartige, für die höheren eine tonartige Zusammensetzung besitzen und umfassen die Temperaturen von etwa 600° bis 2000° C. Die Segerkegel erweichen mit dem Fortschreiten der Hitze allmählich mehr und mehr und neigen schließlich ihre Spitze. Sie gelten als geschmolzen, wenn die sich umbiegende Spitze die Unterlage leicht berührt (Fig. 90). Dieser Zeitpunkt ist stets mit Genauigkeit zu erkennen.

Da die Segerkegel Silikatgemische sind, so besitzen sie keinen in allen Fällen und unter den verschiedenen Erhitzungs-

bedingungen bestimmten stets gleichbleibenden Schmelzpunkt. Es ist daher nicht möglich, für die Segerkegel Schmelzpunkte nach Celsiusgraden allgemein anzugeben. Zur genauen Messung von Temperaturen nach Celsiusgraden eignen sie sich daher im allgemeinen nicht, sondern nur in den Fällen, wenn die Schmelzpunkte der einzelnen Segerkegel für bestimmte, genau wieder zu erhaltende Erhitzungsbedingungen bekannt sind. Die Angabe der Schmelztemperatur der Segerkegel in Celsiusgraden kann nur ganz annähernd stattfinden.

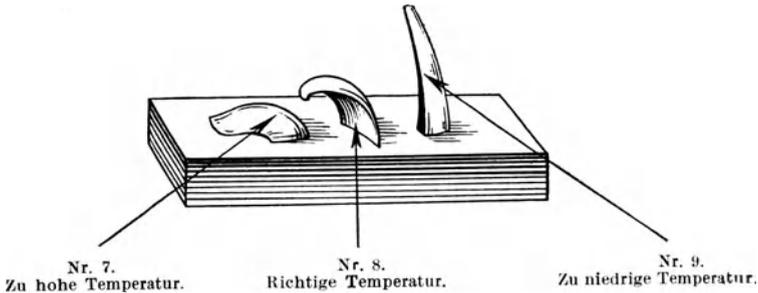


Fig. 90. Segerkegel.

Unter diesen Voraussetzungen enthält die folgende Aufstellung die Nummern der Segerkegel und die annähernden Mittelwerte ihrer Schmelzpunkte in Celsiusgraden.

Als Angabe für den erreichten Brenngrad genügt vollständig die Nummer des geschmolzenen Segerkegels. Wird beispielsweise mitgeteilt, in einem Ofen schmilzt Segerkegel 12, so ist dies eine ganz bestimmte Angabe über die erreichte Hitze, wenn auch eine andere als die gewohnte nach Celsiusgraden.

Gebrauchsanweisung: Um die Segerkegel beim Einsetzen und Niederschmelzen vor dem Umfallen zu schützen, werden sie mit ihrer Grundfläche in hinreichendem Abstände, etwa 25 bis 30 mm, auf eine gebrannte Tonplatte mit dickbreiig angemachtem Ton festgeklebt, oder in einen feuchten, kleinen, flachen Tonballen etwa 3 bis 5 mm tief eingedrückt und die Ränder der feuchten Masse an die Segerkegel angeedrückt. Für die niedrigen Nummern der Segerkegel genügt als Unterlage eine Platte bzw. ein Masseballen aus gewöhn-

Tabelle der Segerkegel.

022 ¹⁾	600 ⁰	05 a	1000 ⁰	13	1380 ⁰
021	650 ⁰	04 a	1020 ⁰	14	1410 ⁰
020	670 ⁰	03 a	1040 ⁰	15	1435 ⁰
019	690 ⁰	02 a	1060 ⁰	16	1460 ⁰
018	710 ⁰	01 a	1080 ⁰	17	1480 ⁰
017	730 ⁰	1 a	1100 ⁰	18	1500 ⁰
016	750 ⁰	2 a	1120 ⁰	19	1520 ⁰
015 a ²⁾	790 ⁰	3 a	1140 ⁰	20 ³⁾	1530 ⁰
014 a	815 ⁰	4 a	1160 ⁰	26	1580 ⁰
013 a	835 ⁰	5 a	1180 ⁰	27	1610 ⁰
012 a	855 ⁰	6 a	1200 ⁰	28	1630 ⁰
011 a	880 ⁰	7	1230 ⁰	29	1650 ⁰
010 a	900 ⁰	8	1250 ⁰	30	1670 ⁰
09 a	920 ⁰	9	1280 ⁰	31	1690 ⁰
08 a	940 ⁰	10	1300 ⁰	32	1710 ⁰
07 a	960 ⁰	11	1320 ⁰	33	1730 ⁰
06 a	980 ⁰	12	1350 ⁰		

¹⁾ Wird gesprochen: Nullzweiundzwanzig.

²⁾ Wird gesprochen: Nullfünfzehna.

³⁾ Die Segerkegel 21 bis 25 werden nicht mehr hergestellt, weil ihre Schmelzpunkte zu nahe aneinander liegen.

lichem, leicht schmelzbarem Ton; für die höheren Nummern muß die Platte und der Masseballen feuerfest sein. Die Tonplatte oder der Tonballen ist am besten so groß zu wählen, daß die geschmolzenen Segerkegel noch auf der Platte u. dgl. aufliegen. Benutzt man einen feuchten Tonballen als Unterlage, so empfiehlt es sich, diesen nach dem Eindrücken der Segerkegel, also vor dem Einbringen in den Ofen gut zu trocknen, da Feuchtigkeit den unteren Teil des Segerkegels aufweichen und dadurch Unannehmlichkeiten beim Schmelzen herbeiführen kann; es empfiehlt sich daher, einige Platten mit aufgesetzten Segerkegeln vorrätig zu halten.

Die Segerkegel werden so aufgestellt, daß sie durch ein Schauloch beobachtet werden können.

Um zu ermitteln, welche Segerkegel man zur Erzielung eines guten Brandes nötig hat, setzt man in den Ofen das erstmal diejenigen drei Nummern ein, von denen man annimmt, daß sie nach der obigen Aufstellung der im Ofen

herrschenden Temperatur annähernd entsprechen. Sie müssen so mit Ziegeln oder Schutzplatten umstellt, von außen sichtbar, eingesetzt werden, daß sie keine Stichflamme erhalten. Nach einigen Versuchen gelangt man dahin, unter den drei eingesetzten Segerkegeln eine Nummer zu finden, die vorschriftsmäßig geschmolzen ist, d. h. so, daß die sich umbiegende Spitze die Unterlage eben berührt, wie Nr. 8 in Fig. 94. Es ist dann in Zukunft meist nur nötig, die folgenden drei Segerkegel einzusetzen: denjenigen, der vorschriftsmäßig geschmolzen ist, den nächst niedrigeren und den nächst höheren, in dem Beispiel in Fig. 90 also die Nummern 7 bis 9. Von diesen dient Nr. 7 durch ihr Niederschmelzen als Warner für den bald eintretenden richtigen Hitzegrad. Das Umschmelzen der maßgebenden Nr. 8 muß aufmerksam beobachtet werden und Nr. 9 darf wohl etwas abgerundete Kanten aufweisen und etwas geneigt sein, muß aber als Maßstab für das Innehalten des Erhitzungsgrades stehen bleiben. Zu beachten ist, daß die Segerkegel bei jedem Einsatz denselben Platz erhalten und vor Stichflammen geschützt werden.

Elektrische Temperaturmesser und Temperaturfernschreiber.

Sie besitzen den großen Vorteil, daß man die Temperatur in beliebiger Entfernung von der zu messenden Stelle, gleichviel ob diese zugänglich ist oder nicht, ablesen und aufzeichnen kann. Für Temperaturen bis ungefähr 600° C wird das elektrische Widerstandsthermometer benutzt, während für Temperaturen über 600° bis etwa 1600° C das thermoelektrische Pyrometer in Frage kommt. Für die Messung von Temperaturen, die für den Härter von Wichtigkeit sind, kommen fast ausschließlich die letzteren zur Anwendung, weshalb sie ausführlicher behandelt werden sollen. In neuester Zeit wird auch das optische Pyrometer nach Holborn und Kurlbaum wegen seiner Einfachheit und Handlichkeit vielfach verwendet, es wird daher am Schlusse dieses Abschnittes ebenfalls besprochen werden.

Die thermoelektrischen Pyrometer.

Ihre Wirkungsweise beruht auf folgendem Prinzip:

Lötet man zwei Drähte aus verschiedenen Metallen an

einem Ende zusammen und erhitzt die Lötstelle, so entsteht ein elektrischer Strom, dessen Stärke für die beiden gegebenen Metalle von dem Temperaturunterschiede der Lötstelle und den beiden freien Drahtenden, der sogenannten kalten Lötstelle, abhängig ist. Man nennt diese Vorrichtung ein Thermoelement. Werden die beiden freien Drahtenden mit den Klemmen eines Meßinstrumentes, eines Galvanometers, verbunden, so wird der Zeiger desselben einen Ausschlag anzeigen, der um so größer sein wird, je stärker die Lötstelle erhitzt wird, je größer also der Temperaturunterschied zwischen der „heißen“ Lötstelle und den beiden an die Klemmen angeschlossenen Drahtenden, der „kalten“ Lötstelle, ist.

Die Größe des Galvanometeraus-schlages kann auf einer angebrachten Skala abgelesen werden, und wenn diese unmittelbar in Temperaturgrade eingeteilt — geeicht — ist, ohne weiteres das Ablesen der an der heißen Lötstelle vorhandenen Temperatur ermöglichen (Fig. 91).

Die zur Verwendung bei den Thermoelementen kommenden Drähte müssen aus möglichst reinen Metallen hergestellt sein, da sonst die Konstanz der Thermokraft beeinflusst wird.

Für Arbeiten, bei denen die Temperatur nicht über 600°C steigt, kann ein Thermoelement benutzt werden, von dem der eine Draht aus Silber oder Kupfer, der andere aus Konstantan besteht; ein solches Element ist billig und leicht ersetzbar. Es findet Anwendung bei Anlaßbädern, Anlaßöfen. Für Temperaturen bis etwa 900°C finden Thermoelemente Verwendung, die aus schwerer schmelzbaren, nicht edlen Metallen bestehen, z. B. Eisen- und Konstantandraht von etwa 3 mm Durchmesser. Sie werden angewendet in Glühöfen, Blei- und Chlorkalium-Härtbädern. Zur Bestimmung höherer Temperaturen von etwa 1000° bis 1600°C kommen Thermoelemente aus Platin-

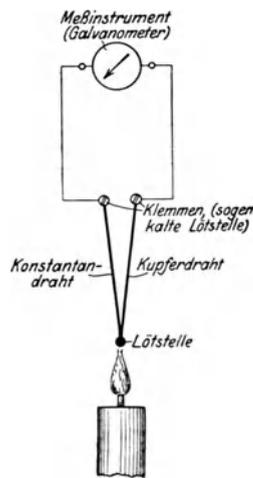


Fig. 91. Darstellung des Prinzips eines Thermo-elementes.

und Platinrhodiumdraht nach Le Chatelier in Frage. Der Drahtdurchmesser beträgt im allgemeinen 0,4 bis 0,6 mm; dickere

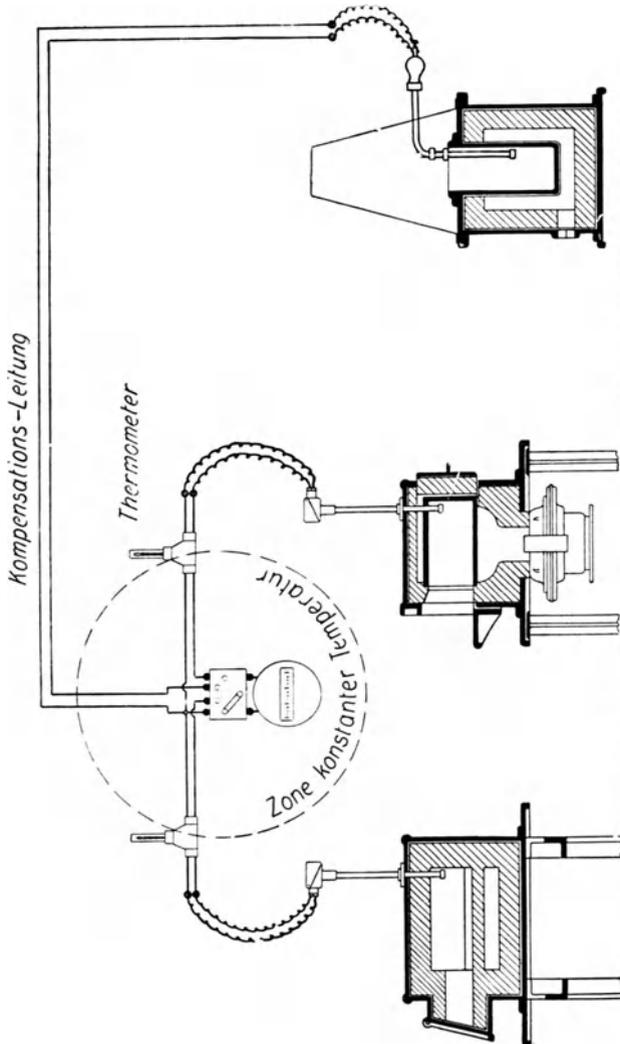


Fig. 92. Schematische Darstellung einer Härteanlage mit thermoelektrischer Meßvorrichtung.

Drähte sind mechanisch widerstandsfähiger und ergeben wegen ihres geringeren Ohmschen Widerstandes eine größere Meßgenauigkeit. Sie sind geeignet für Härtebäder, z. B. Chlorbarium.

Die freien Enden der Drähte der Thermolemente, die kalten Lötstellen, müssen auf gleicher, möglichst niedriger und unveränderlicher Temperatur gehalten werden, also nicht zu sehr von der normalen Raumtemperatur abweichen. Man kann diese Bedingungen ohne Schwierigkeit erfüllen, indem man die Elementdrähte so weit verlängert, daß sie dem Bereiche der Strahlung und der warmen Umgebung des Ofens entzogen sind. Das ist bei Thermolementen aus unedlen Metallen leicht ausführbar, und bei ihnen ist deshalb die bisher angewandte künstliche Kühlung des Anschlußkopfes nicht mehr notwendig, so daß die Pyrometeranlage sich wesentlich vereinfacht (Fig. 92 und 93a bis 93e).

Bei Edelmetall-Elementen, für genaue Messungen und wenn nur kurze Thermolemente benutzt werden, sind die Elementköpfe vor Erwärmung zu schützen; es geschieht durch Wasserkühlung, indem am oberen Ende des Schutzrohres in unmittelbarer Nähe der Verbindungsstelle der beiden Drahtenden — kalte Lötstelle — mit der zum Galvanometer führenden Kupferdrahtleitung ein Kühlgefäß angeordnet wird, das in direkter Verbindung mit der Wasserleitung steht (Fig. 94).

Ein solcher Kühlkopf ist immerhin unbequem; einen Ersatz hat man für die Fernleitung in den Elementdrähten thermoelektrisch gleichwertigem Materiale, der sogenannten Ausgleichsleitung oder Kompensationsleitung, gefunden, die aus zwei Drähten, welche innerhalb gewisser Temperaturgrenzen gegeneinander dieselbe thermoelektrische Kraft haben, wie beispielsweise Platin gegen Platinrhodium, besteht.

Der Anschlußkopf für die Elementdrähte ist aus Hart-

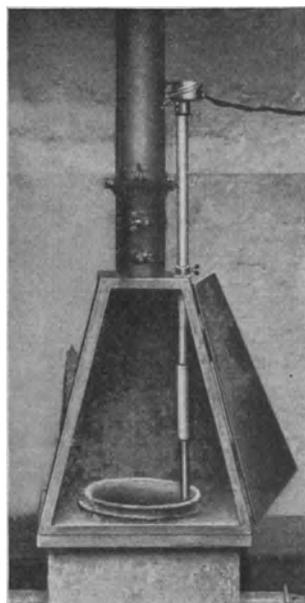


Fig. 93 a. Bleibadhärteofen mit eingebautem Thermolement. (Aus Brearley-Schäfer Werkzeugstahl.)

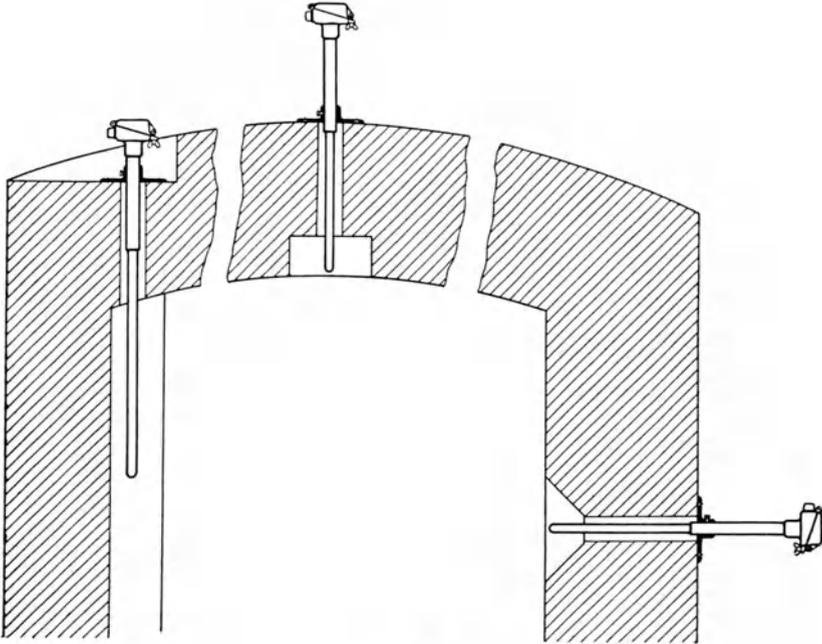


Fig. 93 b.

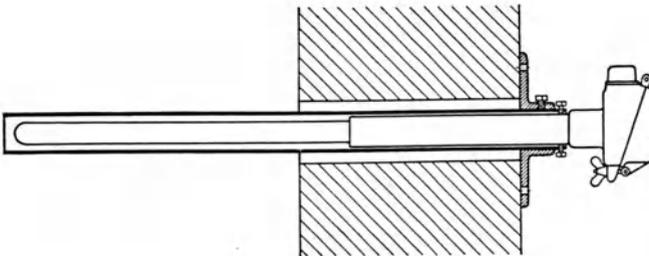


Fig. 93 c.

Verschiedene Ausführungen des Einbaues von Thermoelementen.

Fig. 93 c mit offenem Gasrohr.

porzellan oder aus Metall durchgebildet, der wasser- und staubdicht geschlossen ist, wodurch die Anschlußklemmen vollständig geschützt sind. Ein solcher Anschlußkopf ermöglicht auch eine zweckmäßige Ausgestaltung der Leitungsverlegung in einem geschlossenen Rohrsystem.

Gerissene Thermoelementdrähte können im Notfalle durch sorgfältiges Ineinanderdrehen der Enden repariert werden; zuverlässiger ist es, die Bruchstelle in einer kleinen Sauerstoffflamme zu verschmelzen. Durch langsames Einführen der stumpf aufeinanderstoßenden Drahtenden in die Flamme bis zum beginnenden Schmelzen und darauffolgendes ruhiges Herausnehmen gelingt dies unschwer.

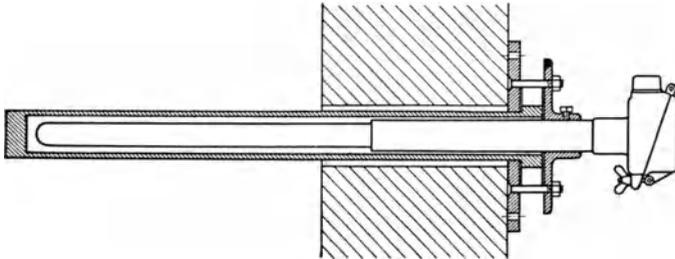


Fig. 93d. Schutz des Marquardtrohres durch ein Schamotterrohr.

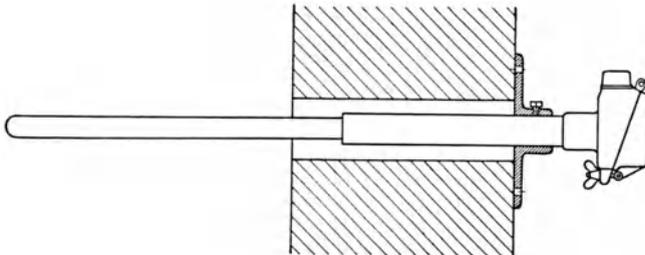


Fig. 93e. Thermoelement mit Quarz oder Marquardt-schutzrohr.

Durch unsachgemäße Handhabung können die Thermoelemente leicht beschädigt werden; mit reduzierenden Gasen darf der ungeschützte Draht nicht in Berührung kommen, denn ein Strom von unverbranntem Leuchtgas, der auf die ungeschützten Drähte trifft, macht sie in wenigen Stunden außerordentlich brüchig, auch die Berührung mit Eisenoxiden und einigen Silikaten ist sehr schädlich. Wie alle Platingegenstände müssen die Thermoelemente vor Berührung mit Metallen oder metallischen Dämpfen, mit denen sie sich leicht legieren, streng geschützt werden.

Die Isolierung der Drähte gegeneinander geschieht dadurch, daß man sie durch kurze, doppelt durchbohrte Schamotte- oder Porzellanröhrchen führt, der Schutz gegen chemische Einflüsse wird durch eine Schutzverkleidung, die dem speziellen Verwendungszwecke anzupassen ist, gesichert (Fig. 93 c bis 93 e). Als Materialien für die Schutzrohre kommen in Frage:

Metallrohre: aus Stahl für Temperaturen bis etwa 1000° C, aus Nickel für Temperaturen bis 1100° C. Das Thermoelementschutzrohr besteht aus Marquardtscher Masse, welche sehr feuerbeständig, aber gegen rasche Temperaturwechsel sehr empfindlich ist. Direktes Einführen der Montierung in einen sehr heißen Raum ist deshalb zu vermeiden, sie muß immer erst genügend vorgewärmt sein (Fig. 93 c).

Porzellanrohre: wenn dauernd hohe Temperaturen zu messen sind.

Schamotterohre: bei plötzlichem Temperaturwechsel und wenn Stichflammen auftreten (Fig. 93 d).

Quarzglas: widerstandsfähig bei schroffstem Temperaturwechsel bis auf etwa 1400° C; geeignet für vorübergehende rasche Messungen (Fig. 93 e).

Graphit: zur Messung der Temperatur geschmolzener Metalle.

Die Länge des Pyrometers ist so zu wählen, daß die Verbindungsklemmen nicht warm werden; der Kopf der Montierung soll mindestens 30 cm vom Mauerwerk entfernt sein.

Die Thermoelemente sollen, auch wenn sie mit Schutzverkleidungen umgeben sind, nicht der unmittelbaren Einwirkung von Stichflammen ausgesetzt werden. Sie sind möglichst senkrecht in den Ofen oder den zu messenden Raum einzuführen, oder bei anderer Lage entsprechend zu stützen (Fig. 93 b). Wird das Pyrometer in Räume eingeführt, in denen es selbst oder seine Schutzverkleidung von den vorhandenen Stoffen oder Gasen angegriffen wird, so ist es zur längeren Haltbarkeit nach jeder Messung herauszunehmen; dies ist besonders bei Verwendung in flüssigen Härtesalzen, Chlorbarium, oder in hochohitzten Metallschmelzen zu beachten, weil sonst starker Verschleiß eintritt. Das Thermoelement ist im Ofen so anzubringen, daß es die Temperatur an der Stelle des Ofens mißt, an welcher die zu erhitzenden Gegenstände liegen; die

Öffnung, durch die es in den Ofen hineinragt, ist gut zu verschließen, um die Erwärmung der außerhalb des Ofens liegenden

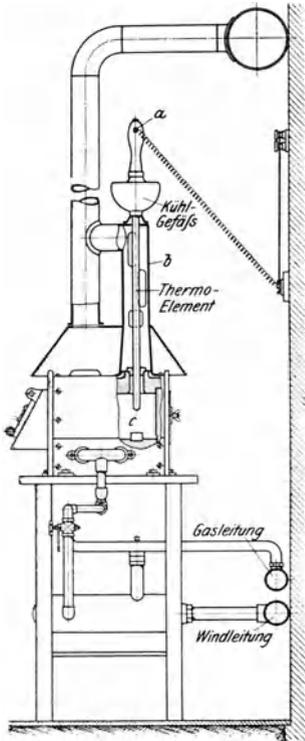


Fig. 94. Einbau des Thermo-elementes in ein. Gasmuffelofen.

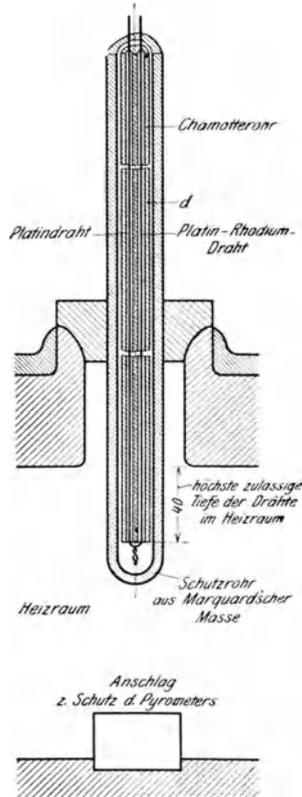


Fig. 96. Lagerung der Verbindungsstelle des Thermo-elementes im Schutzrohr.

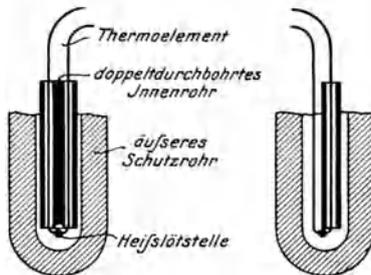


Fig. 95. 1) Geschütztes Thermo-element.

Enden des Thermo-elementes durch die strahlende Hitze zu vermeiden, da man sonst fehlerhafte Meßergebnisse erhält. Der Verschluß ist so anzuordnen, daß er der Längen-

1) Fig. 95—98 aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl. Schiefer und Grün, Härtetechnik.

ausdehnung infolge der Erwärmung folgen kann. Einige praktische Einbauten von Thermoelementen zeigen die Fig. 93c bis 93e und 95 bis 96.

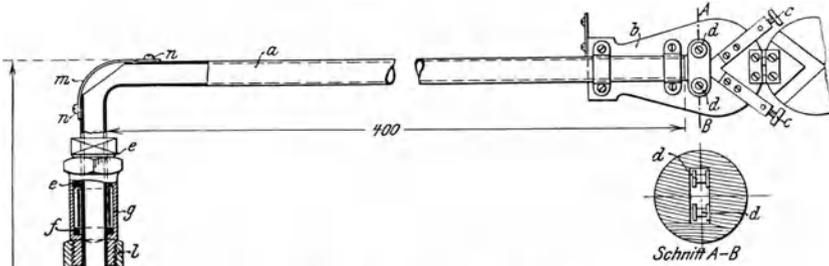


Fig. 97. Handpyrometer von Siemens & Halske.

Für Salzbadhärteöfen sowie für Bleibäder eignet sich am besten das Handpyrometer von Siemens & Halske (Fig. 97 u. 98).

Zum Ablesen der Temperaturen werden die bekannten Drehspul-Meßgeräte verwendet, bei denen sich eine vom thermoelektrischen Strom durchflossene Spule in dem ringförmigen Feld eines kräftigen Stahlmagneten dreht. Die Ablesegeräte

werden mit senkrechter oder wagrechter Drehachse ausgeführt, je nach den Thermoelementen, mit denen sie zu verwenden sind (Fig. 99 u. 100).

Zur dauernden Aufzeichnung von Wärmevergängen aller Art werden die Ablesegeräte gleichzeitig als Schreibapparate, sogenannte selbstschreibende oder registrierende Pyrometer ausgebildet. Sie erfordern wenig Wartung, die auch von ungeschultem

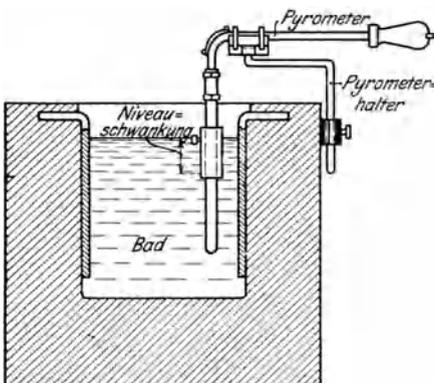


Fig. 98. Handpyrometer im elektrisch geheizten Salzbadofen.

Personal ausgeführt werden kann. Das Aufzeichnen geschieht in der Weise, daß ein durch ein Uhrwerk betätigter Fallbügel von Zeit zu Zeit den Zeiger auf das unter ihm langsam fortbewegte Papier drückt, wodurch auf diesem deutlich sichtbare Punkte markiert werden. Der Registriermechanismus beeinträchtigt also die freie Einstellung des Meßsystems nicht, und da die meisten Temperaturänderungen im Verhältnis zur Registriergeschwindigkeit langsam verlaufen, reihen sich die Punkte zu einer zusammenhängenden Kurve aneinander. Die Aufstellung kann in beliebiger Entfernung von der Meßstelle

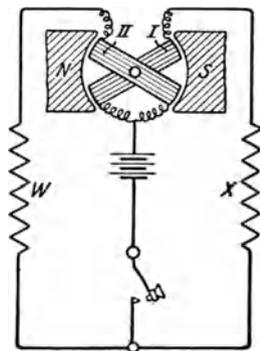


Fig. 99. Schaltenschema des Differentialgalvanometers.

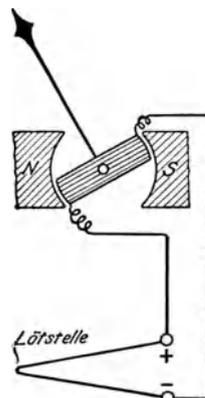


Fig. 100. Schaltenschema des thermo-elcktr. Pyrometers.

erfolgen, auch können sie zum gleichzeitigen Aufzeichnen der Temperaturen verschiedener Öfen mit Hilfe eines selbsttätigen Umschalters benutzt werden, der die Enden jedes Elementes abwechselnd mit dem Schreibapparat verbindet. Fig. 101 bis Fig. 106 zeigen eine zuverlässige Ausführung des Apparates. Sie finden im Härtereibetriebe bei solchen Öfen Anwendung, wo es auf eine stets gleichbleibende Temperatur ankommt, z. B. Salzbadöfen, Einsatzhärteöfen u. a. m.

In größeren Härtereianlagen, wo die Temperaturen mehrerer Öfen an einer Zentralstelle abgelesen werden sollen, z. B. beim Betriebsingenieur, verwendet man Mehrfachkurvenschreiber, wie ihn Fig. 101 und 106 zeigen.

Das optische Pyrometer.

Das optische Pyrometer wird vor allem da verwendet, wo die thermoelektrische Temperaturmessung versagt, weil

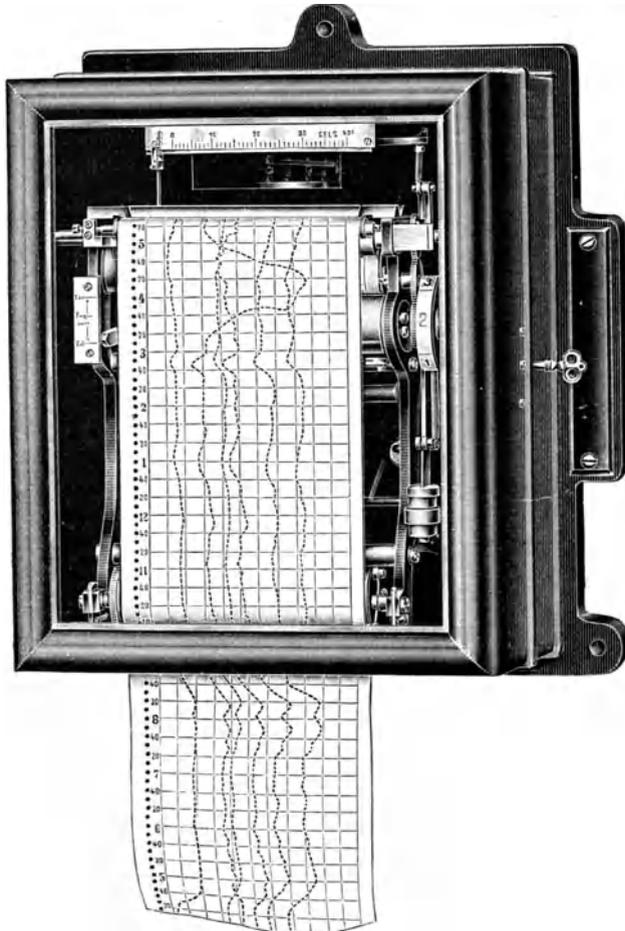


Fig. 101. Mehrfachkurvenschreiber.

1. die zu messende Temperatur zu hoch ist (über etwa 1500 bis 1600° C),
2. bewegte Massen oder chemische Einwirkungen das Thermoelement und seine Armatur schnell zerstören,

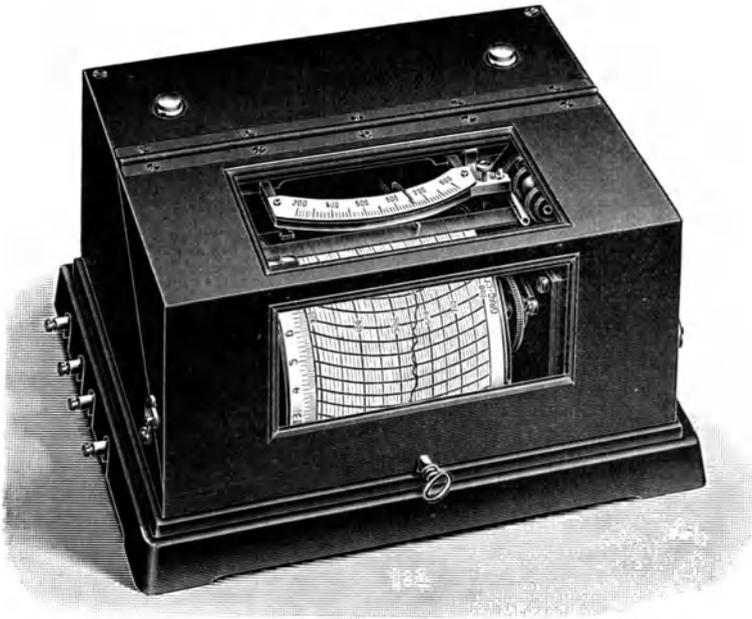


Fig. 102. Temperaturschreiber mit Trommeldiagramm.

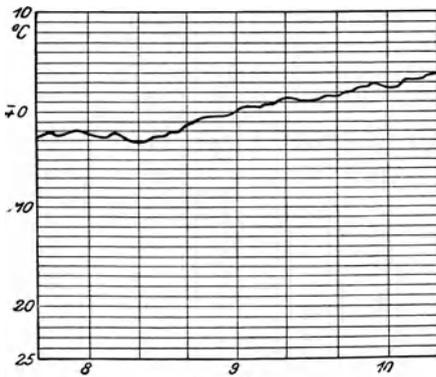


Fig. 103.
Kurven von Widerstandsthermometern.
(Trommelschreibern.)

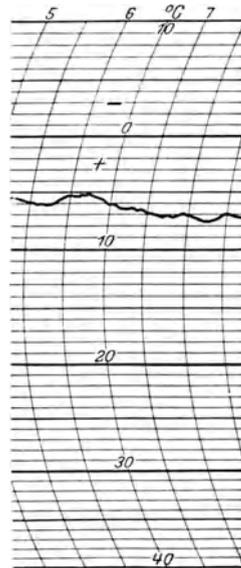


Fig. 104.

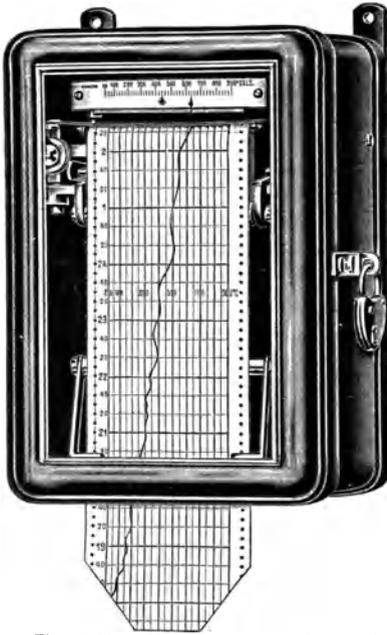


Fig. 105. Temperaturstreifen mit ablaufendem Papierstreifen.

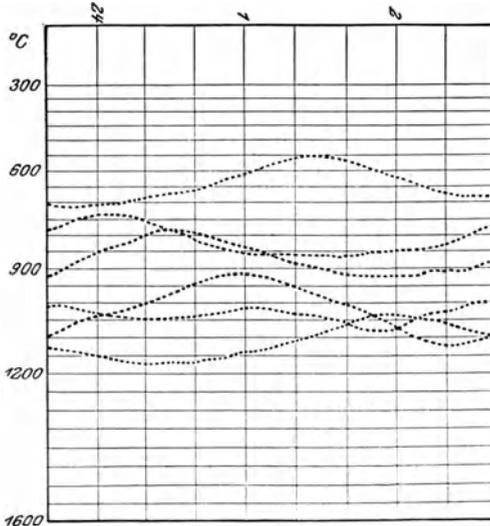


Fig. 106. Temperaturkurven des Mehrfachkurvenschreibers (verschiedenfarbige Kurvenlinien).

3. durch die große Anzahl der Meßstellen die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten für Thermoelemente zu hoch sind,
4. die Meßstelle mit einem Thermoelement nicht zu erreichen ist.

Es ist daher für Härte- und Glühöfen sehr geeignet, außerdem empfiehlt sich seine Anschaffung schon deswegen, weil keine Edelmetalle oder Metallegierungen, wie z. B. bei den thermoelektrischen Pyrometern, zur Anwendung kommen.

Das optische Pyrometer nach Holborn und Kurlbaum beruht auf dem Wien-Planckschen Gesetz, nach welchem die Lichtstrahlung eines schwarzen Körpers, und als solcher ist praktisch z. B. jeder fast vollkommen geschlossene Hohlraum anzusehen, nur von der Temperatur abhängig ist. In der Achse des Fernrohres *F* (Fig. 107) befindet sich der Faden einer Glühlampe *L*. Wird das Fernrohr auf einen Körper höherer Temperatur gerich-

tet, so hebt sich der Faden der Glühlampe im stromlosen Zustande als schwarzer Strich vom hellen Gesichtsfelde scharf ab. Bringt man ihn durch einen Strom aus einem Akkumulator E zum Glühen und reguliert die Stromstärke mit Hilfe des am Fernrohr angebrachten Regulierwiderstandes mit Grob- und Feineinstellung R_g und R_f so, daß der Faden im Bilde des glühenden Körpers verschwindet, dann haben beide gleiche Temperatur.

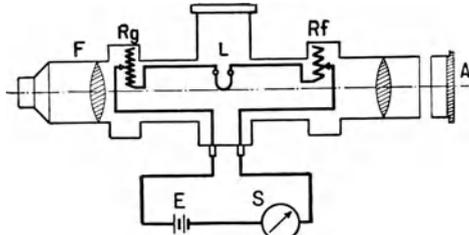


Fig. 107. Schematische Skizze des optischen Pyrometers nach Holborn und Kurlbaum.

Man mißt den Strom in der Glühlampe mit dem Strommesser S . Sofern der Strommesser, wie es meistens der Fall



Fig. 108. Tragbarer Strommesser zum optischen Pyrometer.

ist, eine nach Temperaturgraden geteilte Skala besitzt, kann die gesuchte Temperatur an ihr unmittelbar abgelesen werden. Andernfalls nimmt man einen Ablesestreifen zu Hilfe. Die Ab-



Fig. 109. Doseninstrument in Ledertasche zum optischen Pyrometer.



Fig. 110. Anwendungsweise des optischen Pyrometers.

hängigkeit der Glühfadentemperatur vom Strom ist durch Eichung im Laboratorium ermittelt; sie wird auf Wunsch von der Physikalisch - Technischen Reichsanstalt beglaubigt.

In diesem Falle erhält das Pyrometer vorläufig noch eine Kohlenfadentlampe und für Temperaturen über 1400°C , zur Schonung der Glühlampe, eine Abschwächungsvorrichtung. Für gewöhnlich wird eine Metallfadentlampe benutzt, die eine Abschwächungsvorrichtung für Temperaturen bis 1600°C entbehrlich macht.

Die Ausführungsformen des optischen Pyrometers unterscheiden sich sonst nur hinsichtlich der Strommessertypen; meist wird ein Doseninstrument in Leder-

tasche verwendet (Fig. 109). Bei Ersatz der Glühlampe kann die in Temperaturgrade eingeteilte Skala dem Instrumente entnommen und gegen eine andere ausgewechselt werden. Seltener wird ein tragbarer Strommesser (Fig. 108) mit größerer Skala verwandt; die Skala ist doppelt geteilt nach Ampère- und nach Celsiusgraden und nicht auswechselbar. Die Temperaturteilung paßt zu einer gleichzeitig mitgelieferten Lampe. Beim Messen mit anderen Lampen sowie im oberen Meßbereiche bedient man sich besonderer Ablesestreifen.

Alle Zubehörteile des optischen Pyrometers, mit Ausnahme des Strommessers und des Akkumulators, sind in einem gemeinsamen Holzkasten untergebracht.

Die Vorzüge des optischen Pyrometers nach Holborn und Kurlbaum sind, kurz zusammengefaßt, folgende: geringes Gewicht und handliche Form, dabei einfache Einstellung und Handhabung, so daß selbst wenig geübte Personen imstande sind, sehr genaue Messungen auszuführen. Die Anwendungsweise ist in Fig. 110 wiedergegeben.

5. Abkühlen der Werkstücke beim Härten.

Das Abkühlen des glühenden Werkzeuges hat so gleichmäßig und, wenn es sich um die Erzielung der größtmöglichen Härte handelt, so rasch als möglich zu geschehen, daß die Wärme dem zu härtenden Teile gleichmäßig entzogen wird. Die Gleichmäßigkeit der Abkühlung ist unbedingt nötig, weil das durch die Erwärmung ausgedehnte Stahlstück sich durch das plötzliche Ablöschen etwas zusammenzieht; es verzieht sich nicht, wenn das Abkühlen und damit das Zusammenziehen gleichmäßig erfolgt.

Taucht man das zu härtende glühende Werkstück ins Härtebad, so verdunstet die Härteflüssigkeit überall da, wo sie den glühenden Stahl berührt, hüllt also das Werkstück in eine Dampfschicht ein, die die Abkühlung und damit die Annahme gleichmäßiger Härte hindert. Der zu härtende Gegenstand muß daher im Härtebade fortwährend bewegt werden, damit die sich bildende Dampfschicht leichter entweichen kann; auch darf er nicht nahe der Wandung, sondern muß in der Mitte des Bades eingetaucht werden.

Es ist unbedingt zu vermeiden, ein Stück einfach in die Härteflüssigkeit zu werfen, mit Ausnahme ganz kleiner Gegenstände, die gleichzeitig in größerer Anzahl gehärtet werden, wie Nähnadeln u. ä.; denn der Gegenstand muß je nach seiner

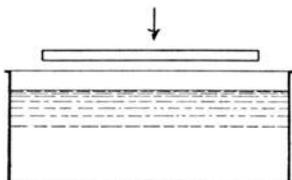


Fig. 111. Falsches Eintauchen des Werkstückes in die Abkühlflüssigkeit.

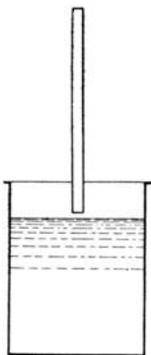


Fig. 112. Richtiges Eintauchen des Werkstückes in die Abkühlflüssigkeit.

Form in einer bestimmten Lage in die Flüssigkeit eingeführt werden, die auf dem Boden des Gefäßes aufliegende Fläche würde auch mit der Härteflüssigkeit nicht in Berührung kommen.

Wird ein Stahlstab so in die Abkühlflüssigkeit getaucht, daß seine Längsachse parallel zur Fläche derselben liegt, so verzieht er sich

(Fig. 111). Solche Gegenstände müssen daher senkrecht und nicht zu rasch in die Härteflüssigkeit getaucht werden (Fig. 112); bisweilen führt man sie auch spiralförmig darin herum, um das Werkzeug stets mit frischer noch nicht erwärmter Flüssigkeit in Berührung zu bringen; bei langen, dünnen und zum Verziehen geneigten Gegenständen darf man dies nicht tun. Das langsame Eintauchen bezweckt, das Abkühlen des Stahles in der Hauptsache an der Oberfläche der Härteflüssigkeit zu bewirken, damit die besonders bei größeren Gegenständen sich reichlicher bildenden und die Härtung hindernden Dämpfe sofort entweichen können. Man kann bei besonders großen und schweren Werkzeugen, oder solchen, die ihrer Form wegen leicht zum Verziehen

neigen, auch so verfahren, daß man sie ruhig liegen läßt und mit der Härteflüssigkeit umspült.

Flache Gegenstände werden mit der schmalen Seite zuerst, teils senkrecht, teils wagrecht, ungleichmäßig dicke Werkstücke mit der dicken Seite zuerst in die Härteflüssigkeit gebracht, weil sonst beim Zusammenziehen des stärkeren Teiles der bereits abgekühlte dünnere Teil nicht nachgeben und so ein Reißen eintreten würde. Ist diese Art der Abkühlung nicht

möglich, so sind schwächere Teile des Stückes mit einer dünnen Schicht Lehm zu umhüllen, wodurch sie vor zu rascher Abkühlung beim Eintauchen geschützt sind.

Zur Erzielung gleichmäßiger Härte darf auch die Temperatur der Härteflüssigkeit während des Härtens sich nicht wesentlich ändern; der Behälter mit der Härteflüssigkeit ist also möglichst groß zu nehmen und immer genügend gefüllt zu halten. Es empfiehlt sich auch, die Kühlflüssigkeit dauernd in Bewegung zu halten, indem ein oder mehrere Wasserzuleitungsrohre bis fast auf den Boden des Kühlgefäßes geführt werden, neue Wassermassen zuführen, während ein entsprechend weiter Überlauf den Wasserüberschuß selbsttätig fortführt; hierdurch wird auch verhindert, daß die sich bildenden Dampfblasen das Werkstück mit einer isolierenden Dampfschicht umgeben, wodurch die rasche Abkühlung behindert wird.

Den Behälter mit der Kühlflüssigkeit stelle man möglichst nahe an den Ofen oder das Feuer heran, damit man mit dem glühenden Gegenstande nicht erst einen längeren Weg durch die Luft zurückzulegen hat.

Man vermeide auch eine ungleichmäßige Abkühlung des Werkstückes unmittelbar vor dem Härten, schon scharfer Luftzug kann schaden. Desgleichen lege man es vor dem Härten, wenn es aus dem Ofen gebracht wird, nicht auf kalte Eisenplatten oder gar feuchte Unterlagen, um es mit der Zange besser zu erfassen; die hierdurch herbeigeführte einseitige bzw. ungleichmäßige Abkühlung ist häufig die Entstehungsursache von Härterissen. Ebenso schädlich ist die Wirkung kalter oder nasser Zangen, namentlich bei Gegenständen mit schwachem Querschnitte.

Die zweckmäßigste Temperatur des Härtewassers ist 16 bis 22° C, kälteres Wasser kühlt zu schroff, ohne eine größere Härte herbeizuführen, vermindert dagegen die Zähigkeit und der Stahl wird spröde. Regenwasser ist seiner Reinheit wegen am besten, ebenso abgekochtes Wasser; Brunnen- oder Flußwasser enthält vielfach schädliche Beimengungen. Setzt man Salze oder Säuren dem Wasser zu, so wird die Wärmeleitfähigkeit erhöht, es härtet also schärfer; kalkhaltiges Wasser bewirkt das Gegenteil.

Zu scharf härtendes Brunnen- oder Quellwasser mildert

man dadurch, daß man etwas Soda oder Pottasche darin auflöst; ungenügend härtendes Flußwasser erhält eine bessere Härtefähigkeit durch Mischen mit geringen Mengen Säuren, z. B. Salzsäure, Schwefelsäure, Essig u. dgl. m. bis zu 2 v. H. Dabei sind Essigsäure und Zitronensäure von milderer Wirkung als Salzsäure, Salpeter- oder Schwefelsäure. Längere Zeit gebrauchtes Härtewasser hat die schädlichen Beimengungen ausgeschieden, härtet also stets sehr gleichmäßig.

6. Zusätze zum Härtewasser.

Kochsalz. Es wird meist eine gesättigte Kochsalzlösung verwendet, und zwar dann, wenn eine größere Anzahl Werkzeuge von komplizierter Form eine hohe Härte besitzen sollen.

Soda und Salmiak. Sehr geeignet für komplizierte Werkzeuge, bei denen eine Abtrennung einzelner Teile zu befürchten ist, z. B. bei komplizierten Fräsern.

Säuren. Angewendet, wenn die Werkzeuge die höchste erzielbare Härte besitzen sollen, oder wenn man wenig härtbarem Stahle eine genügend harte Oberfläche geben will.

Alkohol. Die Härtung wird stark verzögert, weil der Siedepunkt des Wassers erniedrigt wird, dieses also leichter verdampft.

Seife. Seifenwasser härtet gar nicht. Sollen an gehärteten Werkzeugen, wie Angeln an Feilen, Messern, Säbeln, Sägen u. a. m. weich gemacht werden, so erwärmt man diese Teile bis zur Rotglut und kühlt im Seifenwasser ab.

Mit Öl und Fett vermengtes Wasser. Auf die Wasseroberfläche gibt man eine Öl- oder Fettschicht; das abzukühlende Werkzeug wird durch diese hindurchgeführt, überzieht sich dabei mit einer durch die Hitze zäh gewordenen Fettschicht, die verzögernd auf die weitere Abkühlung im Wasser wirkt.

Gegenstände, die in angesäuertem Wasser gehärtet wurden, müssen darnach mit reinem Wasser oder mit Kalkwasser abgespült werden, um die Nachwirkungen der Säure zu neutralisieren und eine Oxydation zu verhüten.

a) Abkühlen in Ölen und Fetten.

Öle und Fette in flüssigem Zustande härten weniger scharf als Wasser; die Härtefähigkeit ist abhängig von der Konsistenz

des betreffenden Mittels, die Härte milde bei großer Zähigkeit des Werkstückes. Es ist unbedingt erforderlich, daß hinreichend große Behälter mit reichlichen Öl- oder Fettmengen zur Verfügung stehen, einmal, um den zu härtenden Gegenstand darin bewegen zu können, und dann, um keine wesentliche Temperaturerhöhung der Kühlfüssigkeit zu erhalten.

Von den Ölen härtet Petroleum am schärfsten, Rüböl am gleichmäßigsten, dann Glyzerin, hierauf leichtflüssige Mineralöle, endlich dickflüssige Pflanzenöle, z. B. Leinöl. Man kann auch eine Mischung von Öl und Unschlitt anwenden, die halbfüssig bleibt. Häufig verwendet man an Stelle dieser beiden Härteflüssigkeiten Fischtran, der zwar billiger ist, jedoch leichterverdampft und brennt, außerdem wegen seines üblen Geruches lästig wird.

Fette. Am häufigsten wird geschmolzener Talg verwendet; man erreicht eine etwas größere Härte hierbei als in Ölen.

b) Abkühlen in Metallen.

Quecksilber. Bei seiner ausgezeichneten Wärmeleitfähigkeit bewirkt es die energischste Härtung, weil es, wenigstens beim Härten kleinerer Gegenstände, nicht durch Dampfbildung die unmittelbare Berührung zwischen Quecksilber und Stahl hindert, somit eine sehr gleichmäßige Abkühlung zuläßt. Bei dem hohen Preise des Quecksilbers sind diese Vorteile nicht so bedeutend, um es anzuwenden.

Zinn, Zink, Blei und deren Legierungen. Infolge des hohen Schmelzpunktes dieser Metalle: Zinn 230° C, Blei 330° C und Zink 400° C findet keine Härtung wie in den vorerwähnten Abkühlmitteln statt. Die Härte des Stahles wird größer, wenn man die Werkzeuge nach kurzem Eintauchen in geschmolzenes Metall — etwa $\frac{1}{4}$ bis 2 Minuten, je nach dem Querschnitte — in Wasser sehr rasch abkühlt. Es eignet sich zum Härten von Federn und Werkzeugen, die zur Bearbeitung weicher Materialien dienen, welche die erforderliche zähe Härte und Schneidkraft erhalten sollen; ferner bei Maschinenteilen, die auf große Festigkeit und Abnutzung beansprucht werden.

Abkühlen durch feste Körper.

Es geschieht in der Regel in der Weise, daß das Werkzeug zwischen wassergekühlte Eisenplatten gelegt wird und

dabei gleichzeitig eine Pressung erfährt; man nennt es auch Preßhärtung.

Angewendet wird die Preßhärtung bei sehr dünnen Werkzeugen, wie Sägeblättern, Bandstahl u. dgl., bei denen ein Verziehen vermieden werden muß.

c) Abkühlen durch Luft.

Es wird in der Weise ausgeführt, daß sie in einem starken Strome über den zu härtenden Gegenstand geblasen oder dieser in der Luft rasch bewegt wird; der Luftstrom eines Ventilators oder eines Gebläses wird hierzu benutzt. Durch Einführung des Schnellstahles wurde die Lufthärtung allgemein eingeführt.

d) Vorrichtungen zum Abkühlen.

In erster Linie ist hier das Wasserbad zu nennen, das zweckmäßig mit einem Ölbad in einem gemeinsamen Behälter untergebracht ist, wie Fig. 113 in Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß, und Fig. 114 im Bilde zeigt. Das eigentliche Härtegefäß *a* dieses Kühlwasser- und Ölbehälters ist durch eine Zwischenwand *c* in zwei Abteilungen geteilt, von denen die eine als Wasser-, die andere als Ölgefäß dient. Das Gefäß *a* ist von dem Kühlwassergefäß *b* umgeben, in welchem mittels der Wasserzufußleitung *d* und des Überlaufrohres *e* ein fortwährender Zu- und Abfluß von kaltem Wasser unterhalten werden kann. Hierdurch ist es möglich, bei sorgfältiger Regelung des Wasserzuffusses im Kühlwassergefäß, selbst bei anhaltendem Härten eine stets gleichbleibende Temperatur des Härtewassers zu erzielen. Beim Härten schwerer Gegenstände, welche nur mangelhaft im Härtewasser bewegt werden können, kann dasselbe durch ein in das Wassergefäß hineingeleitetes Luftrohr mittels Druckluft in genügende Wallung versetzt werden. Da zur Abkühlung großer Gegenstände eine geringere, zur Abkühlung kleiner Gegenstände dagegen eine höhere Temperatur des Härtewassers erforderlich ist, so ist das Wassergefäß mit einem Vorwärmer *g* versehen, welcher die Erwärmung des Härtewassers über die Zimmertemperatur hinaus ermöglicht. Dieser Vorwärmer besteht aus einer Kupferschlange, welche durch Rohrstützen mit dem Härtewassergefäß in Verbindung steht, sowie aus dem Mantel, der zum Umhüllen der

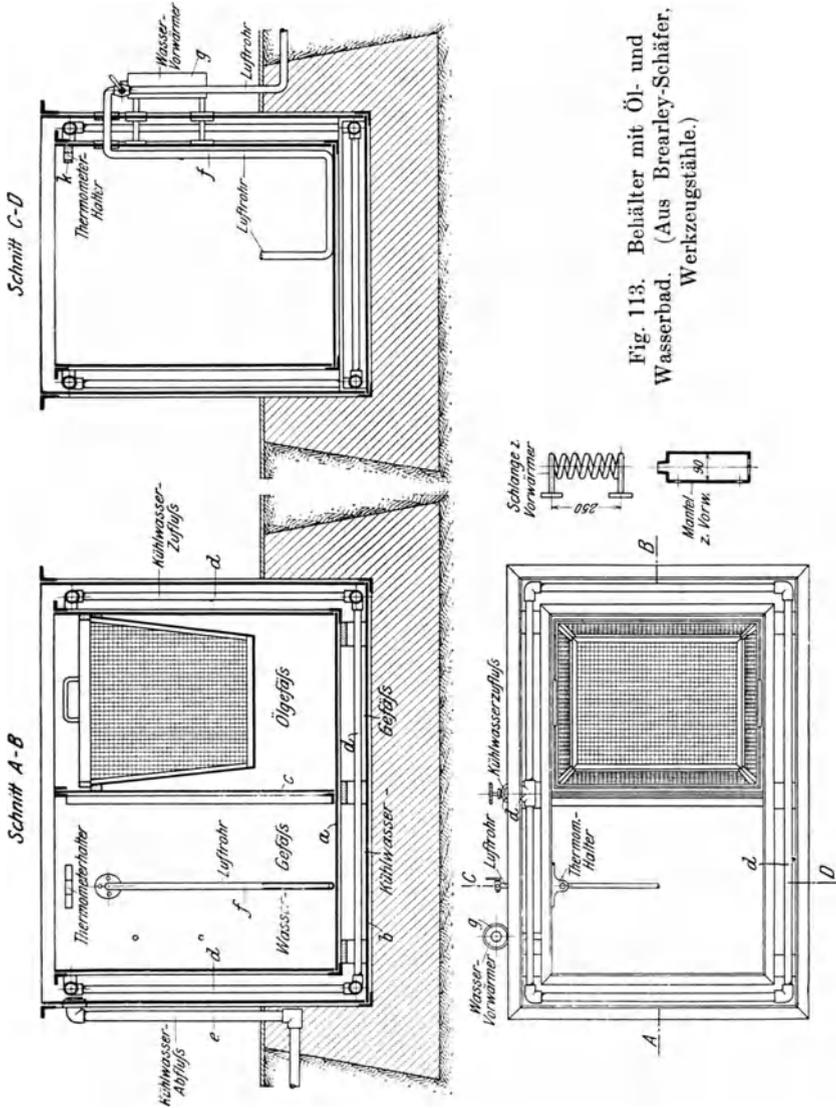


Fig. 113. Behälter mit Öl- und Wasserbad. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstähle.)

Kupferschlange dient. Durch Erhitzen der Kupferschlange vermittels eines Bunsenbrenners wird eine verhältnismäßig schnelle Erhöhung der Temperatur des Härtewassers erzielt.

Zur Kontrolle der Härtewassertemperatur kann in dem Thermometerhalter *k* ein Thermometer eingesetzt werden. Zum Sammeln und leichten Herausnehmen der gehärteten Gegenstände

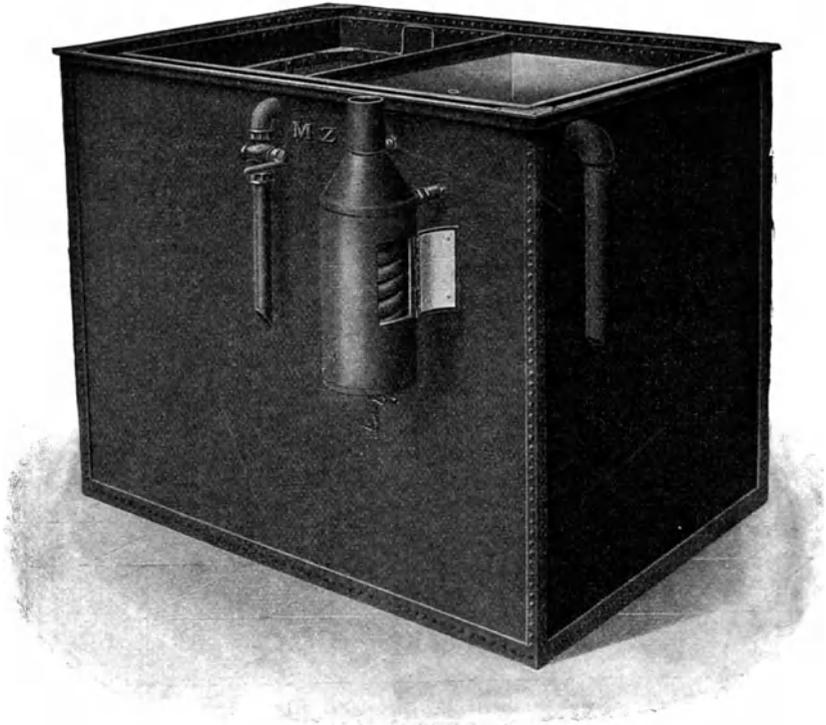


Fig. 114. Ansicht desselben Behälters.

aus dem Ölgefäß ist in diesem ein heraushebbarer Drahtkorb angebracht¹⁾).

Der Wasser- und Ölbehälter wird in zwei Größen hergestellt:

Außenbehälter, Länge \times Breite \times Höhe in mm etwa:

1200 \times 700 \times 1100 und 1500 \times 1000 \times 1200

Innenbehälter, Länge \times Breite \times Höhe in mm etwa:

1000 \times 500 \times 950 und 1200 \times 800 \times 1000

¹⁾ Blume, Werkstatttechnik 1909, S. 284.

Inhalt: Härtewasser und Öl, je Liter:
 200 und 375
 Rohranschluß für Wasserzufuß, engl. Zoll:
 1 und 1¹/₄
 Rohranschluß für Wasserabfuß, engl. Zoll:
 1¹/₂ und 2



Fig. 115. Tragbarer Behälter für die Kühlflüssigkeit.

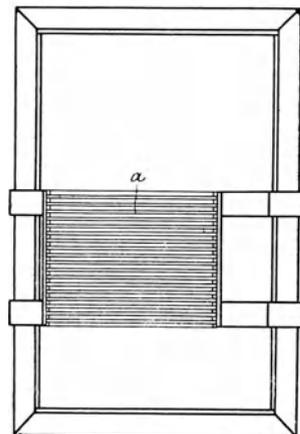
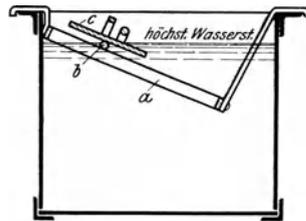


Fig. 116. Vorrichtung zum Härten kleiner Spiralbohrer. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

Bei kleineren Werkzeugen aus Kohlenstoffstahl ist es angebracht, den Wasserbehälter möglichst nahe am Härteofen zu haben, so daß eine schädliche Abkühlung des Härtegutes zwischen dem Herausnehmen aus dem Ofen und dem Eintauchen in die Abkühlflüssigkeit vermieden wird. Fig. 115 zeigt einen für diesen Zweck ausgeführten Behälter mit einem herausnehmbaren Drahtkorb.

Zum Härten von kleineren Spiralbohrern findet man in Werkzeugfabriken häufig eine nach Fig. 116 ausgeführte Vorrichtung. Sie besteht aus einem schräg im Härtebottich angebrachten Rost *a*, auf den die erhitzten Bohrer gelegt und mittels einer Holzplatte *b* schnell hin und her gerollt werden¹⁾.



Fig. 117. Wasserstrahlvorrichtung zum Härten von Döppern.

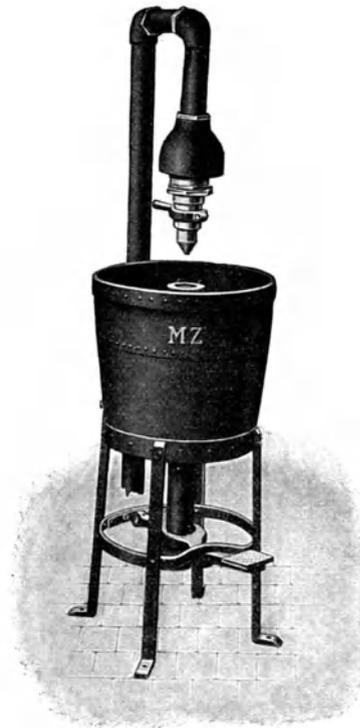


Fig. 118. Wasserstrahlvorrichtung zum Härten von Bohrungen.

Zum Härten von Döppern und ähnlichen Werkzeugen, bei denen die Höhlung zu härten ist, findet eine Wasserstrahlvorrichtung nach Fig. 117 vorteilhafte Anwendung. In dem runden Blechbehälter ist eine Strahldüse zentrisch angeordnet. Eine in ihrer Höhenlage verstellbare Klemmvorrichtung faßt

¹⁾ Blume, Werkstattstechnik 1908, S. 289.

das Werkzeug. Das gebrauchte Kühlwasser läuft durch einen im Boden angebrachten Stutzen ab.

Eine Wasserstrahlvorrichtung zum Härten der Bohrungen von Matrizen, Zieheisen, Preßzylindern, welche die höchste Härte in der Lochwandung besitzen, während das da-

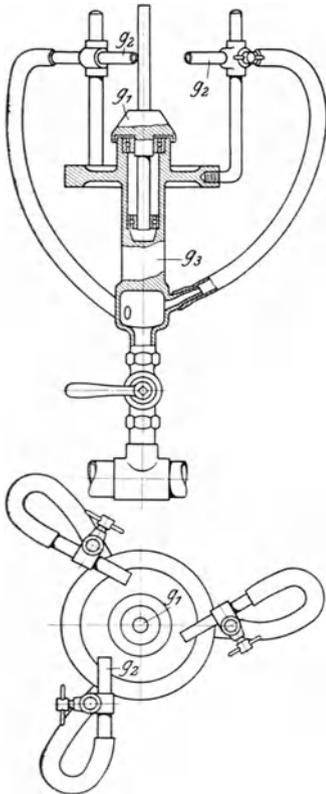


Fig. 119. Lufthärteapparat für Schnellstähle. (Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl)



Fig. 120. Behälter zum Härten von Schnellstählen in heißem Falz.

hinter liegende Material nur eine zähe Härte aufweist, ist in Fig. 118 dargestellt. In dem Behälter aus Eisenblech ist ein Stahlrohr angeordnet, das durch eine Spiralfeder in seine Höchstlage gezogen wird und am oberen Ende mit einem Kopf zur Aufnahme von Ringen versehen ist. Der Wasserzufluß geschieht von oben und wird durch den wagrecht drehbaren Hebel ge-

regelt. Durch die besondere Form der Düse wird der Wasserstrahl in drehende Bewegung versetzt, das gebrauchte Wasser durch ein am Boden des Behälters angebrachtes Abflußrohr abgeleitet. Bei Schnellstählen, die in Luft zu härten sind, bedient man sich des in Fig. 119 abgebildeten Apparates. Der Lufthärteapparat (Fig. 119) besteht aus dem Ständer g_3 , den Düsen g_2 und der Spindel g_1 . Am unteren Ende des Ständers befindet sich ein Ventil, das mit der Luftleitung verbunden ist. Im oberen Teile des Ständers g_1 ist die Spindel g_3 mittels Kugellager gelagert, an der darunter befindlichen Scheibe sind die Düsenhalter befestigt, an denen die Düsen g_2 durch Flügelschrauben festgeklemmt bzw. in die richtige Höhenlage eingestellt werden können. Beim Härten bzw. Abkühlen von Drehstählen u. dgl. durch Luft kann die Spindel g_1 entfernt werden¹⁾.

Zum Härten von Werkzeugen aus Schnellstahl in heißem Talg kann eine Vorrichtung nach Fig. 120 benutzt werden. Der Talgbehälter dient zum Anwärmen des Talges auf etwa 60° C mittels eines Sternbrenners. Zum Schutze gegen Wärmestrahlung ist der Blechmantel mit Asbest ausgekleidet. In den verzinnnten Topf ist ein Drahtkorb zum leichteren Herausnehmen der Werkzeuge eingehängt.

X. Das Härten²⁾.

In dem Abschnitt Materialienlehre wurde näher ausgeführt, daß die Eigenschaften des Eisens durch den Kohlenstoffgehalt ganz wesentliche Veränderungen erfahren können, Festigkeit und Härte steigen fast proportional mit diesem, am stärksten wird jedenfalls die Härtebarkeit beeinflusst.

Um den Begriff der Härtebarkeit bzw. Härte und damit des Härtevorganges zu erklären, ist es notwendig, einige neue Begriffe einzuführen und zu erklären. Denn hier haben erst die neueren und neuesten Forschungsergebnisse mit Hilfe des Mikroskopes über die Umwandlungen, die sich dabei im Innern der Legierung Eisen vollziehen, klärend gewirkt. Es ist hierbei notwendig, einige physikalische Vorgänge zu wiederholen.

¹⁾ Blume, Werkstattstechnik 1908, S. 288.

²⁾ Siehe auch: G. Mars, Die Spezialstähle.

Kühlt man eine bestimmte Menge Wasser ab und schreibt sich dabei in gewissen Zeitabschnitten, z. B. alle fünf Sekunden, die dabei mit einem Thermometer zu messende Temperatur auf und trägt am Schlusse die so erhaltenen Zahlen in der Weise in ein Liniensystem ein, daß in der Wagrechten (Horizontalen) die Zeitabschnitte, in denen die Temperaturablesungen erfolgen — hier also die Sekunden: fünf, zehn, fünfzehn —, in den senkrechten Linien die dabei abgelesenen Temperaturen sich befinden, so erhält man die Abkühlungskurve des Wassers. Erhitzt man gefrorenes Wasser, also Eis, und trägt dabei in derselben Weise die in gleichen Zeitabschnitten abgelesenen Temperaturen in ein gleiches Liniensystem ein, so erhält man die Erhitzungskurve des Wassers. Beide sind in Fig. 121 dargestellt.

Die Erhitzung unterhalb des Nullpunktes schreitet gleichmäßig fort, in der Zeiteinheit — fünf Sekunden — nimmt die Temperatur des Eises also

um gleichviel zu. Sobald der Nullpunkt erreicht ist, tritt der erste Haltepunkt ein, d. h. die Temperatur steigt nicht weiter, die gesamte zugeführte Wärme wird zur Umwandlung des Eises in Wasser verbraucht.

Erst nachdem diese Umwandlung beendet und die gesamte Menge Eis von 0° in Wasser von 0° übergeführt ist, steigt die Temperatur wieder, und zwar um gleichmäßige Beträge in der Zeiteinheit, bis bei 100°C abermals ein Haltepunkt eintritt. Die Temperatur von 100°C bleibt so lange bestehen, bis alles Wasser von 100°C in Dampf von 100°C verwandelt ist. Dann beginnt die Überhitzung des Dampfes, die wiederum eine gleichmäßige Temperatursteigerung zur Folge hat.

Die gleichen Beobachtungen kann man beim Schmelzen bzw. Abkühlen von Metallen machen, z. B. Zink, chemisch reinem Eisen. Auch hier werden Perioden unveränder-

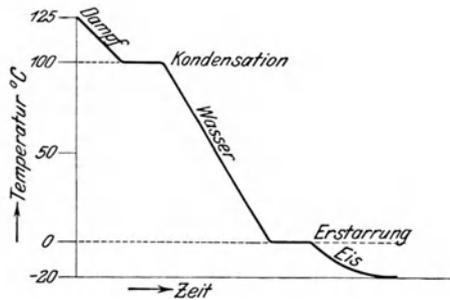


Fig. 121. Schematische Abkühlungskurven des Wassers. (Aus Wawrziniok, Materialprüfung.)

licher Temperatur, die man, wie oben schon erwähnt, als Haltepunkte bezeichnet, auftreten (Fig. 122).

Viel wichtiger als das reine Eisen ist für uns die Legierung Eisen. Da nun, wie wir wissen, in den meisten Fällen hierbei der Kohlenstoff ausschlaggebend ist, nennt man sie Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, zu denen die Kohlenstoff-Stähle gehören.

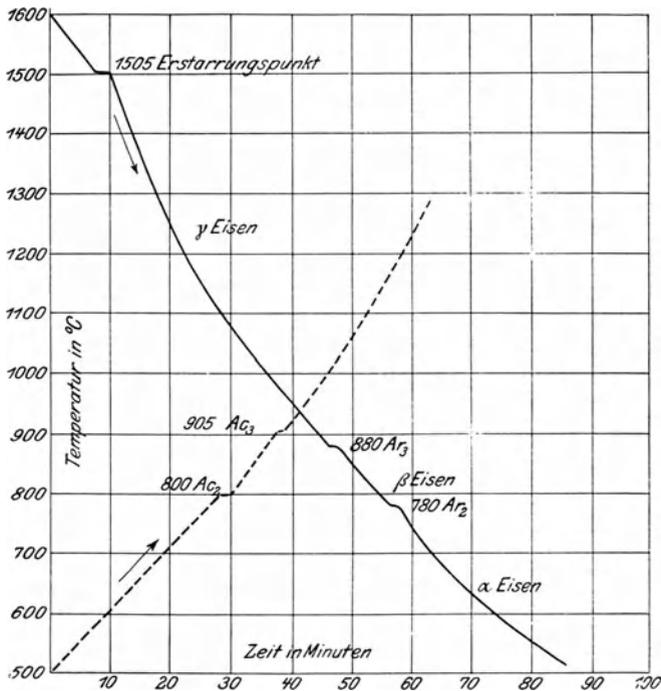


Fig. 122. Abkühlungs- und Erhitzungskurve des reinen Eisens nach Osmond. (Aus Wawrziniok, Materialprüfung.)

Nach den Begriffen der Metallographie sind Legierungen nichts weiter als Lösungen der die Stähle zusammensetzenden Körper — Elemente — ineinander. Als geeignetes Vergleichsbild für das Verständnis der Erstarrungsvorgänge der Legierung Eisen kann die Erstarrung einer wässrigen Kochsalzlösung¹⁾

¹⁾ Man könnte ebensogut jedes andere sich vollkommen in Wasser auflösende Salz nehmen.

dienen. Fig. 123 stellt die Abkühlungskurve einer 10⁰/₀igen Kochsalzlösung dar. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Kurve ein gänzlich anderes Bild als die Abkühlungskurve des Wassers in dem entsprechenden Temperaturbereiche zeigt. An Stelle des Gefrierpunktes beim Wasser treten bei der Abkühlung der Salzlösung zwei Haltepunkte auf, von denen der erstere kein eigentlicher Haltepunkt ist, sondern eine Verzögerung der Abkühlung darstellt, welche ungefähr bei -8°C beginnt und bis zu -22°C andauert, während sich der andere wahre Haltepunkt bei -22°C unmittelbar an das Ende der

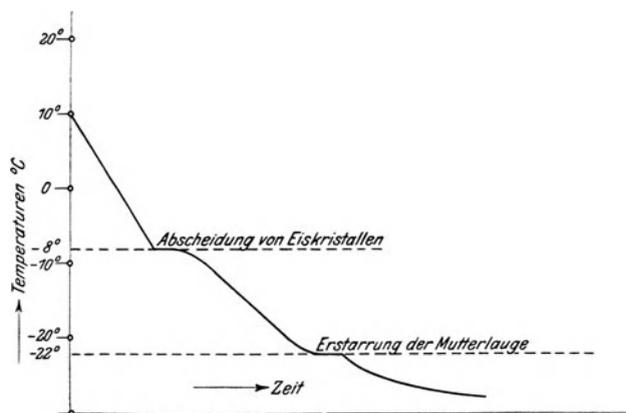


Fig. 123. Abkühlungskurve einer 10⁰/₀igen wäßrigen Kochsalzlösung.
(Aus Wawrziniok, Materialprüfung.)

Verzögerung anschließt. Untersucht man den Zustand der Salzlösung, so findet man, daß oberhalb -8°C die gesamte Lösung flüssig ist, zwischen -8°C und -22°C bereits gewisse Teile der Lösung im festen Zustande ausgeschieden sind, während der Rest noch flüssig ist und unterhalb -22°C die ganze Lösung erstarrt ist. Daraus geht hervor, daß eine Salzlösung nicht unbedingt einen Erstarrungspunkt haben muß, sondern innerhalb eines gewissen Temperaturbereiches erstarren kann.

Die 10⁰/₀ige Kochsalzlösung wird nun, wenn die Temperatur 8°C unter Null erreicht hat, reines Eis auszuscheiden beginnen. Diese Ausscheidung von Eiskristallen wird sich mit sinkender Temperatur fortsetzen, während sich die flüssig bleibende

durchdringen, also eine sogenannte feste Lösung bilden; zur Bildung dieser festen Lösung wird Wärme gebunden. Diese Auflösung der Eisen- und Kohlenstoffteilchen ineinander erfolgt bei ungefähr 720°C .

Umgekehrt kann man ein erhitztes Stück Stahl ganz allmählich abkühlen, etwa um 1°C pro Sekunde. Bei einer Temperatur von etwa 680°C beobachtet man dann eine Periode von vielen Sekunden, während der eine weitere Abkühlung des Stahles nicht erfolgt, obgleich der Ofen sich weiter abkühlt. Für das Härten des Stahles ergibt sich damit folgendes:

Das zu härtende Werkzeug muß erst so hoch erhitzt werden, daß der Stahl in den Zustand der festen Lösung kommt, also bis über den oberen Haltepunkt. Das Erhitzen darf aber nicht zu hoch über diesen erfolgen — 30°C bis 50°C reichen im allgemeinen aus —, da sonst Überhitzung eintritt. Der Stahl ist dabei um so härter, je mehr die Härte-temperatur über dem oberen Umwandlungspunkte lag.

Hat das Werkstück die Temperatur des oberen Umwandlungspunktes überschritten, so ist der Stahl im Zustande der festen Lösung. Schreckt man ihn jetzt ab, so bleibt er in diesem Zustande. Den höchsten Grad von Härte, sogenannte Glashärte, erlangt man durch sehr rasches Abkühlen in einem Mittel, das die Wärme gut und rasch abführt, dies ist im allgemeinen Wasser. Andere Abschreckmittel wie Öl, Quecksilber, Salzwasser usw. leiten infolge ihrer geringeren Verdampfungswärme die Wärme langsamer ab, vermögen deshalb dem Werkstück keine so große Härte zu geben wie Wasser. Sie finden daher dort Anwendung, wo diese Eigenschaft erwünscht ist.

XI. Das Anlassen.

Das Anlassen wird zur Herabminderung der sogenannten Sprödigkeit des gehärteten Stahles vorgenommen. Führe ich demselben von außen Wärme zu, so wird hierdurch das ursprüngliche Gefüge einem anderen weichen; es tritt eine Umkristallisation ein, die um so durchgreifender ist, je höher die zum Anlassen benutzte Temperatur war, d. h. wenn die feste Lösung ihre Bestandteile, nämlich Eisen und Eisenkarbid,



Fig. 125. Blaubrenner.

abzusondern vermag. Dies geschieht von den oberen Haltepunkten an.

Wird also gehärteter Stahl bis zum oberen Haltepunkte erhitzt, so verliert er seine Härte; er wird vollständig angelassen bzw. ausgeglüht. Bei allen Anlaßtemperaturen unterhalb der erstgenannten tritt nun eine unvollständige Umkristallisation und damit eine nur teilweise Enthärtung ein.

Die Ausführung des Anlassens kann verschieden gehandhabt werden. Es

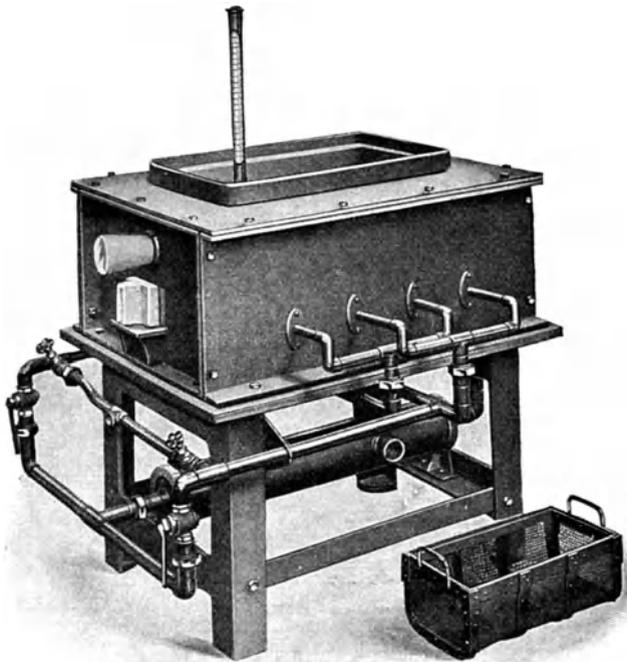


Fig. 126. Gas-Tiegel-Anlaßofen.

ist im Abschnitt XII bei jedem der an dieser Stelle angegebenen Werkzeuge angegeben.

Fig. 125 zeigt den zum Anlassen geeigneten Gasbrenner — sogen. Blaubrenner — weil die nicht leuchtende, also blau brennende Flamme benutzt wird.

Ein vielfach zum Anlassen benutzter Gas-Tiegel-Anlaßofen ist in Fig. 126 dargestellt. Als Anlaßflüssigkeit dient ein Öl-, Talg- oder Salpeterbad. Geeignete Ölsorten können ohne Entflammungsgefahr bis auf etwa 330° C. erhitzt werden. Zur Temperaturmessung dient ein Thermometer.

Zum Anlassen im Sandbade wird trockener Sand verwendet, der in einem Blechkasten erwärmt wird.

XII. Das Härten verschiedener Werkzeuge.

Stähle zum Abdrehen von Hartgußwalzen.

Stahlsorte: sehr hart oder Wolframstahl.

Ausführung: Feuerbehandlung. Sie erfolgt wie bei Drehstählen. Das Anwärmen zum Härten geschieht in der Muffel. Man kann auch ein mit Holzkohle gefülltes Stück Gasrohr, in das der Stahl eingepackt und welches an beiden Enden mit Lehm luftdicht verschlossen ist, verwenden. Der eingepackte Stahl wird im Schmiedefeuher langsam erwärmt. Ist das Rohr außen gut hellwarm, fast weißwarm, bleibt es noch kurze Zeit in der Hitze, der Stahl wird danach dunkelrot warm sein.

Abschrecken: Es geschieht in mit Säure oder Salzlauge vorbereitetem Wasser. Die Mischung ist auf Seite 108 angegeben.

Anlassen: Der abgekühlte Meißel wird im warmen Sandbade hellgelb angelassen, im Wasser abgeschreckt. In gleicher Weise verfährt man mit profilierten Walzendrehmeißeln.

Zentrubohrer, Kanonenbohrer, Bohrmesser.

Stahlsorte: hart, mittelhart; Wolframstahl; für Bohrmesser auch Schnellaufstahl.

Ausführung: Feuerbehandlung. Die drei ersteren Stahlsorten werden zum Schmieden im gut durchgebrannten Kohlen- oder Holzkohlenfeuer dunkelrot warm gemacht; Anstauchen des Stahles ist zu vermeiden. Nach dem Schmieden sind Zentrubohrer, Kanonenbohrer oder Bohrmesser zu glühen, um die

Spannungen zu entfernen, wodurch Rißbildungen beim späteren Härten vermieden werden.

Härten: Bis zur Dunkelrotglut erwärmen; in Wasser von etwa 20° C abschrecken unter lebhaftem Hin- und Herbewegen.

Anlassen: Zentrumborher können mit ihrer eigenen Wärme im Sandbade oder auf glühenden Eisenplatten angelassen werden. Anlaßfarbe hellgelb.

Bohrmesser werden beim Anlassen mit dem Rücken auf ein glühendes Eisenstück oder in das Sandbad, Schneide nach oben, gestellt. Der Rücken bleibt hierdurch etwas weicher, es läßt sich im Halter besser festkeilen.

Bohrmesser aus Schnellstahl werden hellrot warm gemacht, dann in Petroleum oder mit Rüböl vermischtem Talg abgekühlt; Anlassen ist nicht nötig.

Spiralborher werden im allgemeinen nicht selbst angefertigt. Stahlsorte mittelhart oder extra zähhart. Stahl auf Länge warm abhauen, im Kasten in Holzkohle gut glühen. Nach dem Drehen und Fräsen werden sie mit Holzkohlen wie vorher in einen Kasten eingepackt und im Glühofen erwärmt. Steht ein Salzbadhärteofen zur Verfügung, so werden sie einzeln in das Salzbad gehängt. Sind nur hie und da einzelne Spiralborher zu härten, so packt man sie mit Holzkohlenpulver in ein Stück Gasrohr, das mit Lehm gut verschlossen wird; die Erwärmung geschieht wie vorstehend angegeben.

Das Abschrecken erfolgt in Salzwasser oder in Sodawasser, wobei die Borher senkrecht in die Härteflüssigkeit einzutauchen, dabei auf und ab zu bewegen und zu drehen sind. Einfacher ist eine Vorrichtung, bei der die Flüssigkeit durch eine kleine Pumpe ständig in Bewegung gehalten wird; die Borher werden dann mit der Zange eingehängt. Fig. 127.

Anlassen: Das Anlassen geschieht im Sandbade. Anlaßfarbe dunkelgelb.

Spiralborher aus Schnellstahl werden mit Holzkohlenpulver in den Kasten gepackt und hellrotwarm erhitzt.

Das Abschrecken geschieht in Petroleum oder Rüböl.

Bei Selbstanfertigung der Spiralborher ist zweckmäßigerweise der Durchmesser des Borhers etwas größer als verlangt zu nehmen, um bei etwaigem Verziehen beim Härten dieses durch Schleifen auf der Rundscheifmaschine ausgleichen zu können.

Gewindebohrer. (Fig. 128.)

Stahlsorte: mittelhart, extra zähhart oder Wolframstahl. Die Bohrer sind auf die entsprechende Länge von der Stange warm abzuheben, oder kalt abzusägen. Danach sind die Stücke gut auszuglühen, was besonders bei langen Gewindebohrern für Stehbolzen u. dgl. nötig ist. Nach dem ersten Drehspan, Schrubspan, sind die Stücke nochmals sorgfältig zu glühen, erst dann ist fertig zu drehen, das Gewinde zu schneiden und die Nut einzufräsen.

Feuerbehandlung: Bei kleiner gleichzeitig zu härtender Zahl der Gewindebohrer packt man sie mit Holzkohlenpulver in ein Stück Rohr, das beiderseits gut verschlossen wird, und erhitzt dies im Schmiedefeuer rotwarm. Besser ist ein Salzbadhärteofen, wo die Bohrer in das Salzbad eingetaucht und erwärmt werden.

Abschrecken: Die Bohrer werden senkrecht in Wasser von 20°C , oder in Wasser, auf dem eine Ölschicht sich befindet, bis über den letzten Gewindegang eingeführt und abgekühlt.

Anlassen: Man läßt im Sandbade oder am „Blaubrenner“, Gasbrenner, an.

Das Vierkant für das Windeisen ist auszuglühen, das im Bleibade — geschmolzenes Blei im Bleilöffel — geschehen kann.

Gewindebacken oder Schneidbacken.

Stahlsorte: wie bei Gewindebohrern.

Der Stahl wird in der erforderlichen Breite und Stärke warm abgehauen, kalt abgesägt oder auf der Hobelmaschine abgeschnitten; dann werden sie fertig bearbeitet und das Gewinde eingeschnitten.

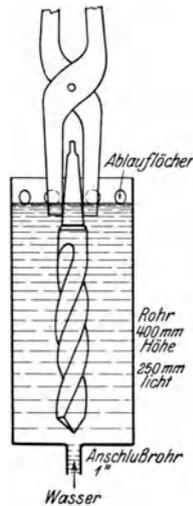


Fig. 127. Abkühl'en von Spiralbohrern.



Fig. 128. Gewindebohrer.

Das Härten erfolgt wie bei den Gewindebohrern.

Anlassen: Man legt die Backen auf eine hellrot-warme Eisenplatte, in ein Sandbad oder läßt im Blaubrenner an.

Das Anlassen selbst geschieht vom Rücken aus. Die Anlaßfarbe richtet sich nach der verwendeten Stahlsorte; von den Schneidzähnen soll sie langsam strohgelb bis dunkelgelb werden.

Fräser. (Fig. 129 u. 130.)

Stahlsorte: hart oder mittelhart; für die Holzbearbeitung extra zähhart.

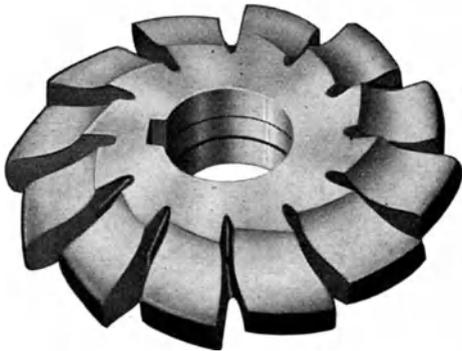


Fig. 129. Fräser.

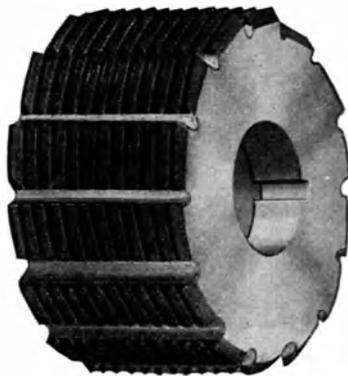


Fig. 130. Gewindefräser.

Kleinere Fräser werden von der Stange abgesägt oder auf der Bank abgestochen, größere ausgeschmiedet. Beim Abschmieden ist reichlich Material zur Bearbeitung zuzugeben, weil durch das Schmieden die äußeren Ränder sehr leiden und sonst leicht Härterisse entstehen. Nach dem Schmieden ist das Werkstück möglichst unter Luftabschluß auszuglühen.

Feuerbehandlung: Kleine Fräser werden, falls Härteöfen vorhanden sind, mit Holzkohlenpulver in einen Kasten gepackt und erwärmt, bei Salzbadhärteöfen im Bad erhitzt.

Im gewöhnlichen Schmiedefeuer geschieht das Erhitzen in der Weise, daß man ein auf einer Seite zugeschlagenes Stück Rohr einbaut (siehe Fig. 131). Für größere Fräser hilft man sich in der Weise, daß man ein gutes Feuer macht, legt darauf eine dicke Eisenplatte, die man mit Ziegeln umstellt, und deckt

durch ein Blech oben ab. In diesen selbstgebauten Ofen bringt man Holzkohle, legt den Fräser darauf, der ungleichmäßig erwärmt werden kann und gleichzeitig vor dem Gebläsewind geschützt ist, wodurch die Ränder nicht leiden.

Man erhitzt auf Dunkelrotglut, etwa 750°C .

Abschrecken:

Bei kleinen und bei größeren Fräsern verwendet man unter-

brochene Härtung, d. h. sie werden im Wasserbade unter Auf- und Abbewegen so lange abgeschreckt, bis das Zischen aufhört bzw. bis der rotwarmer Fräser schwarz geworden ist, dann werden sie ins Ölbad gebracht, worin sie vollständig erkalten. Zum richtigen Halten und Einführen in die Härteflüssigkeit sind Körbe aus Draht, die man sich leicht selbst zurechtbiegen kann, oder ein sogenanntes Dreibein, Fig. 133, zu empfehlen. Hält man den Fräser mit der Zange, so kann an der Stelle, wo die Zange faßt, der Fräser möglicherweise keine genügende Härtung erfahren (Fig. 132).

Bei dieser unterbrochenen Härtung ist kein Anlassen nötig.

Beim direkten Härten der Fräser in Wasser liegt die Gefahr des Verziehens und Reißens nahe. Das Erwärmen erfolgt wie vorstehend beschrieben und in derselben Weise, dann wird in Wasser oder Salzwasser von etwa 18° bis 20°C unter leb-

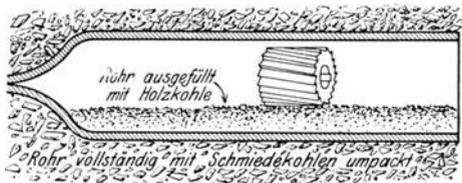


Fig. 131. Fräser in einem als Muffel verwendeten Rohrstück.

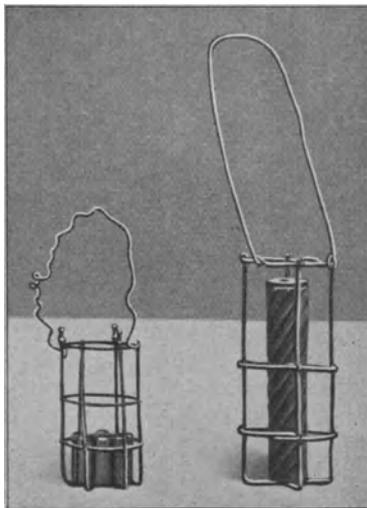


Fig. 132. Drahtkörbe zum Abkühlen von Fräsern.

haftem Hin- und Herbewegen vollständig abgekühlt. Dabei soll das Werkstück bis zum völligen Erkalten frei im Wasser hängen, darf also nicht auf dem Boden des Härtebades liegen. Das Anlassen geschieht im Sandbade oder auf gut hellrotwarm gemachtem Dorn.

Lange Fräser oder solche von komplizierter Form sind, um die Gefahr der Bildung von Härterissen zu vermeiden, aus mehreren Teilen zusammenzusetzen.

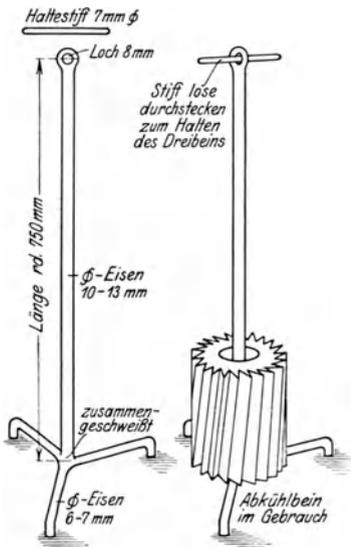


Fig. 133. Dreibein zum Abkühlen von Fräsern.

Hohlfräser. Das Abkühlen erfolgt durch einen kräftigen Wasserstrahl aus einer Leitung oder durch Wasserguß aus einer Kanne.

Holzfräser. Die Abkühlung geschieht in Petroleum, Öl, Fischtran oder Talg; auch ein Gemisch dieser Stoffe kann man verwenden, jedoch muß für reichliche Menge der Kühlfüssigkeit gesorgt sein, um sie dauernd auf der richtigen Kühltemperatur zu halten. Es wird hier vielfach an der unrechten Stelle gespart und damit natürlich keine genügende Abkühlung erreicht.

Holzfräser kann man auch in einem Metallbade, bestehend aus 5 Teilen Zink, 10 Teilen Blei und 3 Teilen Zinn abkühlen. Die Fräser sind, wie oben angegeben, zu erwärmen und dann in das geschmolzene Metall einzutauchen; nach einiger Zeit werden sie herausgenommen und in Wasser unter lebhaftem Hin- und Herbewegen vollständig abgekühlt.

Fräser zur Bearbeitung von Horn. Sie werden aus so hartem Stahle gefertigt, daß ein Härten nicht notwendig ist.

Rohrfräser und Rohrschneider.

Stahlsorte: mittelhart, extra zähhart.

Feuerbehandlung: Das Anwärmen geschieht in gut durchgebranntem Kohlen- oder Holzkohlenfeuer. Sowohl bei Innen- wie bei Außenfräsern ist besondere Sorgfalt auf das Erwärmen zu legen, damit die Fräser weder an der Spitze noch an den eingefrästen Schneidekanten nicht zu warm werden; am besten erhitzt man sie in der eingebauten Rohrmuffel.

Abkühlen: Der Innenfräser wird wie ein Hand- oder Drehmeisel abgekühlt und aus seiner eigenen Wärme hellgelb angelassen.

Der Außenfräser wird durch einen Wasserstrahl oder Guß aus einer Kanne genau in die Höhlung des Fräasers hinein ganz abgekühlt.

Anlassen: Man legt den Fräser auf eine hellrotwarme Eisenplatte, in ein Sandbad oder läßt im Blaubrenner an. Anlaßfarbe hell- bis dunkelgelb.

Reibahlen.

Stahlsorte: mittelhart oder extra zähhart.

Das Werkstück ist in den erforderlichen Abmessungen von der Stange warm abzuhauen oder kalt abzusägen, worauf es sorgfältig auszuglühen ist, einmal, um die Bearbeitung auf den Werkzeugmaschinen zu ermöglichen, und dann, um vorhandene Spannungen auszuschalten, so daß beim Härten kein Verziehen eintritt.

Das Härten geschieht, wie bei den Spiralbohrern angegeben wurde.

Das Anwärmen der fertig bearbeiteten Reibahlen hat sehr sorgfältig zu geschehen, da sie sonst sich sehr leicht verziehen.

Abschrecken: Die Reibahle wird senkrecht in die Abkühlflüssigkeit gebracht und auf- und abwärtsbewegt.

Recht gut bewährt hat sich eine Abkühlvorrichtung, wie sie ähnlich zum Abhärten der Spiralbohrer verwendet wird. Ein Rohrstück von etwa 200 bis 250 mm Durchmesser, 500 bis 600 mm Länge, am unteren Ende mit einem Flansch zum Aufschrauben auf die Leitung mit $\frac{3}{4}$ " Gasgewinde versehen,

wird auf das Wasserzulußrohr aufgeschraubt. Das Kühlwasser tritt von unten ein; die Abkühlung ist eine sehr gute, ein Verziehen bei gleichmäßigem Anwärmen fast ausgeschlossen.

Besonders zu empfehlen ist diese Einrichtung zum Abkühlen von konischen Reibahlen.

Anlassen: Je nach der Stahlorte und je nach dem Gegenstande, der mit dem Werkzeuge zu bearbeiten ist; in der Regel hell- bis dunkelgelb.

Scherenmesser, Kreisscherenmesser u. dgl.

Stahlorte: extrazäh, zäh.

Feuerbehandlung: Das Anwärmen zum Schmieden hat in gut durchgebranntem Kohlen- oder Holzkohlenfeuer auf Hellrotglut zu erfolgen. Nach dem Schmieden sorgfältig ausglühen.

Zum Härten werden die Messer so erhitzt, daß der Gebläsewind das Werkzeug nicht trifft. Entweder bedeckt man das Feuer mit einer eisernen Platte oder mit einem U-Eisen und legt das Messer darauf. Bei längeren Messern soll das Feuer mehrere Windformen oder Düsen haben, damit das Anwärmen gleichmäßig erfolgen kann.

Abschrecken: Man kühlt in Wasser von 18° bis 20° C oder in Wasser mit einer Ölschicht ab; die Messer sind genau senkrecht einzuführen, dann auf und ab zu bewegen.

Lange, dünne Scherenmesser, zum Schneiden von Papier, Leder u. ä. kühlt man in einem länglichen Kasten in Talg und Rüböl ab. Der Kasten muß genügend groß zur Aufnahme reichlicher Kühlmengen sein. Vorteilhaft ist es, den Ölbehälter in einen größeren mit Wasser gefüllten zu hängen, wodurch das Ölbad dauernd gekühlt wird.

Schwere Scherenmesser von kurzer, breiter Form werden nur an der Schneide warm gemacht und in Wasser, unter Durchschneiden mit der Schneide zuerst der Wasseroberfläche, langsam abgekühlt.

Anlassen: Man läßt mit der Eigenwärme an. Anlaßfarbe violett, oder bis eine scharfe Sägenfeile eben faßt. Darauf wird in Öl kurz abgeschreckt und in Wasser vollständig abgekühlt.

Fassonmesser zum Stanzen von Gummi, Leder u. dgl., für Sohlen, Absätze u. a. m.

Stahlsorte: I^a Schweißstahl.

Feuerbehandlung: Schmiedehitze hellrotwarm; Schweißhitze weißwarm, geschmolzenen pulverisierten Borax mit Zusatz von Eisenfeilspänen beim Schweißen verwenden.

Nach dem Schweißen gut ausglühen in Holzkohle oder ausgebrannter Schmiedekohle.

Abschrecken: Es kann in Kalkwasser, Petroleum, Rüböl oder Talg erfolgen.

Anlassen: Man läßt im Sandbade an, Schneide nach oben; Anlaßfarbe gelb bis violett, oder man prüft die Härte mit der Sägefeile.

Lochstempel.

Stahlsorte: mittelhart, zähhart, kleinere aus Silberstahl.

Feuerbehandlung: Ausschmieden ist zu vermeiden. Die Stempel sind von der Stange passend warm abzuhauen oder kalt abzusägen; sie sind dann gut auszuglühen. Beim Drehen ist zu beachten, daß nach der Schneidkante zu der Stempel etwas konisch zu drehen ist, damit er sich nicht festschneidet. Beim Erwärmen zum Härten soll dies vom Einspannkonus aus geschehen, so daß die Schneidkante dem Schmiedefeuere nicht direkt ausgesetzt ist und langsam warm werden kann.

Abschrecken: Der Lochstempel ist mit dem Einspannkonus zuerst in die Härteflüssigkeit einzutauchen, dann lebhaft zu bewegen.

Anlassen: Anlaßfarbe violett; danach Abkühlung in Ölen und in Wasser vollständig auskühlen.

Matrizen: Zu beachten ist, daß beim Bearbeiten des Werkzeuges die äußeren Ecken gut zu brechen sind, um ein Festklemmen im Unterteil zu vermeiden.

Gravierte Prägestempel, Schlagnummern usw. (Fig. 134.)

Stahlsorte: mittelhart, ev. hart; vielfach wird von den Werken ein Spezialstahl besonders empfohlen. Es werden meist solche Stangenquerschnitte gewählt, daß eine Bearbeitung durch Schmieden nicht nötig ist.

Feuerbehandlung: Die fertig gravierten Stempel werden unter völligem Luftabschluß erwärmt.

Abschrecken: Man kühlt am besten durch einen Wasserstrahl ab, bei größerem Stempel nimmt man eine entsprechend größere Brause.

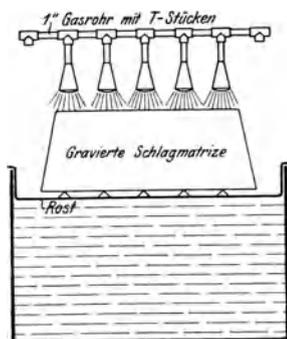


Fig. 134. Abkühlen einer Schlagsmatrize.

Rollenmesser.

Stahlsorte: wie bei Scherenmessern.

Feuerbehandlung: wie bei Scherenmessern.

Abschrecken: in Salzwasser unter Benutzung eines Dreibeines oder Drahtkorbes.

Anlassen: auf einem Dorn oder im Sandbade. Anlaßfarbe violett.

Anfertigung von Schnitten.

Es sind dies wohl die am meisten gebrauchten Werkzeuge.

Stahlsorte: für Unterteile zähhart oder I^a Schweißstahl; für Oberteile mittelhart oder Spiralstahl, Spezialstahl.

Das Schmieden ist tunlichst zu vermeiden, weil hierdurch auch bei noch so großer Vorsicht die äußeren Ränder zu viel leiden und später leicht Härterisse entstehen. Die Stahlwerke können jetzt so rasch jeden gewünschten Stangendurchmesser beschaffen, daß es billiger ist, das Material zu beziehen. Muß man aber schmieden, oder bezieht man geschmiedete Schnitte, so ist reichlich Material zuzugeben, damit die äußeren Ränder bei der Bearbeitung durch Abhobeln oder Abdrehen wegfallen. Alle Schmiedestücke wie auch abgestochenes Material ist gut zu glühen, am besten mit Holzkohlen in einem luftdicht verschlossenen Kasten.

Feuerbehandlung: Das Erwärmen zum Härten geschehe mit großer Vorsicht. Sind keine Einsatzhärteöfen vorhanden, so lege man eine Eisenplatte oder ein Stück U-Eisen über das Herdfeuer und baue sich durch Umstellen mit Ziegelsteinen einen kleinen Härteofen. Das Ober- oder Unterteil, mit Holzkohlen umpackt, um die Hitze in der aus einem □-Eisen

selbst hergestellten Muffel besser zu halten, lege man mit der Schneide nach oben und erwärme unter öfterem Wenden, dunkelrot.

Abschrecken: in Wasser von 20° C, oder in Wasser mit Ölschicht; beim milden Stahl auch in Salzwasser. Die Oberteile werden, mit der Schnittfläche zuerst eintauchend, bis etwa zur Hälfte im Bade abgekühlt. Das Anlassen geschieht aus eigener innerer Wärme dunkelgelb. Auch kann das Abkühlen durch einen kräftigen Wasserstrahl erfolgen, worauf das Oberteil im Ölbad erkalten kann. Ein Anlassen ist nur notwendig, wenn erforderlich, z. B. bei Schnitten zum Stanzen weicherer Bleche, bei härteren Blechen nicht.

Die Unterteile bringt man sämtlich in die Härteflüssigkeit, kühlt ganz ab und läßt im Sandbad oder auf glühendem Eisen an. Die Anlaßfarbe ist hellgelb bis violett, je nach der Stahlsorte, und zwar läßt man zähhart dunkler an als Schweißstahl, der heller anzulassen ist.

Zur größeren Sicherheit kann man auch unterbrochene Härte anwenden, d. h. in Wasser abschrecken und in Öl auskühlen, oder mit kräftigem Wasserstrahl abschrecken und im Ölbad auskühlen.

Erfolgt das Abhärten mit der Brause oder Wasserstrahl, so ist darauf zu achten, daß die innere Schnittfläche ausreichend vom Wasser gespült wird.

Nach dem Härten ist ein Überschleifen der Schnittflächen von Ober- und Unterteil sehr zu empfehlen.

Hammergesenke.

Stahlsorte: zäh, extrazäh; vielfach auch billiger Gußstahl; es kommt darauf an, was im Gesenke verarbeitet werden soll.

Gesenke werden meist von Spezialfabriken hergestellt.

Feuerbehandlung: Die abgeschmiedeten Gesenke sind vor der Bearbeitung gut auszuglühen. Das Anwärmen zum Härten hat von unten nach oben zu geschehen, d. h. die eingearbeitete Bahn bzw. Fasson soll oben liegen, wobei die Außenränder vom Feuer nicht zu stark angegriffen werden dürfen. Unter Wenden und Drehen wird auf dunkelrotwarm erhitzt, dann stellt man das Gebläse ab und läßt gut durchziehen, damit sich die Wärme gleichmäßig verteilt.

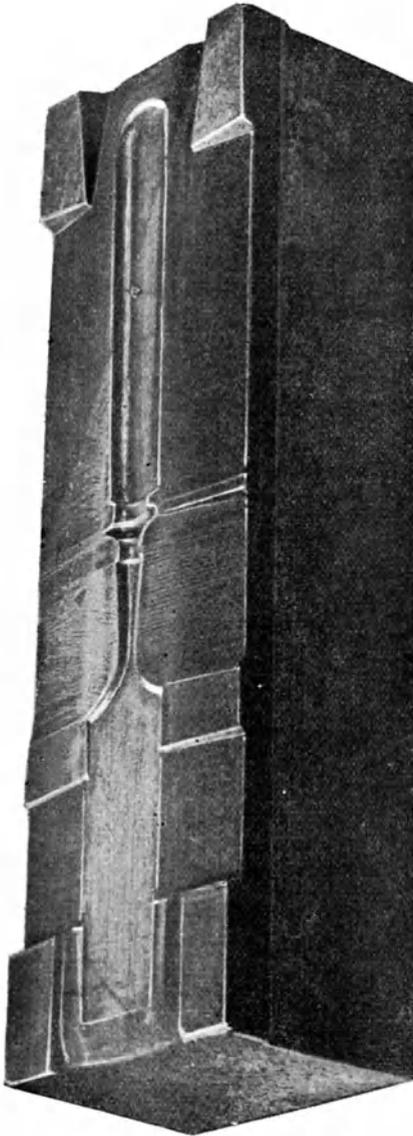


Fig. 135. Hammergesenk.

Abschrecken: in Wasser oder Salzwasser; da Gesenke sich schlecht mit der Zange fassen lassen, legt man sie, die zu härtende Bahn nach unten, in einen Korb aus starkem Drahtgeflecht und kühlt unter Hin- und Herbewegen ab. Da das untere Ende weich bleiben soll, genügt es, die Arbeitsbahn etwa 40—50 mm tief einzutauchen. Das Auskühlen erfolgt auf einem Rost, der etwa

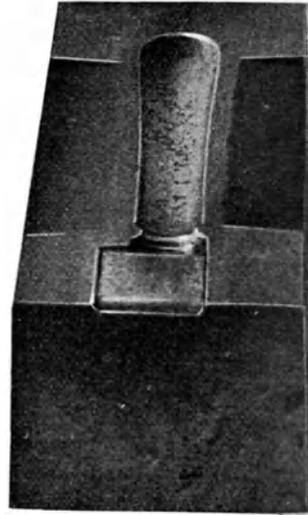


Fig. 135. Hammergesenk.

40—50 mm unter der Wasseroberfläche angebracht ist und auf den man die Gesenke legen kann.

Gesenke, welche sehr tief eingearbeitet sind, härtet man durch einen kräftigen, fallenden Wasserstrahl.

Anlassen: aus eigener, innerer Wärme; Anlaßfarbe gelb bis violett, dann in Öl abschrecken und in Wasser auskühlen lassen.

Hämmer.

Stahlsorte: zäh bis weich, oder billiger Spezialhammerstahl, der ziemliche Wärme vertragen kann.

Das Loch für den Hammerstiel soll gerade durchgeschlagen sein und die Wandung genügend stark bleiben. Nach dem Schmieden ist gut auszuglühen.

Härten: Kleine Hämmer macht man ganz warm, packt sie im Loch und kühlt unter abwechselndem Drehen von Finne und Bahn in kaltem Wasser ab; an der Lochung muß das Material weich bleiben. Größere Hämmer werden erst an der Finne erwärmt und abgekühlt, danach an der Bahn. Man kann sie auch vollständig erwärmen, taucht die Finne zum Härten ins Wasser und härtet die Bahn unter einem kräftigen, fallenden Wasserstrahl. Die Lochung muß weich bleiben, damit sie an den Rändern beim Gebrauche nicht reißt. Fig. 136.

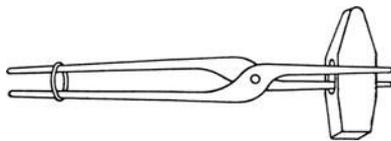


Fig. 136. Zum Härten richtig gefaßter Hammer.

Anlassen: Aus eigener innerer Wärme, je nach der Stahlqualität violett bis blau. Zweckmäßig ist es, mit der Sägefeile zu probieren; sobald sie eben anfaßt, ist der richtige Härtegrad erreicht. Danach Abschrecken in Öl, Auskühlen in Wasser.

Handmeißel.

Stahlsorte: zähhart. Die Stahlwerke liefern die Handmeißel fertig im Gesenk vorgeschmiedet.

Da Meißelstahl ein Massenartikel ist und viel minderwertiges Material auf den Markt kommt, ächte man besonders auf die Fabrikmarke.

Beim Schmieden ist große Sorgfalt anzuwenden; man erwärme in gut durchgebranntem Kohlenfeuer dunkelrot warm,

und recke die Form gleichmäßig heraus. Die Folgen fehlerhaften Schmiedens können sein: Unganzwerden, Härterisse beim Härten, oder das Werkzeug hält beim späteren Gebrauch nicht.

Beim Härten wird dunkelrot angewärmt, dann in kaltem Wasser unter Hin- und Herbewegen abgekühlt, wobei der Meißel 30—40 mm tief eingetaucht wird. Schreckt man kürzer ab, so scheren sie sich bei schwerer Arbeit leicht ab.

Anlassen: bei steirischem und englischem Stahl blau, bei anderem Stahl violett.

Die in den Handel gebrachten Spezialstähle für Handmeißel, z. B. „Hidalgo“ von Dörrenberg, leisten bei weißwarmer Schmiedung und geringem oder gar keinem Anlassen, trotz hohen Einkaufspreises, sehr gute Arbeit, sind also bei längerem starken Gebrauch billiger als andere Stahlqualitäten.

Schrotmeißel und Nietquetscher.

Stahlsorte: wie Handmeißel.

Feuerbehandlung: wie beim Handmeißel.

Die Wandung am Stielloch soll kräftig sein, weil gerade hier bei den starken Schlägen leicht Bruchgefahr eintritt. Nach dem Schmieden sind die Köpfe gut zu glühen, damit beim späteren Gebrauch keine Teile abspringen.

Abschrecken: im kalten Wasser.

Anlassen: wie beim Handmeißel, ev. wird zweimal angelassen.

Auch für Schrotmeißel verwendet man Spezialstähle für weißwarmer Schmiedung, da diese Stahlsorten wegen großer Haltbarkeit am billigsten sind.

Döpper und Kreiskörner.

Stahlsorte: weich, zäh oder billiger, zäher Gußstahl.

Die Herstellung der Form erfolgt auf der Drehbank, Schmieden ist gänzlich zu vermeiden, weil durch zu vieles Erwärmen der Kohlenstoff entzogen wird. Je nach der Größe der zu bildenden Nietköpfe ist Stahl von entsprechendem Durchmesser warm abzuhauen, danach das einzelne Stück gut auszuglühen.

Feuerbehandlung: Man erwärmt auf dunkelrot Glut in

gut durchgebranntem Kohlen- oder Holzkohlenfeuer. Der Gebläsewind soll das Werkstück nicht treffen.

Abschrecken: Man faßt den Döpper mit der Zange, Höhlung mit dem Nietkopf nach oben, und härtet im fallenden Wasserstrahl. Fig. 137.

Anlassen: Aus eigener innerer Wärme. Anlaßfarbe violett bis blau. Danach in Öl abschrecken und in Wasser auskühlen lassen.

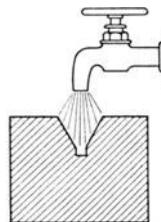


Fig. 137. Härten im fallenden Wasserstrahl.

Ziehborne.

Stahlsorte: zäh oder mittelhart.

Feuerbehandlung: Vorsichtiges Anwärmen ist unbedingt erforderlich. Zum Schmieden dunkelrot erhitzen, zum Härten Erwärmung wie bei Reibahlen, Fräsern od. dgl. Sehr zweckmäßig ist es, das Werkstück auch hier in ein Rohr mit Holzkohle einzupacken oder in der Muffel zu erwärmen, wie vorstehend verschiedentlich angeführt. Steht ein Salzbadhärteofen zur Verfügung, so erhitzt man im Salzbad.

Abschrecken: Man kühlt in Wasser von 18° bis 20° C oder in Salzwasser ab, wobei das Werkstück genau senkrecht in die Härteflüssigkeit einzuführen ist.

Anlassen: Es geschieht im Sandbade oder im Blaubrenner (Gasflamme); Anlaßfarbe strohgelb.

Werkzeuge für Bergwerksbetriebe und Steinbrüche.

Stahlsorte: Zu Grubenbohrern für Erze, Eisensteine u. ä. nimmt man Bohrstuhl zähhart; im allgemeinen richtet man sich nach der Art des Steines bzw. Erzes. So genügt bei weichem Gestein oder Erz eine billige Sorte, bei härterem nehme man stets beste Stahlqualität.

Feuerbehandlung: Man erhitzt beim Schmieden dunkelrotwarm. Obgleich der meiste Spezialbohrstuhl mehr Wärme vertragen kann als Werkzeugstahl, ist ein Überhitzen unter allen Umständen zu vermeiden.

Abschrecken: Man schreckt am besten in Salzwasser ab, wobei darauf zu achten ist, daß dies nicht auf eine zu große Länge erfolgt, weil sonst beim Bohren die Bohrer in den Bohr-

löchern leicht abbrechen, stecken bleiben und nur mit Mühe zu entfernen sind.

Anlassen: Je nach der zu bohrenden Gesteins- oder Erzart läßt man verschieden an, meist violett.

Grubenhacken, Kreuzhacken u. dgl. m.

Stahlsorte: Diese Werkzeuge fertigt man aus gutem Schweißisen und verstäht sie lang mit gutem Schweißstahl. Als Flußmittel zum Schweißen nimmt man geschmolzenen, pulverisierten Borax mit Eisenfeilspänen gemischt.

Feuerbehandlung: Beim Härten wird das angeschweißte Stahlende kurz rotwarm gemacht, darnach in kaltem Wasser abgekühlt.

Anlassen: Je nach Härte des zu bearbeitenden Bodens hellgelb bis violett.

Steinhauerwerkzeuge.

Stahlsorte: wie bei Gesteinsbohrern, sie richtet sich im allgemeinen nach der Gesteinsart. Für bessere Werkzeuge nimmt man zäharten Stahl.

Die Steinhauer haben hinsichtlich Form der Werkzeuge besondere Ansichten; es ist daher zweckmäßig, sich den jeweiligen Einzelwünschen anzupassen.

Zu Graviermeißeln an Marmorarbeiten nimmt man Wolframstahl, für Arbeiten an Basalt mittelharten Stahl, für Sandsteinarbeiten u. ä. zähhart oder gute Bohrstuhlqualität.

Für Fäustel, Bossierhämmer, Kipphämmer nimmt man Hammerstahl.

Feuerbehandlung: Man macht vorsichtig rotwarm und kühlt in kaltem Wasser oder Salzwasser ab.

Anlassen: Je nach Art und Stärke des Gesteins gelb bis violett.

Werkzeuge aus Schweißstahl, Raffinierstahl (wie Äxte, Beile, Messer, Holzhauerwerkzeuge, Tischlerwerkzeuge).

Um aus diesen Stahlsorten gute Werkzeuge herzustellen, kann man so recht eigentlich die Fertigkeit des Werkzeugmachers hiernach beurteilen. Aus Raffinierstahl macht man: Scherenmesser für Warmscheren. Unterteile für Schnitte, Schnitte

und Stempel für weiches Metall, Drückwerkzeuge, größere Preß- und Ziehringe, Stanzwerkzeuge für Leder, Gummi, Pappe usw., Werkzeuge zur Steinbearbeitung, als: Steinbohrer, Steinmeißel, Spitzeisen, Steingeschirr, Werkzeuge zur Holzbearbeitung, Bohrer, Fräsmesser für Goldleisten, Fußsockel, Hobelmesser, Stemmeisen, Beile für Holz, Werkzeuge für Metzger.

XIII. Das Schweißen des Stahles.

Allgemein versteht man unter Schweißen von schmiedbarem Eisen die Vereinigung getrennter Teile desselben zu einem einzigen homogenen Stücke. Bedingung für das Schweißen ist: hohe Temperatur, metallisch reine Oberflächen an der Schweißstelle und entsprechend starker Druck.

Beim An- oder Aufschweißen von hochwertigem, also auch teurem Werkzeug- oder Schnellstahl an geringwertige Stähle oder Eisen will man ersteren nur dort anbringen, wo er infolge seiner wertvollen Eigenschaften für die Metallbearbeitung auch tatsächlich in vollem Umfange ausgenutzt werden kann, und das ist i. d. R. an der schneidenden Kante. Es genügt also, ein verhältnismäßig schwaches hochwertiges Stahlstück, welches die spanabhebenden Funktionen ausführt, an eine kräftige Unterlage aus Eisen oder gewöhnlichem Stahl, die den entsprechenden Widerstand zu leisten vermag, anzuschweißen. Wir erreichen damit einmal eine wesentliche Materialersparnis, die bei dem Mangel an einer Reihe von Rohstoffen von größter Bedeutung ist, dann wird das Unkostenkonto für Werkzeuge eine geringere Belastung aufweisen, zum Vorteil des Verbrauchers. Denn bei sachgemäßer Ausführung des An- bzw. Aufschweißens erhält man ebenso gute und brauchbare Werkzeuge.

Wie schon angedeutet, wird Stahl auf Stahl, Werkzeuggußstahl an Eisen, sowie Schnellstahl an Werkzeugstahl oder Eisen an- bzw. aufgeschweißt. Es muß nun beim Schweißen das Material so stark erhitzt werden, daß es vom festen in einen mehr oder weniger teigförmigen Zustand übergeht, weil nur dann durch einen auszuübenden Druck oder durch Hammerschläge eine innige Vereinigung an der Berührungsstelle der beiden Metallstücke möglich ist. die alle Unebenheiten der be-

rührenden Flächen ausgleicht. Ein starker Druck ist überdies notwendig, um zwischen den Berührungsflächen vorhandene, fremde Körper auszupressen. Dies kann aber nur geschehen, wenn diese sich in dünnflüssigem Zustande befinden. Zu diesen letzteren gehört der schwer schmelzbare Glühspan, dessen Bildung in hoher Temperatur nicht zu vermeiden ist. Es sind also beim Schweißen solche Mittel anzuwenden, die den Glühspan oder Zünder in eine flüssige Verbindung überführen. Hierzu genügt Schweißsand (Kieselsäure = SiO_2) oder ein quarzhaltiger Ton, mit dem man das erhitzte Eisen bestreut, wobei die Kieselsäure einen Teil des oxydierten Eisens als Oxydul aufnimmt.

Die Schweißhitze des Stahles liegt nun niedriger als jene des Eisens. Beim Schweißen des Gußstahles findet stets eine Überhitzung statt, so daß bei Außerachtlassen der nötigen Vorsicht der Stahl leicht verbrennen kann. Bei hartem Stahle liegt der Schmelzpunkt tiefer als bei weichem, auch ist bei ersterem die Temperatur, bei der er den zum Schweißen erforderlichen plastischen Zustand besitzt, sehr nahe beim Schmelzpunkt, daher auch hier die Schwierigkeiten beim Schweißen.

Zum raschen Auflösen des sich bei der verhältnismäßig niedrigen Schweißhitze des Stahles bildenden Glühspanes verwendet man sogenannte Schweißpulver, die teils einige Säuren, teils verschiedene besonders alkalische Verbindungen enthalten und eine möglichst leichtflüssige Schlacke bilden. Je größer die Zahl der in der Schlacke nebeneinander enthaltenen verschiedenen Basen ist, um so leichter schmelzbar ist sie. Aus diesem Grunde enthalten die Schweißpulver in der Regel mehrere Bestandteile, wie: Borax, Pottasche, Soda, Kochsalz, Salmiak, Flußspat, Braunstein, Glas. Dann werden auch, um der beim Schweißen unvermeidlichen Oxydation entgegenzuwirken, dem Schweißpulver häufig Kohlenstoff abgebende Stoffe beigelegt, insbesondere Blutlaugensalz.

Ausführung des Schweißens. (Fig. 138 u. 139.)

Vorrichten des Stahles bzw. Eisens: Die zusammenschweißenden Stücke sind keilförmig an-, ineinander oder auch stumpf gegeneinander zu passen. Besser ist es, das eine Ende zu gabeln, das andere keilförmig zuzurichten, so daß beide Enden ineinander gesteckt werden können. Die Abmessungen

müssen aber so groß gelassen werden, daß die Schweißstelle beim Hämmern und Austreiben nicht zu klein ausfällt. Der bei der Zurichtung der zu schweißenden Stahlflächen auf diesen sich bildende Zunder oder Glühspan ist mit der Hammerfinne oder mit einer Vorfeile zu entfernen, weil Hauptbedingung für das Gelingen des Schweißens ist, daß sich nur metallisch reine Flächen berühren sollen.

Anwärmvorrichtung: Das zum Erhitzen der Schweißstücke benutzte Feuer muß unbedingt rein sein; gut durchgebranntes helles

Schmiedekohlenfeuer oder helles Holzkohlenfeuer können angewendet werden. Mit bestem

Erfolge haben sich die in neuerer Zeit in den Härtereien mehr und mehr in Aufnahme gekommenen Schweißöfen mit Gasfeuerung bewährt.

Erhitzen der Schweißstücke: Die zusammenzuschweißenden Enden oder Stücke werden nun soweit erhitzt, als der jeweils zur Verwendung kommende Stahl dies erlaubt, ohne daß er dabei verbrannt wird. Der nach dem Erwärmen bei Hellrotglut auftretende Glühspan wird mit einer Feile, Drahtbürste oder durch Kratzen mit einem rauhen Gegen-

stande entfernt. Während dieses Erhitzens gibt man mittels eines langstielten Löffels nach dem Entfernen des Glühspanes soviel Schweißpulver auf die Schweißstellen, daß diese gut damit bedeckt sind, ohne aber dabei die erhitzten Stücke durch Herausheben aus dem Feuer dem Einflusse der Luft ganz auszusetzen. Darnach werden die Schweißstellen aufeinandergelegt und leicht ohne Schlag aufeinander gedrückt. Nunmehr bringt man die aufeinander gedrückten Teile wiederum ins Feuer, erhitzt auf

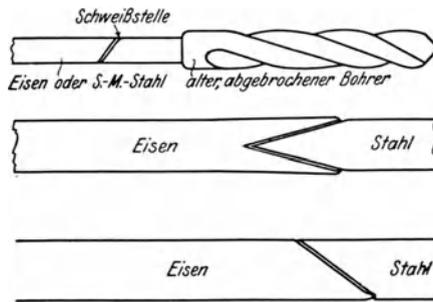


Fig. 138. Anschweißen von Werkzeugen.



Fig. 139. Aufschiweißen von Schnellstahl auf Eisen oder S.-M.-Stahl.

Schweißhitze und schweißt durch Schlag mit Setz- und Vorschlaghammer oder durch ständigen Druck mittels einer kleinen kräftigen Presse zusammen. Die in der Lehrwerkstätte der Kurse in Cöln verwendete Spindelpresse von L. Schuler, Göppingen in Württemberg (Fig. 140) hat mit bestem Erfolge Anwendung gefunden.

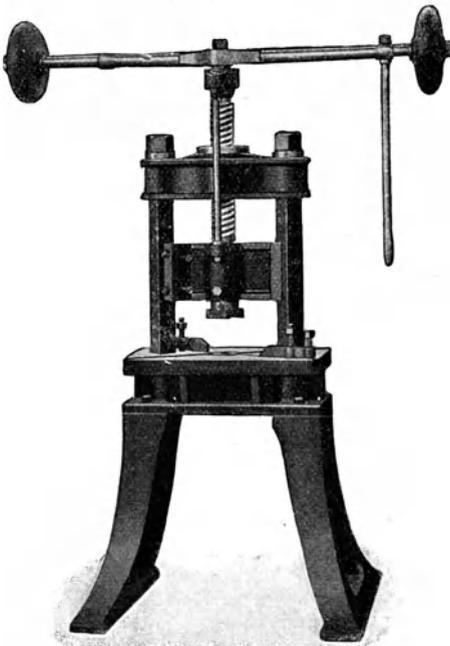


Fig. 140. Spindelpresse zum Aufschweißen von Schnellstahl.

Die richtige Schweißtemperatur liegt:

für harten Stahl bei beginnender Gelbglut;

für mittelharten und weichen Stahl bei Gelbglut bis matter Weißglut;

für Schnellstahl bei Weißglut;

Schnellstahlersatz, das sind Stähle, die an Stelle des hohen Wolframgehaltes einen Zusatz von Molybdän erhalten, dürfen beim endgültigen

Schweißen nur auf etwa hellgelb, also 900° C, erhitzt werden.

Sprüht der Stahl beim Herausnehmen aus dem Feuer Funken, so ist er bereits verbrannt.

Eine an der Außenseite der Schweißstelle etwa stattgefundenen Entkohlung des Stahles kann nach beendetem Ausschmieden durch Bestreuen der dunkelrot gewordenen Schweißstelle mit einer gleichmäßig dünnen Schicht eines Härtepulvers wieder ausgeglichen werden.

Nach dem Schweißen muß man das Werkstück langsam abkühlen lassen, um das Entstehen von Härterissen zu ver-

hindern; für das nachfolgende Härten ist von neuem anzuwärmen.

Schweißen von Stahl auf Eisen: Im ersten Teile dieses Lehrganges wurde ausgeführt, daß mit sinkendem Kohlenstoffgehalte die Temperatur, bei der das Eisen vom festen in den flüssigen Zustand übergeht, steigt. Da nun Stahl einen wesentlich höheren Kohlenstoffgehalt als Eisen besitzt, wird die Schweißtemperatur niedriger sein als bei Eisen. Dies ist beim Schweißen von Stahl auf Eisen zu beachten; man muß also den Stahl später ins Feuer bringen als das Eisen. Auch benutzt man wohl zwei verschiedene Feuer für beide, und zwar erhitzt man den Stahl in einem Holzkohlenfeuer, das Eisen in einem Koksfeuer, das ja auch eine stärkere Hitze als Holzkohlenfeuer entwickelt. Doch beachte man, daß das Koksfeuer gut durchgebrannt sein muß.

Schweißpulver: Die meisten Schweißpulver enthalten Borax, und zwar aus dem schon früher angegebenen Grunde, der schon bei Hellrotglut schmilzt, und fast alle Metalloxyde aufzulösen vermag.

Da sich aber der Borax beim Erhitzen stark aufbläht, wobei das Kristallwasser verdampft und leicht Lücken auf den zu schweißenden Stellen läßt, so ist es ratsam, ihn vorher in einem Gefäße zu schmelzen, dann abkühlen zu lassen, wobei er zu einer glasartigen amorphen Masse erstarrt, die man pulverisiert.

Nachstehend angegebene Schweißpulver haben sich nicht nur seit Jahren in der Praxis bewährt, sondern finden auch durchweg in der Lehrhärterei mit bestem Erfolge beim Schweißen von Stahl an Stahl, Schnellstahl an Stahl oder Eisen u. ä. m. Anwendung:

- a) 5 Teile pulverisierter Borax
- 2 Teile rostfreie Eisenfeilspäne
- oder b) 3 Teile pulverisierter Borax
- 2 Teile Braunstein
- 1 Teil pulverisiertes Glas
- 2 Teile rostfreie Eisenfeilspäne.

Die verwendeten Eisenfeilspäne sollen von Schmiedeeisen herrühren, man vermeide solche von Gußeisen oder Stahl.

Die Anwendung von Schmiedeisenfeilspänen im Schweißpulver gibt diesen dem Wesen nach eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Löten. Bekanntlich versteht man ja hierunter die Verbindung zweier gleich- oder verschiedenartiger Metallstücke unter Benutzung eines metallischen Bindemittels, das Lot genannt, welches in heißflüssigem Zustande in die Trennungsfuge beider Stücke fließt, dort erstarrt und infolge seines Anhaftungsvermögens an beiden Teilen diese zusammenhält. Wegen ihrer Feinheit nehmen nun die Eisenfeilspäne rasch die nötige Schweißtemperatur an, erleichtern also die Verbindung der zu schweißenden Stahlstücke wesentlich.

XIV. Das Richten beim Härten verzogener Werkzeuge.

Die Ursachen des Verwerfens oder Verziehens der Werkzeuge beim Härten können auf einen Mangel an Gleichmäßigkeit des Gefüges oder auf die Art des Erhitzens bzw. Abkühlens zurückgeführt werden.

In den meisten Fällen sind Werkzeuge aus Tiegelgußstahl hergestellt, wobei die Stahlstange vom Stahlwerk ihre Form — je nach Bedarf , ,  oder eine ähnliche — unter dem Hammer durch Ausschmieden auf das gewünschte Maß erhalten hat. Nach dem Schmieden glühen alle besseren Werke den Stahl in großen Glühkästen, die die Stangen in ihrer ganzen Länge aufnehmen können, zur Beseitigung der durch die vorangegangene Behandlung entstandenen Spannungen, sorgfältig aus. Der gewissenhafte Werkzeugmacher läßt sich aber daran nicht genügen, er glüht das von der Stange abgehauene, abgesägte, abgedrehte usw. Stück nochmals sorgfältig unter Luftabschluß aus. Lange Gewindebohrer, Spiralbohrer, Reibahlen u. dgl. soll man nach dem Abdrehen des ersten Spanes im Kasten in Holzkohle ausglühen, um irgendwelche Spannungen durch die weitere Bearbeitung zu entfernen. Werden auf diese Weise behandelte Werkzeuge beim nachfolgenden Härten vorsichtig erwärmt und abgekühlt, so werden sie sich kaum verziehen. Bei aufmerksamer Behandlung des Stahles und Werkstückes darf der Werkzeugmacher überhaupt nicht in die Lage

kommen, richten zu müssen. Kleine Ungenauigkeiten werden bei dem heutigen Stande der Schleiftechnik durch Schleifen ausgeglichen; bei fast allen zu schleifenden Werkzeugen gibt man von vornherein einige Zehntel Millimeter zu, um kleine Krümmungen auszuschleifen.

Richten größerer Papiermesser oder Scherenmesser: Nach dem Anlassen werden die Messer mit der Hammerfinne, die möglichst schlank und je nach der Krümmung des zu bearbeitenden Teiles abgerundet sein muß, durch kräftige Schläge

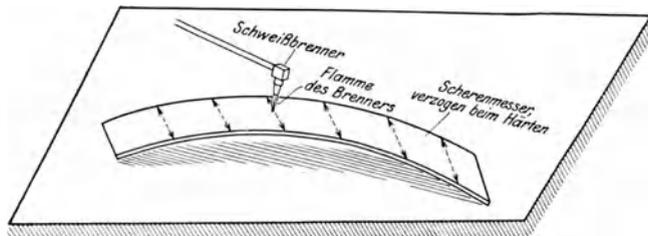


Fig. 141. Richten eines Scherenmessers mittels Schweißbrenners.

auf die hohle Seite bearbeitet. Durch das Hämmern werden die zu sehr verdichteten Stellen so weit gestreckt, bis das Werkstück seine richtige Lage wieder angenommen hat. Die Hammerschläge müssen genau in die Richtung der Krümmung fallen, nicht etwa schräg zu dieser; die Krümmung der Hammerbahn hat sich ihrer Länge nach dicht an die Oberfläche anzulegen.

Ist eine autogene Schweißanlage vorhanden, so kann man unter Verwendung eines Schweißbrenners wie folgt verfahren: Das Messer wird, konvexe Seite nach oben, auf eine Platte gelegt und mit der Stichflamme vorsichtig an verschiedenen Stellen erwärmt (Fig. 141). Die konkave Seite wird ständig leicht gekühlt.

Richten von Spiralbohrern: Bei Spiralbohrern wird ein Verziehen verhindert, indem man sich der in Fig. 116 dargestellten Einrichtung bedient. Sie besteht aus einem schräg im Härtebottich angebrachten Rost *a*, auf welchen die erhitzten Bohrer gelegt und mittels einer Holzplatte *b* schnell hin und her gerollt werden.

Richten von Reibahlen: Gut handwarm anwärmen; Schiefer und Grün, Härtetechnik.

dann wird die Reibahle zwischen zwei mit Kupfer oder Messingblech ausgeschlagene Harthölzer gebracht, unter einer Spindel-
presse oder zwischen den Backen eines Schraubstockes vorsichtig
gedrückt und so lange unter Druck gelassen, bis das Werkzeug
erkaltet ist.

XV. Regenerieren, d. h. Verbessern des im Feuer verdorbenen Stahles.

Werkzeugstahl, der von vornherein stark überhitzt oder
verglüht wurde, soll für die Weiterverarbeitung zu Werkzeugen
überhaupt ausscheiden, denn die Werkzeuge werden
spröde und reißen oder nehmen keine
Härte an, so daß die beträchtlichen Herstel-
lungskosten zwecklos
aufgewendet sein wür-
den. Man merkt vor-
genannte Fehler meis-
tens zu spät, und zwar sind
sie dann am verdorbe-
nen fertigen Werkzeuge
wahrnehmbar. Eine Re-
generation, d. h. eine Ver-
besserung dieses Stahles
erübrigt sich dann.

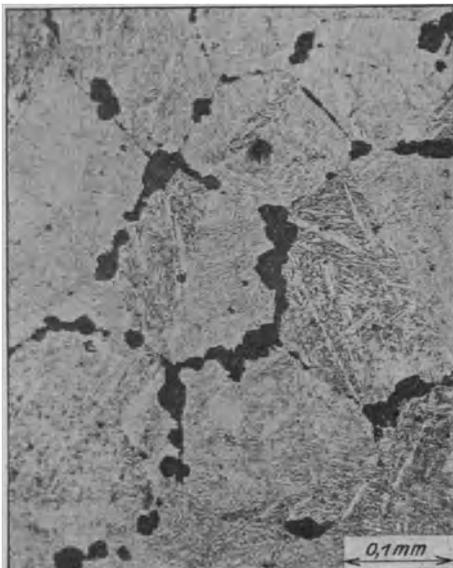


Fig. 142. Gefüge an Rand und Mitte des in
Fig. 150 abgebildeten verbrannten Stückes der
Härteschlange. (Aus Bach-Baumann, Gefüge-
bilder.) Vergrößerung = 150.

Bei dem im Feuer
verdorbenen Stahle kann
im allgemeinen die Ur-
sache eine vierfache
sein:

a) Verbrannter

Stahl. Bei Erwärmung

des Stahles bis zu Temperaturen von 1200° C und höher verändert
er sich unter Funkensprühen; es entsteht dadurch eine chemische
Veränderung, hauptsächlich Entkohlung des Metalls durch Ein-

wirkung der Luft oder der Flammengase bei hoher Temperatur, infolgedessen der Stahl im ungehärteten Zustande Kantenrisse zeigt, beim Schmieden in Stücken abbricht, zerfällt, und beim Härten reißt. Dieser Stahl kann nicht mehr regeneriert werden, er ist also völlig unbrauchbar.

Fig. 150 der Härteschlange und Fig. 142 und 143 Schliffbild zeigen verbrannten Stahl.



Fig. 143. Gefüge an Rand und Mitte des in Fig. 150 abgebildeten verbrannten Stückes der Härteschlange. (Aus Bach-Baumann, Gefügebilder.) Vergrößerung = 150.



Fig. 144. Bruchfläche der Spitze eines überhitzten Drehmessers
Vergrößerung = 10.
(Aus Brearley-Schäfer, Werkzeugstahl.)

b) Überhitzter Stahl. Er hat durch Erwärmung über helle Rotglut und bei zu lang anhaltender Dauer derselben grobkristallinisches Gefüge erhalten und ist spröde geworden. Eine chemische Veränderung der Zusammensetzung ist nicht eingetreten. Je nach der Dauer erstreckt sich die Überhitzung entweder nur auf die Oberfläche — Ecken und Kanten — oder durch die ganze Masse des Stahles.

Erfolgte das Überhitzen des Werkstückes bereits beim Schmieden, wie es so häufig bei Schlagwerkzeugen, Hand- und

Schrotmeißeln, schon bei der Neuanfertigung aus 40 ϕ oder 45 ϕ Stahl eintreten kann, und man will den überhitzten Teil nicht abhauen, so kühlt man bis Kirschrotglut ab und schmiedet es sorgfältig und kräftig bis Dunkelrotglut nach. Das Überschmieden hat den besonderen Zweck, das grobkristallinische Gefüge, welches die Sprödigkeit herbeiführte, zu zerstören.

Fig. 147 der Härteschlange, Schliffbild Fig. 151 und 152 sowie Fig. 144 zeigen überhitzten Stahl in der Bruchfläche und in metallographischer Aufnahme, letztere bei 150-facher Vergrößerung.

Wurde das Werkzeug beim Härten überhitzt, so läßt man es langsam ganz erkalten und erwärmt dann von neuem vorsichtig bis zur niedrigsten Härtetemperatur, meist Dunkelrotglut, dann in Wasser abgekühlt. Man kann auch sogenannte Stahlverbesserungsmittel anwenden, die den Zweck verfolgen, dem Stahle den an der Oberfläche durch das Überhitzen ausgeschiedenen Kohlenstoff wieder zuzuführen.

Nachstehende Regenerierungs- oder Verbesserungsmittel sind praktisch ausprobiert und bewährt.

- 1 Teil Hufmehl
- 1 Teil Salz
- 1 Teil Schmierseife

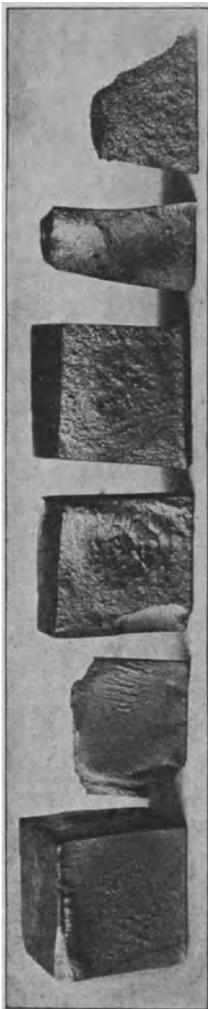


Fig. 145 146 147 148 149 150
Bruchflächen, erzeugt an einer Stahlstange, die am rechts gelegenen Ende (Fig. 150) weißwarm gemacht, abgekühlt und hierauf stückweise abgeschlagen wurde. Fig. 146 zeigt die richtige Härtemperatur. Vergrößerung $\approx \frac{1}{2}$. (Aus Bach-Baumann, Gefügebilder)

- oder 3 Teile Leinöl
 1 Teil Schmierseife
 2 Teile Harz
 oder 2 Teile Rindstalg
 5 Teile Harz
 1 bis 2 Teile Tran
 1 Teil blausaures Kali.

Die Mischungen sind gut durchzukneten.

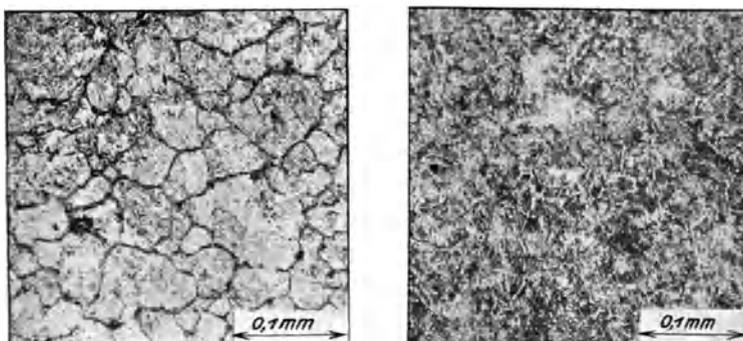


Fig. 151 u. 152. Gefüge in Mitte und Ecke des in Fig. 147 abgebildeten überhitzten Stückes. Vergrößerung = 150. (Aus Bach-Baumann, Gefügebilder.)

Das zu verbessernde Werkzeug wird auf Dunkelrotglut erwärmt, in die Masse getaucht bzw. mit ihr bestrichen und im Feuer eingebrannt; das Verfahren wird zwei- bis dreimal wiederholt, dann das Werkstück in Wasser oder Öl abgekühlt.

Welche Art der Verbesserung zu wählen ist, hängt von den jeweiligen besonderen Umständen ab. Ein Werkstück, das schon seine besondere Form erhalten hat — fassoniert ist —, wird man nicht durch Überschmieden verbessern, andererseits Stahl, der noch keine Formgebung erfahren hatte, nicht durch Härten verbessern, und zwar um so weniger, als die Gefahr der Reißbildung sehr zu beachten ist.

c) Durch besondere Umstände verdorbener Stahl: Hierunter ist ein Stahl zu verstehen, der beim Erhitzen im offenen Schmiedefeuer unter Benutzung frischer Schmiedekohlen durch den in diesen enthaltenen Schwefel verdorben wurde.

Wie in einem früheren Abschnitte ausgeführt, entzieht Schwefel dem Stahl an den gegenseitigen Berührungsstellen den Kohlenstoff vollständig, der Stahl wurde fleckig — sogen. Weichflecke — und konnte an diesen Stellen nicht gehärtet werden. Um ihn wieder brauchbar zu machen, wird dieser Stahl an allen Stellen von Zunder u. dgl. m. befreit, mit einem Stück Schmirgelleinen blank gerieben, in einen Einsatz-Kasten sorgfältig mit Holz- oder Lederkohle eingepackt, der Kasten luftdicht verschmiert und im Glüh- oder Härteofen etwa 4 bis 5 Stunden — je nach Umfang des Stückes — geglüht. Die Temperatur sei etwa 750°C . Steht kein Härte- oder Einsatzofen zur Verfügung, so werden die blank abgeriebenen Teile in einer Muffel, Rohrstück oder zugedecktem \square -Eisen, das mit Holzkohle gefüllt ist und auf dem offenen Feuer eingebaut wird, erhitzt und darnach in Wasser von 18°C abgekühlt.

d) Verglühter Stahl: Hier wurde Werkzeugstahl längere Zeit bei Luftzutritt einer Temperatur ausgesetzt, die an sich nicht hoch genug war, um ihn zu überhitzen. Dabei ist ihm der Kohlenstoff an der Oberfläche ganz oder teilweise entzogen worden, die hieraus hergestellten Werkzeuge werden beim nachfolgenden Härten nicht genügend hart oder bleiben weich.

Abgestandener Stahl: Er wurde beim Gebrauche wiederholt erhitzt und gehärtet, infolgedessen spröde, verliert hierdurch an Schneidkraft und reißt beim Härten leicht.

Das Verbessern erfolgt unter Anwendung von Härtepulver und besteht in einer Oberflächenzementation.

XVI. Einsatzhärten oder Zementieren.

Bei der Einsatzhärtung, auch wohl Oberflächenhärtung genannt, beabsichtigt man, die Oberfläche eines Werkstückes eines wenig Kohlenstoff enthaltenden, also weichen Eisens an bestimmten Stellen oder überall zu kohlen, ihr Kohlenstoff zuzuführen, so daß die Oberfläche beim Abschrecken glashart wird, das Innere, der Kern, zäh und biegsam bleibt. (Fig. 153 u. 154.)

Die ursprünglichste und älteste Form des Einsatzhärtens fand bei der Herstellung des Zementstahles Anwendung, den man wegen der eigentümlichen auf der Oberfläche auftretenden

den Blasen auch Blasenstahl nannte, und der heute das Aus-

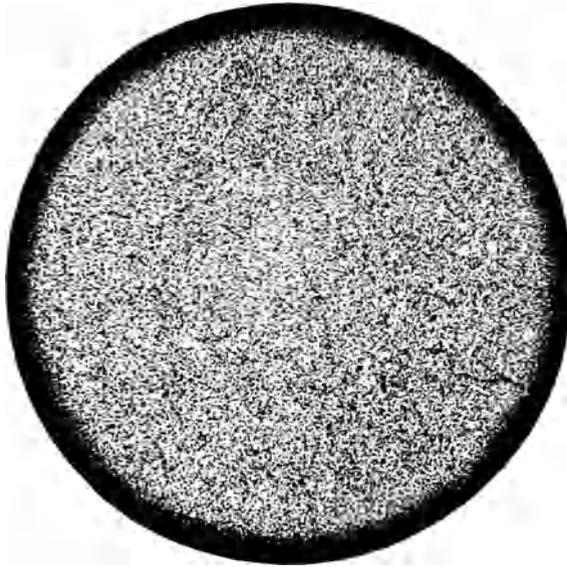


Fig. 153. Flußeisen mit 0,14 v. H. Kohlenstoff während 5 Stunden bei 900°C eingesetzt. Vergrößerung = 5. (Aus Brearley-Schäfer Werkzeugstahl.)

gangsprodukt erstklassigen Tiegelstahles ist. Das Zementierverfahren bestand darin, Stäbe aus schwedischem Schmiedeeisen lagenweise unter Vermeidung gegenseitiger Berührung in Holzkohle einzupacken und unter Luftabschluß längere Zeit, meist mehrere Wochen, je nach dem Grade der Kohlhung, bei hoher Temperatur, 1000°C und mehr, zu glühen.

Jetzt wendet man die Oberflächenhärtung bei allen solchen Werkstücken an, die außen sehr hart sein sollen. welche indes ihrer Form nach,

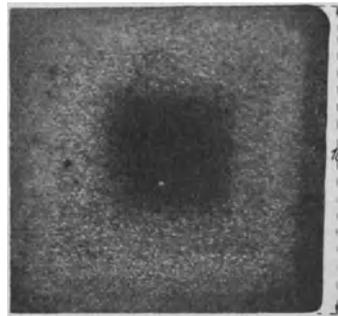


Fig. 154. Zementiertes Eisen mit Rand- und Kernzone. (Aus Preuß, Prüfung des Eisens.)

wegen ungleicher Dimensionen und großen Volumens, bedeutende Schwierigkeiten beim Härten bieten. Ein kohlenstoffreicher harter Stahl würde beim Härten leicht reißen; man verwendet deshalb hier einen weicheren, gibt ihm die erforderliche größere Härte durch Einsetzen und kann nun ohne besondere Schwierigkeiten härten. Nicht zu vergessen ist hierbei noch, daß bei der Herstellung von Maschinenteilen, selbst Werkzeugen, aus billigem, kohlenstoffarmem Stahl trotz der Mehrkosten des Einsetzens Ersparnisse möglich sind, die Fabrikation also billiger ist. Trotz der harten Oberfläche bietet der weiche Kern hinreichenden Schutz gegen Bruchgefahr bei solchen Teilen, die starken Stößen und Schlägen ausgesetzt sind.

Die Bearbeitung von Maschinenteilen aus kohlenstoffarmem weichen Stahl auf den Werkzeugmaschinen ist wesentlich billiger, erfolgt rascher und nutzt die Maschinen weniger rasch ab als es bei Verwendung teuren, oft sehr harten und schwierig zu bearbeitenden hochprozentigen Tiegelstahles der Fall ist.

Welches Material sich am besten für den jeweiligen Verwendungszweck und Einsatzhärtung eignet, hängt von der Beanspruchung des Maschinenteiles ab. Wird eine mittlere Festigkeit verlangt und sind sie geringen Stößen oder Schlägen ausgesetzt, so genügt durchweg ein weicher, zäher kohlenstoffarmer Stahl von höchstens 0,2 v. H. Kohlenstoffgehalt, der möglichst frei von schädlichen Verunreinigungen, Schwefel, Phosphor u. ä. sein muß. Stark beanspruchte Maschinenteile wie Zahnräder u. dgl. m., die Stößen und Schlägen oder Abnützung durch Reibung ausgesetzt sind, macht man aus Nickelchromstählen, also sog. legierten Stählen.

Bei fortlaufend großem Bedarf und Massenherstellung von Werkstücken gebrauche man die von den Stahlwerken in den Handel gebrachten Spezialeinsatzstahlsorten. Zur Herstellung von Werkzeugen, z. B. Fräsern, nimmt man kohlenstoffarmen Bessemerstahl, die man dann im Einsatz härtet.

Wichtig ist auch die Frage, was für Einsatzmittel zu verwenden sind, denn ihre richtige Zusammensetzung und Auswahl ist ebenso sehr Vertrauenssache wie die der Stahlsorten. Am besten stellt sich der Verbraucher sein Einsatzmaterial selbst her, wobei nachstehende Zusammenstellung einiger erprobter und bewährter Mittel gute Dienste leisten mögen.*)

*) Siehe Seite 157.

Indes gibt es auch vertrauenswürdige Fabrikanten, die solche zu durchaus angemessenen Preisen auf den Markt bringen. Unter Vorraussetzung von Friedenspreisen darf das Kilogramm Einsatzmittel nicht teurer als 0,50 M. zu stehen kommen.

Die technische Ausführung des Einsetzens oder Zementierens geschieht wie folgt.

Da das Einsetzen in Blech- oder gußeisernen Kästen geschieht, halte man die gangbarsten Größen stets bereit (Fig. 155).

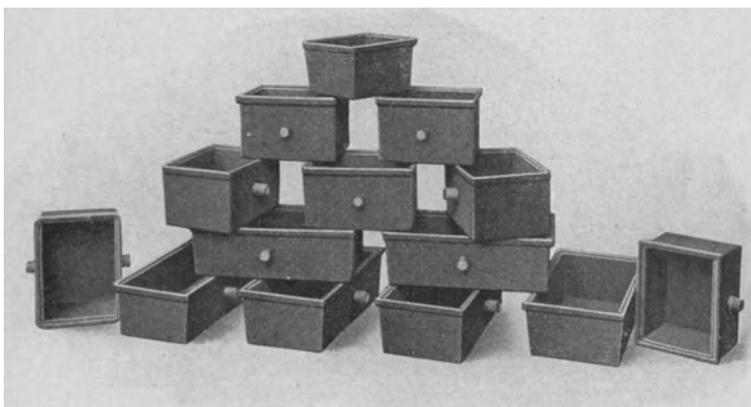


Fig. 155. Einsatzkästen.

Es ist zu beachten, daß der einzusetzende Maschinenteil von den Seitenwandungen und dem Boden mindestens 20 bis 30 mm absteht. Der Boden des Kastens wird mit einer Aschenschicht von etwa 30 mm Höhe bedeckt, hierauf wird Einsatzpulver gestreut, der Gegenstand eingebettet und ringsum reichlich in Einsatzpulver eingepackt. Der übrige Teil des Kastens wird mit Asche gefüllt, darauf kommt eine Schicht, bestehend aus einem Brei aus in Wasser angerührtem Lehm vermengt mit Asche. In diese Lehmdecke drückt man nun den Deckel des Einsatzkastens und verschmiert die Ränder und Ecken des Deckels sorgfältig mit Lehm. Auf diese Weise erreicht man einen guten luftdichten Abschluß des Kasteninhaltes, die Hauptsache für den Erfolg beim Einsetzen. Vorsichtshalber umwickelt man den Kasten noch kreuz und quer mit Binddraht.

Bohrt man in das eine Kopfende des Kastens ein Loch von etwa 15 bis 20 mm Durchmesser, so kann ein an dieser Stelle eingesetzter Versuchsbolzen auch während der Feuerbehandlung

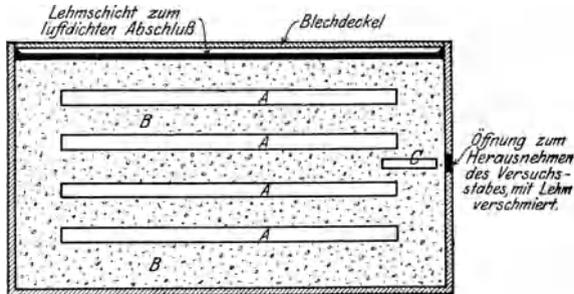


Fig. 156. Einpacken von Stäben im Einsatzkasten.
 A = Werkzeug- oder Schnellstahl.
 B = klein gestoßene Holzkohle mit feingesiebten Ascheresten vermengt.
 C = Probier- oder Versuchsbolzen.

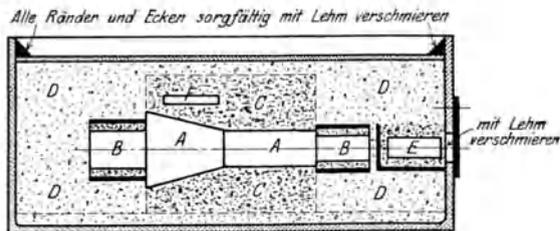


Fig. 157. Maschinenteil im Einsatzkasten.
 A = zu härtende Teile.
 B = Teile, die weich bleiben sollen.
 C = klein gestoßene Holzkohle.
 D = feingesiebte Asche.
 E und F = Versuchsbolzen.

aus dem Einsatze herausgenommen und abgekühlt werden, dessen Bruchfläche jederzeit Aufschluß über die Tiefe der harten Schicht gibt. Ist die Kohlung noch nicht tief genug eingedrungen, so bleibt der Einsatz entsprechende Zeit länger im Ofen (Fig. 156 u. 157).

Außer diesem Proberbolzen bringt man in den Kasten zu dem eingesetzten Werkstück noch einen zweiten, blank gearbeiteten, von etwa 13 bis 16 mm Durchmesser, der später zusammen mit dem Einsatzstück abgekühlt wird. Er dient einmal zur Feststellung der tatsächlich erreichten Härtetiefe und dann als Kontrollstück für ev. Reklamationen. Zu letzterem Zwecke wird er gekennzeichnet, mit einer Leitkarte versehen, die Datum, Tag, Zeitdauer des Einsatzes, Benennung des Einsatzstückes, Nummer des Ofens, falls mehrere solcher vorhanden sind, und alles sonst nötige Wissenswerte enthalten muß, und aufbewahrt.

Die Feuerbehandlung richtet sich nach Größe und Umfang des Einsatzstückes; in der Regel genügen 6 bis 8 Stunden bei etwa 850 bis 900° C. Die Anwendung höherer Temperaturen, um die Einsatzdauer zu beschleunigen, ist schädlich (Fig. 158).

Nach Verlauf von etwa 6 bis 8 Stunden prüft man am Proberbolzen die Härtetiefe. Ist die Kohlung hinreichend tief eingedrungen, so nimmt man das Einsatzstück aus dem Kasten, bürstet es mit der Stahldrahtbürste sauber ab und läßt es langsam erkalten; darnach erwärmt man von neuem in der Muffel auf 750 bis 800° C und härtet in kaltem Wasser ab unter Hin- und Herbewegen, wie vorher ausgeführt wurde.

Würde man das Abkühlen sofort nach dem Herausnehmen aus dem Einsatz vornehmen, so würde die Härte nicht intensiv genug sein, die Gefahr des Verziehens wäre besonders groß und das Material wird spröde.

Soll ein Werkstück nicht überall, sondern nur an bestimmten Stellen die Härte annehmen, so umgibt man die nicht zu kohlendenden, also weichbleibenden Teile mit einer etwa 10 mm dicken Lehmschicht, die man der besseren Haltbarkeit wegen mit einem Blechstreifen umlegt und mit



Fig. 158. Grobkorniger Bruch an Kanten und Ecken eines eingesetzten Stahles; es wurde zu hohe Glühtemperatur angewendet. (Aus Brearley-Schäfer.)

Bindedraht umwickelt. Im Einsatzkasten werden diese Stellen nicht mit Härtepulver sondern mit Asche umgeben (Fig. 159 bis 161).

Bei Massenartikeln wie Unterlegscheiben, Muttern, Stifte, einfache kleine Maschinenteile u. a. m., die keine tiefe Härte verlangen, an der Oberfläche jedoch glashart sein sollen, verfährt man wie folgt:

Ein mit Härtepulver gefüllter Tiegel wird auf offenem Feuer oder im Härteofen auf einer Temperatur von etwa 900°C gehalten. In die Lösung werden die auf einen Draht gereihten rotwarm vorgewärmten Teile gelegt und etwa 30 Minuten darin belassen. Die so zementierten Stücke werden dann in kaltem Wasser, leicht sich verziehende oder zur Ribbildung neigende in Öl, unter lebhaftem Hin- und Herbewegen abgekühlt. Die Farbe der abgeschreckten Teile ist stahlgrau.

Nachstehend angeführte Einsatz- und Härtemittel sind langjährig erprobt und arbeiten durchaus zuverlässig. Ihre Zusammenstellung ist so einfach, daß sie jeder Härter selbst herstellen kann.

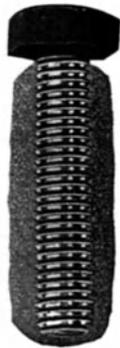


Fig. 159.



Fig. 160.



Fig. 161.

Werkstücke, bei denen die weichbleibenden Teile mit einer Schutzmasse umgeben sind. (Nach Ausführungen der Simplonwerke, Aue i. S.)

Einsatzmittel für Siemens-Martin-Stahl und Eisen.

- 2 Teile pulverisiertes blausaures Kali
- 1 Teil kalzinierte Soda
- 3 Teile pulverisierte Holzkohle
- 3 Teile Schlemmkreide.

- 4 Teile Hornmehl
- 2 Teile Knochenmehl
- 2 Teile pulverisierte Lederkohle
- 2 Teile kalzinierte Soda.

- 5 Teile gestoßene Holzkohle
- 3 Teile feines Kochsalz
- 2 Teile Lederkohle
- 1 Teil Ruß.

- 4 Teile Bariumkarbonat
- 6 Teile pulverisierte Holzkohle

**Härtemittel für Eisen und Stahl zum Gebrauche
im offenen Feuer.**

- 1 Teil kalzinierte Soda
- 4 Teile blausaures Kali
- 2 Teile feines Salz
- 1 Teil pulverisierte Holzkohle
etwas Gummi arabicum.

Anwendung: Der zu härtende Gegenstand wird dunkelrotwarm gemacht, mit dem Härtepulver bestreut, in reinem hellroten Feuer 2 bis 3 mal abgebrannt und in kaltem Wasser abgehärtet.

**Härtemittel zum Bestreichen von Fräsern,
Gewindebohrern u. ä.**

Fräser, Gewindebohrer und andere Werkzeuge mit vorspringenden dünnen Ecken, Zähnen usw., die beim Erhitzen an diesen dünnen Stellen leicht zu warm werden und entkohlen, werden mit der hier angegebenen Paste bestrichen:

- 5 Teile Schlemmkreide
- 2 Teile blausaures, pulverisiertes Kali
- 1 Teil feines Salz.

Das Ganze wird mit Wasser zu einem Teige angerührt. Die handwarm gemachten Fräser oder sonstigen Werkzeuge werden damit an den vorspringenden Teilen bestrichen, das Werkzeug zum endgültigen Erhitzen in die Muffel oder das Feuer gebracht. Vor dem Abschrecken in Wasser ist der Schutzüberzug durch Abbürsten mit der Stahldrahtbürste zu entfernen. Das Abkühlen erfolgt in Wasser.

Härtmittel für Feilen, Raspeln usw.

- 2 bis 3 Teile reines Hufmehl
- 1 Teil blausaures Kali
- 2 Teile Salz

Diese drei Teile werden mit Wasser zu einem Brei angerührt, mit dieser Paste werden die Feilen vollkommen bestrichen und nach völligem Antrocknen in der Glüh- bzw. Härtmuffel auf etwa 850° C erwärmt, je nach der Güte des verwandten Stahles. Man härtet dann in gesättigtem Salzwasser ab.

XVII. Rückkühlvorrichtungen für Härteöl.

Zur Kühlung größerer Ölmengen ausgedehnterer Betriebe genügen Anlagen, bei denen der Ölbehälter in einem kühlenden Wasserbade hängt, nicht mehr. Bei der großen Anzahl der zu härtenden Werkzeuge wird das Ölbad sehr bald eine höhere Temperatur annehmen, während ein Konstanthalten derselben wesentlich zum Erfolge beim Härten beiträgt.

Um die dem Öl zugeführten Wärmemengen sicher und gleichmäßig abzuführen, sind Sonderkonstruktionen entstanden, von denen diejenige nach dem Verfahren Zimmermann kurz erläutert werden soll.

Das zu kühlende Öl wird so durch einen Röhrenkühler geleitet, daß das heiße Öl auf einem bestimmten Wege an der Außenwandung der Messingrohre, das Kühlwasser im Gegenstrom durch die Rohre fließt. Aus der Schnittfigur 162 ist die Öl- und Wasserführung ersichtlich. Die besondere Führung der zu kühlenden Ölmenge berücksichtigt dabei die Zusammensetzung des Härteöles. Jedes Öl besteht bekanntlich aus Paraf-

finen mit verschiedenen Schmelzpunkten. Leitet man das heiße Öl durch glatte Kühlschlangen oder durch mittels Rohrschlangen gekühlte Behälter, so werden die schwer schmelzbaren Paraffine zuerst erstarren und sich an den glatten Rohr- oder Behälterwandungen ablagern. Diese Ablagerungen bilden eine Isolierschicht an den Kühlrohren und verhindern die Kühlwirkung. In den Kühlern Bauart Dr. Zimmermann wird das Öl durch die eigenartige Führung immer wieder durcheinandergewirbelt und dadurch ein Ablagern der schwer schmelzbaren Paraffine verhindert; das Öl verläßt den Kühler in der gleichen Zusammensetzung, in der es hineingeleitet wurde, es bleibt sich also stets gleich.

Bei dieser Gelegenheit seien kurz die auftretenden Verunreinigungen des Härteöles erwähnt. In fast allen Fällen kann man in den Härte- und Kühlbehältern nach kurzer Betriebsdauer eine Verschlammung feststellen. Abgesehen von der mechanischen Verunreinigung des Öles durch abspringenden Zunder oder sonstige Beimengungen ist die Verunreinigung bei den bisher üblichen Anlagen durch die oben erwähnte Ausscheidung der schwer schmelzbaren Paraffine zu erklären. Durch den Zimmermann-Kühler wird einer Zerstörung des Öles sowie einer Behinderung des Betriebes wirksam vorgebeugt.

Die Ölkühler werden mit gußeisernen Gehäusen ausgeführt; zur bequemen Reinigung der Wasserwege ohne die Leitungen abzubauen zu müssen, erhalten sie Wasserkammern; die Röhrenbündel bestehen i. d. R. aus Messingrohren, wobei jedes Bündel nur mit der einen Wandung eingespannt ist, das andere Ende sich frei bewegen kann, wodurch jede Wärmespannung ferngehalten wird. Das bewegliche Bündelende ist gut, aber nachgebend abgedichtet. Durch Lösen weniger Schrauben läßt sich

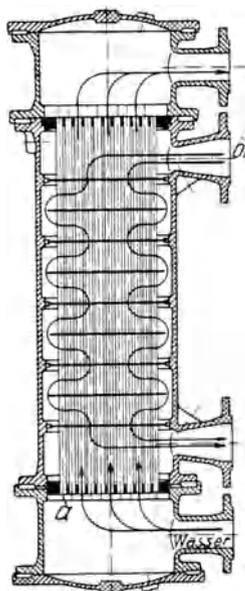


Fig. 162. Röhrenkühler im Schnitt.

das Röhrenbündel zur Reinigung an den Außenflächen bequem herausnehmen.

Die Ausführungsform der Ölkühler ist liegend oder stehend. Erstere Form ist bei besonders stark absetzendem Kühlwasser vorzuziehen, weil die Reinigung bequemer ist als bei letzterer,

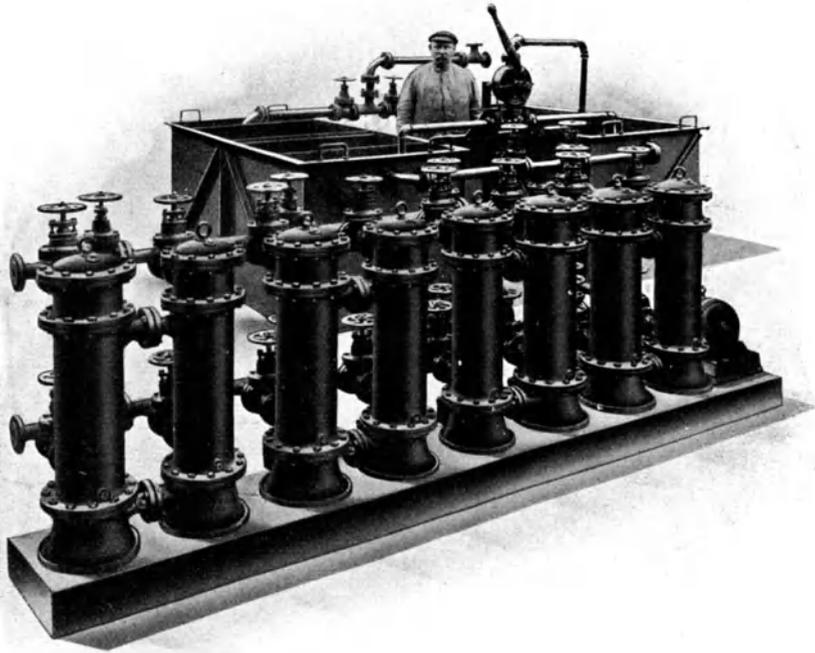
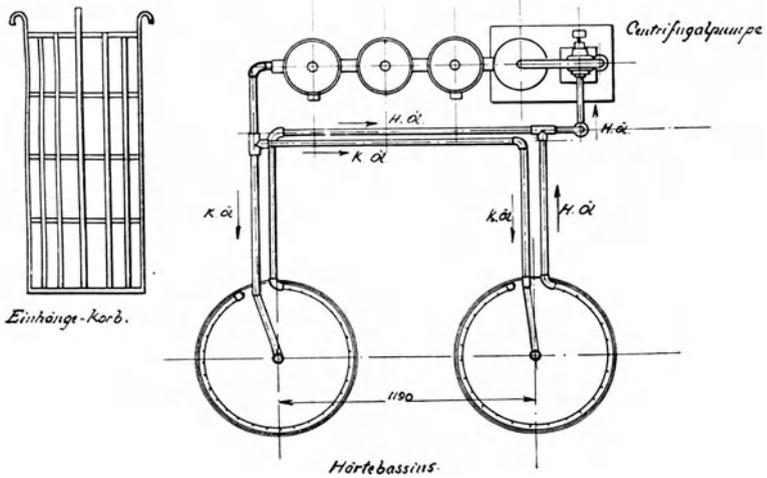
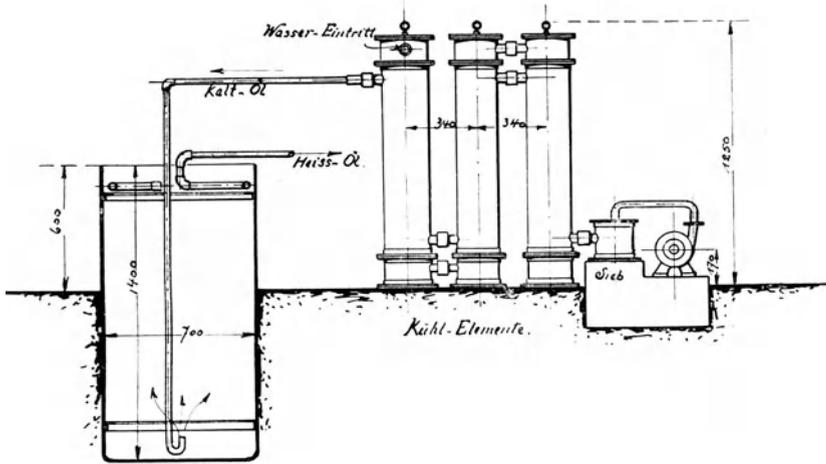


Fig. 163. Öl-Kühlanlage.

die allerdings die gebräuchlichere ist. In der Hauptsache richtet sich die Wahl der Ausführung nach den jeweiligen Verhältnissen, doch ist immer der Platz zum Herausziehen des Bündels freizuhalten. Ist für einen gegebenen Fall ein einfacher Kühler unvorteilhaft oder nicht ausreichend, so werden mehrere Einfachkühler hintereinander geschaltet, Fig. 163.

Enthält das kühlende Öl Unreinigkeiten, so wird ein Siebfilter oder ein Sumpfbecken vor die Kühler geschaltet, welche



die Unreinigkeiten ausscheiden und leicht gereinigt werden können.

Besonders zu beachten ist, daß sowohl das zu kühlende Öl wie auch das Kühlwasser unter Druck durch die Apparate zu führen ist, um diese voll auszunützen.

Unter besonders schwierigen Verhältnissen arbeiten die Härteöl-Rückkühler, wenn eine sehr starke Ölwärme erfolgt, infolgedessen auch eine verstärkte Kühlung notwendig ist. Dieser Fall liegt überall da vor, wo ein großes Einzelstück, ein einziges verhältnismäßig schweres Werkstück also, in ein entsprechendes Ölbassin von geringem Ölinhalt getaucht wird. Hier wird die Ölrückkühlanlage zweckmäßig mehrfach unterteilt und ein Drillings-, Vierlings- bis Sechslingskühler aufgestellt.

In dem Augenblick, wo der Stahlkörper von etwa 900° C in das etwa 25° bis 30° C warme Ölbad eingetaucht wird, findet eine außerordentlich heftige Wärmestrahlung vom Stahl an das Öl statt. Die Oberfläche des Stahles wird gekühlt, während der Kern zunächst heiß bleibt; das hochoberhitze Öl erfährt einen starken Auftrieb, steigt rasch an die Oberfläche, wo es leicht verdampft oder sich auch entzündet. Hieraus ergibt sich die Folgerung, das heiße Öl von der Behälteroberfläche möglichst zu entfernen.

Fig. 164 zeigt eine derartige Öl-Rückkühlanlage. Die Abnahme des heißen Öles erfolgt durch ein ringförmig gebogenes Rohr mit einer entsprechenden Anzahl Öffnungen an der Oberfläche der Härteflüssigkeit, die Zuführung des gekühlten Öles aus den Kühlern durch ein bis fast auf den Boden geführtes Zuleitungsrohr. Das zu kühlende heiße Öl wird von einer Zentrifugalpumpe angesaugt und den Kühlern zugedrückt; zum Ausscheiden der erwähnten Unreinigkeiten ist ein Sieb in einem Topf hinter die Pumpe eingebaut.

XVIII. Sonstige Hilfsmittel einer Härterei.

Hierunter sind zunächst zu erwähnen und erforderlich eine größere Anzahl Zangen zum Erfassen der verschiedenartigen Werkzeuge. Sie sind in verschiedener Größe und Form,

mit entsprechend geformtem Maule vorrätig zu halten. Es ist besonders darauf zu achten, daß das Maul der Zange mit dem erfaßten Gegenstande möglichst wenige Berührungspunkte hat, denn die von der Zange bedeckten Teile des zu härtenden Werkzeuges werden nicht rasch genug abgekühlt; die Här-

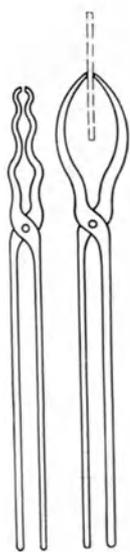


Fig. 165.
In der Härtereier übliche
Zangen-
formen.



Fig. 166. Zangenständer.

tung ist infolgedessen ungleichmäßig, Härterisse nehmen an der von der Zange erfaßten Stelle ihren Ausgang. Man verwendet zum Erfassen der zu härtenden Werkzeuge Zangen, deren Maul in möglichst scharfe Spitzen oder Schneiden ausläuft. Fig. 165.

Für runde Werkzeuge, Spiralbohrer, Schneidbohrer u. dgl. nimmt man Zangen, deren Maulform Fig. 137 zeigt.

Um die Zangen möglichst warm zu halten, sind die Schenkel aus Gasrohr hergestellt. Die nicht gebrauchten Zangen sind geordnet und übersichtlich, zum sofortigen Gebrauche bereit, aufzuhängen. Eine geeignete Vorrichtung hierzu bringt Fig. 166.

Zur weiteren Ausrüstung einer Härterei gehören noch eine Anzahl Gebrauchsgegenstände, von denen einige hier angeführt werden mögen:

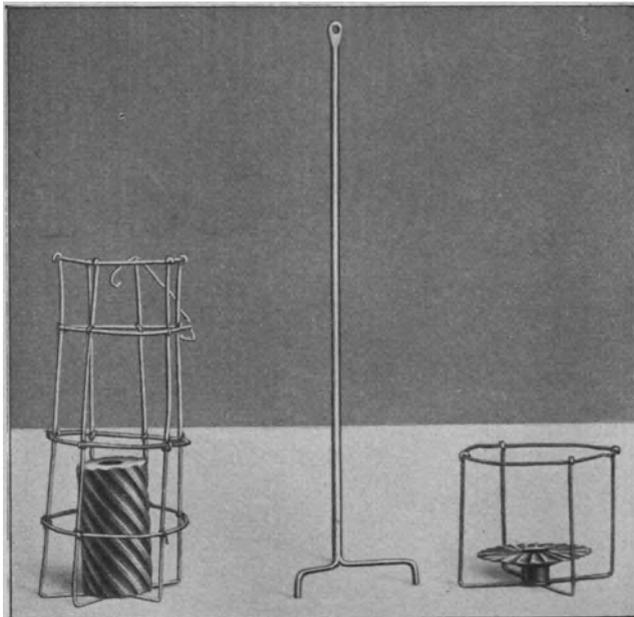


Fig. 167 u. 168. Fräser im Drahtkorb und Dreibein.

Draht in verschiedenen Stärken, zum Anfertigen von Drahtkörben, Dreibeinen u. ä. m. Fig. 167 und 168.

Bleche zur Anfertigung der verschiedenen Kästen für Sandbäder, Muffeln, Brausen;

Rohre verschiedenen Durchmessers, Verbindungs- und Anschlußstücke dazu zur Herstellung von Abkühlvorrichtungen, Fig. 169 und 170;

Drahtbürsten, zum Reinigen der Schweißstellen von Glühspan;
Eisen- und Stahlfeilspäne;

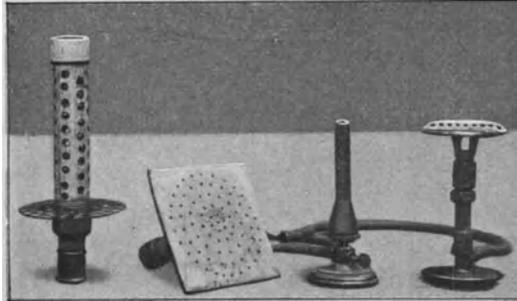


Fig. 169.

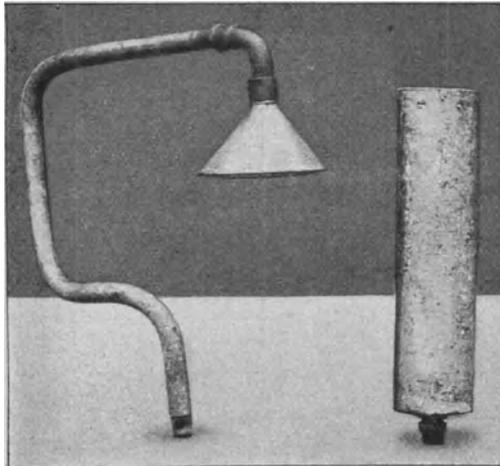


Fig. 170.

Verschiedene Formen von Brausen.

Asbest; Sand für Sandbäder; fein gesiebte Asche u. dgl. mehr. Viele Dinge sind hier verwendbar, die sonst in den Schrot- und Abfallhaufen wandern.

XIX. Englisch Zoll in Millimetern.

Englisch Zoll	Millimeter	Englisch Zoll	Millimeter
$\frac{1}{32}$	0,793	$\frac{17}{32}$	13,493
$\frac{1}{16}$	1,587	$\frac{9}{16}$	14,287
$\frac{3}{32}$	2,381	$\frac{19}{32}$	15,081
$\frac{1}{8}$	3,174	$\frac{5}{8}$	15,874
$\frac{5}{32}$	3,968	$\frac{21}{32}$	16,668
$\frac{3}{16}$	4,762	$\frac{11}{16}$	17,462
$\frac{7}{32}$	5,556	$\frac{23}{32}$	18,256
$\frac{1}{4}$	6,349	$\frac{3}{4}$	19,049
$\frac{9}{32}$	7,143	$\frac{25}{32}$	19,843
$\frac{5}{16}$	7,937	$\frac{13}{16}$	20,637
$\frac{11}{32}$	8,731	$\frac{27}{32}$	21,431
$\frac{3}{8}$	9,524	$\frac{7}{8}$	22,224
$\frac{13}{32}$	10,318	$\frac{29}{32}$	23,018
$\frac{7}{16}$	11,112	$\frac{15}{16}$	23,812
$\frac{15}{32}$	11,906	$\frac{31}{32}$	24,606
$\frac{1}{2}$	12,699	1	25,399

XX. Gewichtstabelle

(1 cbm Stabstahl wiegt ca. 7870 kg)

Dicke mm	Gewicht in kg pro Meter			Dicke mm	Gewicht in kg pro Meter			Dicke mm	Gewicht in kg pro Meter		
	4 kant.	6 kant.	rund		4 kant.	6 kant.	rund		4 kant.	6 kant.	rund
5	0,195	0,169	0,153	50	19,500	16,888	15,315	180	252,720	218,862	198,486
6	0,281	0,243	0,221	52	21,091	18,266	16,565	185	266,955	231,190	209,666
7	0,382	0,331	0,300	54	22,745	19,698	17,864	190	281,580	243,856	221,152
8	0,499	0,432	0,392	56	24,461	21,184	19,211	195	296,595	256,859	232,945
9	0,632	0,547	0,496	58	26,239	22,724	20,608	200	312,000	270,200	245,044
10	0,780	0,676	0,613	60	28,080	24,318	22,054	205	327,795	283,879	257,450
11	0,944	0,817	0,741	62	29,983	25,965	23,549	210	343,980	297,896	270,161
12	1,123	0,973	0,882	64	31,949	27,668	25,093	215	360,555	312,250	283,179
13	1,318	1,142	1,035	66	33,977	29,425	26,635	220	377,520	326,942	296,504
14	1,529	1,324	1,201	68	36,067	31,235	28,327	225	394,875	341,972	310,134
15	1,755	1,520	1,378	70	38,220	33,100	30,018	230	412,620	357,340	324,071
16	1,997	1,729	1,568	72	40,435	35,018	31,758	235	430,755	373,045	338,314
17	2,254	1,952	1,770	74	42,713	36,990	33,547	240	449,280	389,088	352,864
18	2,527	2,189	1,985	76	45,053	39,017	35,384	245	468,195	405,469	367,720
19	2,816	2,439	2,212	78	47,455	41,097	37,371	250	487,500	422,188	382,882
20	3,120	2,702	2,450	80	49,920	43,232	39,207	255	507,195	439,244	398,350
21	3,440	2,979	2,702	85	56,355	48,805	44,261	260	527,280	456,638	414,125
22	3,775	3,269	2,965	90	63,180	54,716	49,621	265	547,755	474,370	430,206
23	4,126	3,573	3,241	95	70,395	60,964	55,288	270	568,620	492,440	446,593
24	4,493	3,891	3,529	100	78,000	67,550	61,261	275	589,875	510,847	463,287
25	4,875	4,222	3,829	105	85,995	74,474	67,540	280	621,520	529,592	480,287
26	5,273	4,566	4,141	110	94,380	81,736	74,126	285	633,555	548,675	497,593
27	5,686	4,924	4,466	115	103,155	89,335	81,018	290	655,980	568,096	515,206
28	6,115	5,296	4,803	120	112,320	97,272	88,216	295	678,795	587,854	533,124
29	6,560	5,681	5,152	125	121,875	105,547	95,720	300	702,000	607,950	551,350
30	7,020	6,080	5,513	130	131,820	114,160	103,531	305	725,595	628,384	569,881
32	7,987	6,917	6,273	135	142,155	123,110	111,648	310	749,580	649,156	588,719
34	9,017	7,809	7,082	140	152,880	132,398	120,072	315	773,955	670,265	607,863
36	10,109	8,794	7,939	145	163,995	142,024	128,801	320	798,720	691,712	627,313
38	11,263	9,794	8,846	150	175,500	151,988	137,837	325	823,875	713,497	647,070
40	12,480	10,808	9,802	155	187,395	162,289	147,110	330	849,420	735,620	667,133
42	13,759	11,916	10,806	160	199,680	172,923	156,828	335	875,355	758,080	687,502
44	15,101	13,078	11,860	165	212,355	183,905	166,783	340	901,680	780,878	708,178
46	16,505	14,294	12,953	170	225,420	195,220	177,044	345	928,395	804,014	729,160
48	17,971	15,564	14,115	175	238,872	206,872	187,612	350	955,500	827,488	750,448

von Ed. Dörrenberg Söhne, Stahlwerke, Runderoth, den Verff. zum
Abdruck überlassen.

Gewichtstabelle für Flachstähe

Dicke in mm	Breite in mm																			Dicke in mm					
	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32	34	35	36	38	40		42	44	45	46	48
1	0,078	0,094	0,109	0,117	0,125	0,140	0,156	0,172	0,187	0,195	0,203	0,218	0,234	0,250	0,265	0,273	0,281	0,296	0,312	0,328	0,343	0,351	0,359	0,374	0,390
2	0,156	0,187	0,234	0,250	0,281	0,312	0,343	0,374	0,390	0,406	0,437	0,468	0,499	0,530	0,546	0,562	0,588	0,629	0,659	0,689	0,720	0,748	0,776	0,804	0,832
3	0,234	0,281	0,359	0,374	0,421	0,468	0,515	0,562	0,588	0,604	0,655	0,702	0,749	0,796	0,812	0,828	0,889	0,936	0,983	1,030	1,073	1,116	1,159	1,202	1,245
4	0,312	0,374	0,457	0,483	0,562	0,624	0,686	0,749	0,780	0,811	0,842	0,893	0,944	0,995	1,061	1,092	1,123	1,184	1,245	1,306	1,367	1,428	1,489	1,550	1,611
5	0,390	0,468	0,546	0,562	0,624	0,702	0,780	0,858	0,936	0,975	1,014	1,092	1,170	1,248	1,326	1,365	1,404	1,482	1,560	1,638	1,716	1,794	1,872	1,950	2,028
6	0,468	0,562	0,655	0,702	0,749	0,842	0,936	1,030	1,123	1,170	1,217	1,310	1,404	1,498	1,586	1,625	1,713	1,807	1,872	1,950	2,028	2,106	2,184	2,262	2,340
7	0,546	0,655	0,774	0,819	0,874	0,983	1,092	1,201	1,310	1,365	1,458	1,567	1,676	1,785	1,873	1,912	2,000	2,104	2,213	2,322	2,431	2,540	2,649	2,758	2,867
8	0,624	0,749	0,874	0,936	0,998	1,123	1,248	1,373	1,498	1,560	1,652	1,747	1,873	1,997	2,122	2,184	2,272	2,386	2,495	2,604	2,713	2,822	2,931	3,040	3,149
9	0,702	0,842	0,983	1,053	1,123	1,264	1,404	1,544	1,685	1,755	1,843	1,966	2,106	2,246	2,387	2,449	2,537	2,650	2,759	2,868	2,977	3,086	3,195	3,304	3,413
10	0,780	0,936	1,092	1,170	1,248	1,404	1,560	1,716	1,873	1,950	2,038	2,184	2,340	2,496	2,652	2,730	2,818	2,931	3,040	3,149	3,258	3,367	3,476	3,585	3,694
11	0,858	1,030	1,201	1,287	1,373	1,544	1,716	1,888	2,059	2,145	2,231	2,402	2,574	2,746	2,917	3,003	3,089	3,202	3,311	3,420	3,529	3,638	3,747	3,856	3,965
12	0,936	1,123	1,310	1,404	1,498	1,685	1,872	2,059	2,246	2,332	2,418	2,604	2,791	2,978	3,165	3,251	3,337	3,450	3,559	3,668	3,777	3,886	3,995	4,104	4,213
13	1,014	1,217	1,421	1,525	1,629	1,825	2,028	2,231	2,434	2,538	2,632	2,818	3,013	3,208	3,403	3,489	3,575	3,688	3,797	3,906	4,015	4,124	4,233	4,342	4,451
14	1,092	1,310	1,529	1,638	1,747	1,966	2,184	2,402	2,621	2,730	2,839	3,058	3,276	3,494	3,713	3,800	3,886	3,999	4,108	4,217	4,326	4,435	4,544	4,653	4,762
15	1,170	1,404	1,638	1,757	1,876	2,106	2,340	2,574	2,808	2,925	3,042	3,276	3,510	3,744	3,978	4,065	4,151	4,264	4,373	4,482	4,591	4,700	4,809	4,918	5,027
16	1,248	1,498	1,747	1,877	1,997	2,246	2,496	2,746	2,995	3,120	3,245	3,494	3,744	3,993	4,243	4,330	4,416	4,529	4,638	4,747	4,856	4,965	5,074	5,183	5,292
17	1,326	1,591	1,866	1,999	2,129	2,387	2,652	2,917	3,183	3,315	3,440	3,689	3,938	4,187	4,437	4,524	4,610	4,723	4,832	4,941	5,050	5,159	5,268	5,377	5,486
18	1,404	1,685	1,966	2,106	2,246	2,527	2,808	3,089	3,370	3,510	3,650	3,931	4,212	4,493	4,774	4,861	4,947	5,060	5,169	5,278	5,387	5,496	5,605	5,714	5,823
19	1,482	1,778	2,073	2,213	2,353	2,668	2,964	3,260	3,557	3,705	3,853	4,150	4,446	4,742	5,038	5,125	5,211	5,324	5,433	5,542	5,651	5,760	5,869	5,978	6,087
20	1,560	1,872	2,184	2,340	2,496	2,808	3,120	3,432	3,744	3,900	4,056	4,368	4,680	4,992	5,304	5,391	5,477	5,590	5,700	5,810	5,920	6,030	6,140	6,250	6,360
21	1,638	1,966	2,293	2,457	2,621	2,948	3,276	3,604	3,931	4,095	4,259	4,586	4,914	5,242	5,569	5,656	5,742	5,855	5,964	6,073	6,182	6,291	6,400	6,509	6,618
22	1,716	2,059	2,402	2,574	2,748	3,089	3,432	3,775	4,118	4,290	4,462	4,805	5,148	5,491	5,834	6,006	6,178	6,350	6,522	6,694	6,866	7,038	7,210	7,382	7,554
23	1,794	2,153	2,512	2,691	2,870	3,239	3,588	3,947	4,306	4,485	4,664	5,023	5,382	5,741	6,100	6,272	6,444	6,616	6,788	6,960	7,132	7,304	7,476	7,648	7,820
24	1,872	2,246	2,621	2,808	2,995	3,370	3,744	4,118	4,493	4,680	4,867	5,242	5,616	5,990	6,365	6,537	6,709	6,881	7,053	7,225	7,397	7,569	7,741	7,913	8,085
25	1,950	2,340	2,730	2,925	3,120	3,510	3,900	4,290	4,680	4,875	5,070	5,460	5,850	6,240	6,630	6,825	7,020	7,215	7,410	7,605	7,799	7,994	8,188	8,383	8,577
26	2,028	2,434	2,839	3,042	3,245	3,650	4,056	4,462	4,867	5,070	5,273	5,678	6,084	6,489	6,895	7,090	7,285	7,480	7,675	7,870	8,065	8,260	8,455	8,650	8,845
27	2,106	2,527	2,948	3,159	3,370	3,791	4,212	4,633	5,054	5,265	5,476	5,887	6,298	6,709	7,120	7,315	7,510	7,705	7,900	8,095	8,290	8,485	8,680	8,875	9,070
28	2,184	2,621	3,059	3,276	3,493	3,931	4,368	4,805	5,242	5,460	5,678	6,115	6,552	6,989	7,426	7,621	7,816	8,011	8,206	8,401	8,596	8,791	8,986	9,181	9,376
29	2,262	2,714	3,167	3,393	3,619	4,072	4,524	4,976	5,428	5,655	5,882	6,334	6,786	7,238	7,690	7,917	8,144	8,371	8,598	8,825	9,052	9,279	9,506	9,733	9,960
30	2,340	2,808	3,276	3,510	3,744	4,212	4,680	5,148	5,616	5,850	6,084	6,552	7,020	7,488	7,956	8,190	8,424	8,658	8,892	9,126	9,360	9,594	9,828	10,062	10,296
31	2,418	2,902	3,387	3,621	3,855	4,344	4,832	5,320	5,808	6,045	6,287	6,755	7,223	7,691	8,159	8,396	8,632	8,868	9,104	9,340	9,576	9,812	10,048	10,284	10,520
32	2,496	2,995	3,494	3,744	3,994	4,493	4,992	5,491	5,990	6,230	6,470	6,938	7,406	7,874	8,342	8,579	8,815	9,051	9,287	9,523	9,759	9,995	10,231	10,467	10,703
33	2,574	3,089	3,604	3,864	4,114	4,633	5,152	5,671	6,190	6,430	6,670	7,138	7,606	8,074	8,542	8,779	9,015	9,251	9,487	9,723	9,959	10,195	10,431	10,667	10,903
34	2,652	3,182	3,713	3,984	4,244	4,774	5,304	5,834	6,364	6,604	6,844	7,312	7,780	8,248	8,716	8,953	9,189	9,425	9,661	9,897	10,133	10,369	10,605	10,841	11,077
35	2,730	3,276	3,822	4,095	4,358	4,914	5,460	6,006	6,552	6,825	7,098	7,566	8,034	8,502	8,970	9,207	9,443	9,679	9,915	10,151	10,387	10,623	10,859	11,095	11,331
36	2,808	3,370	3,942	4,212	4,485	5,054	5,616	6,178	6,739	7,020	7,300	7,768	8,236	8,704	9,172	9,409	9,645	9,881	10,117	10,353	10,589	10,825	11,061	11,297	11,533
37	2,886	3,468	4,040	4,329	4,618	5,195	5,772	6,349	6,926	7,215	7,504	8,081	8,658	9,235	9,812	10,100	10,336	10,572	10,808	11,044	11,280	11,516	11,752	11,988	12,224
38	2,964	3,567	4,146	4,446	4,745	5,325	5,928	6,521	7,114	7,410	7,706	8,283	8,860	9,437	10,014	10,302	10,538	10,774	11,010	11,246	11,482	11,718	11,954	12,190	12,426
39	3,042	3,660	4,259	4,563	4,867	5,476	6,084	6,692	7,300	7,605	7,909	8,518	9,126	9,734	10,342	10,650	10,916	11,182	11,448	11,714	11,980	12,246	12,512	12,778	13,044
40	3,120	3,744	4,368	4,680	4,992	5,616	6,240	6,864	7,488	7,800	8,112	8,736	9,360	9,984	10,612	10,920	11,188	11,456	11,724	11,992	12,260	12,528	12,796	13,064	13,332
41	3,198	3,888	4,477	4,797	5,117	5,756	6,396	7,036	7,676	7,995	8,315	8,954	9,594	10,234	10,874	11,193	11,461	11,729	11,997	12,265	12,533	12,801	13,069	13,337	13,605
42	3,276	3,991	4,586	4,914	5,242	5,897	6,552	7,207	7,862	8,190	8,518	9,173	9,828	10,483	11,141	11,470	11,747	12,024	12,301	12,578	12,855	13,132	13,409	13,686	13,963
43	3,354	4,095	4,714	5,031	5,366	6,037	6,708	7,379	8,050	8,385	8,710	9,365	10,020	10,675	11,330	11,670	11,947	12,224	12,501	12,778	13,055	13,332	13,609	13,886	14,163
44	3,432	4,118	4,805	5,148	5,491	6,178	6,864	7,550	8,237	8,580	8,923	9,610	10,300	10,990	11,680	12,020	12,297	12,574	12,851	13,128	13,405	13,682	13,959	14,236	14,513
45	3,510	4,212	4,914	5,265	5,616	6,318	7,020	7,722	8,424	8,775	9,126	9,828	10,530	11,232	11,934	12,285	12,562	12,839	13,116	13,393	13,670	13,947	14,224	14,501	14,778

von Fr. Dürenbacher Söhne,

XXI. Preise des Stahles.

Es wurde an anderer Stelle darauf aufmerksam gemacht, beim Stahleinkauf auf die Herkunft des Stahles und den Ruf des erzeugenden Werkes in Verbraucherkreisen unter allen Umständen zu achten. Diese Forderung soll nun noch eine Erweiterung dahin erfahren, die Einkaufs- und Überpreise der einzelnen Stahlorten ständig nachzuprüfen. Mit geringen Abweichungen sind die Verkaufspreise der erstklassigsten und bekanntesten Werkzeuggußstahlwerke für die im Handel vorkommenden Ia Qualitäten durchweg die gleichen. Um den Verbraucher vor Schaden zu bewahren, seien hier die Preise und Überpreise, die für gute und sorgfältig hergestellte Stahlorten gezahlt werden, angeführt unter Zugrundelegung geregelter Friedenszeiten.

Werkzeuggußstahl	pr. 1 kg	1,— bis 1,40 M.
Wolframstahl	„ 1 „	2,40 „ 2,70 „
Schnellstahl	„ 1 „	4,50 „ 6,00 „
geschmiedeter Dornstahl	„ 1 „	0,50 „ 0,60 „
Schweiß- und Raffinierstahl	} „ 1 „	0,40 „ 0,80 „
einmal, zweimal, dreimal		
oder viermal raffiniert		
Gesteinsbohrstahl je nach		
Verwendungszweck und	} „ 1 „	0,30 „ 0,85 „
Kohlenstoffgehalt		
Gußstahl für Hämmer und	} „ 1 „	0,50 „ 0,80 „
sonstige Schmiedewerk-		
zeuge \square und \square		
Gußstahl für Warmmatritzen	„ 1 „	0,40 „ 0,70 „

Überpreise für Werkzeugstahl.

I.

Die Werkzeugstahl-Preise verstehen sich für Stäbe von mindestens 8 mm \varnothing oder \square oder 64 mm² Querschnitt in \square (z. B. 16 \times 4 mm = 64 mm²).

Dünnere Maße bedingen folgende Aufpreise:

7	6	5	4 mm	∅ od. □ od. entspr. Querschnitt in □
<hr/>				
M. 20,—	35,—	45,—	60,—	die 100 kg.

II.

Längen-Überpreise:

10% für Stäbe fixer Länge von 400 mm und darüber
 20% " " " " " 400 " an abwärts.

III.

Stahl für Backen, Messer usw. im Profil , nur in gut schiedbaren Dimensionen:

bei 3 Stäben und mehr in einer Dimension M. 10,— die 100 kg
 bei weniger als 3 Stäben " " " " 20.— " 100 "

IV.

Ausgeglühte Scheiben, sauber geschmiedet, für Fräser, Rollscheren, Matrizen usw. bei einem Stückgewicht von

	5 kg u. mehr	5—2	2—1	1— ¹ / ₂ kg	
∅ Scheiben M.	18,—	27,—	36,—	45,—	die 100 kg
□ Scheiben "	15,—	20,—	25,—	30,—	" 100 "

unter ¹/₂ kg und üb. 60 mm Durchm. unt. 60 mm Durchm.

∅ Scheiben M.	0,50	0,40	das Stück.
□ Scheiben "	0,35	0,25	" "

Überpreise bei Stahlsorten aus Raffinier- und Schweißstahl, Gesteinbohrerstahl:

runder Raffinier- und Schweißstahl, im Gesenk blank geschmiedet:

25 mm ∅ und mehr M. 6,— die 100 kg extra
 unter 25 mm ∅ M. 8,— " 100 " "

Größere Mengen von einer Abmessung werden eventuell nach Vereinbarung entsprechend billiger geliefert.

Konisch geschmiedeter Stahl M. 12,— die 100 kg extra
 besondere Profile, wie  oder  M. 14,— " 100 " "
 Stäbe in abgepaßten, genauen Längen kosten an Mehrpreis;
 bei 400 mm Länge und mehr . . 10⁰/₀
 bei weniger als 400 mm Länge . . 20⁰/₀

Überpreise für Schnelldrehstahl.

I.

Die Schnelldrehstahl-Preise verstehen sich für Stäbe von
 mindestens 12 mm \varnothing oder \square oder 144 mm² in \square (z. B.
 16 \times 9 mm = 144 mm²).

Dünnere Maße bedingen folgende Aufpreise:

$\frac{12}{\text{M. 20,—}}$	$\frac{11}{30,—}$	$\frac{10}{40,—}$	$\frac{9}{50,—}$	mm \varnothing od. \square od. entspr. Querschn. in \square
$\frac{8}{\text{M. 60,—}}$	$\frac{7}{70,—}$	$\frac{6}{80,—}$	$\frac{5}{100,—}$	mm \varnothing od. \square od. entspr. Querschn. in \square

Noch dünnere Maße werden in Schnelldreh-Silberstahl
 nach besonderer Preisliste geliefert.

II.

Längen-Überpreise:

10 ⁰ / ₀	für Stäbe fixer Länge von 1 m und darüber
20 ⁰ / ₀	" " " " " 1 m an abwärts.

III.

Fasson-Aufpreis für gut schmiedbaren Profilstahl \triangle ,  usw.
 M. 30,— die 100 kg
 sowie bei geringeren Querschnitten die unter I angegebenen
 Dimensions-Aufpreise.

IV.

Ausgeglühte Scheiben, sauber geschmiedet, für Fräser usw.
bei einem Stückgewicht von

	<u>5 kg u. mehr</u>	<u>5—2</u>	<u>2—1</u>	<u>1—$\frac{1}{2}$ kg</u>	
∅ Scheiben M.	55,—	80,—	120,—	150,—	die 100 kg
□ Scheiben "	45,—	60,—	90,—	110,—	" 100 "
	<u>unter $\frac{1}{2}$ kg und über 60 mm Durchm.</u>		<u>unter 60 mm Durchm.</u>		
∅ Scheiben M.	1,—			0,90	das Stück
□ Scheiben "	0,85			0,75	" "

Sachverzeichnis.

- Abgestandener Stahl** 150.
Abkühlen 105.
— in Ölen 108.
— — Fetten 108.
— — Metallen 109.
— durch feste Körper 109.
— — Luft 110.
—, Vorrichtungen zum 110.
Abkühlungskurve 117.
Anlassen 121.
— im Sandbade 123.
— — Blaubrenner 123.
— — Ölbade 123.
— — Talgbade 123.
— — Salpeterbade 123
Anschlußkopf 93.
Anschweißen 139.
Asbest 165.
Aufbrechen 19.
Aufschweißen 139.
Ausgleichsleitung 93.
- Bertrand-Thiel-Prozeß** 30.
Beschickung 13.
Bessemerbirne 20.
Biegeprobe 49.
Biegeversuch 47.
Blasenstahl 151, 31.
Blaubruch 9.
Bleche 164.
Bleibad 76.
Bohrmesser 123.
Brauneisenstein 13.
Brunnenwasser 107.
- Chargiermaschine** 28
Chrom 11, 33, 37, 43.
Chromstahl 44.
- Dampfblasen** 106, 107
Dampfhammer 39.
Dampfschicht 107.
Döpfer 136.
Doppelmuffelofen 63, 84.
Dosen-Instrument 104.
Draht 164.
Drahtbürsten 165.
Dreibein 127.
Drehpul-Meßgeräte 98
Drehversuch 47.
Duo-Walzwerk 41.
Duplexprozeß 30.
- Einbau von Vertikalöfen** 72.
Einkaufspreise 169.
Einsatzhärtung 62, 150.
Einsatzkasten 63.
Einsatzmittel 152, 157.
Eisen, chemisch rein 4, 117.
Eisenfeilspäne 165.
Eisenerze 13.
Eisenkarbid 5.
Element, chemisches 2.
Erhitzungskurve 117.
- Fabrikmarke** 45.
Fallhammer 40.
Fassonmesser 131.
Faulbruch 10.
Ferromangan 23, 30, 37.
Festigkeitsversuch 46.
Flammofen 25.
Flammofenfrischen 17.
Fluß Eisen 7, 17, 23, 27, 39, 56.
Flußwasser 107.
Fräser 126.

- Frischen 16.
 Frischfeuer 17.

Galvanometer 91.
 Gasmesser 85.
 Gashärteöfen 66.
 —, Anzünden von 67.
 Gastiegelanlaßöfen 123.
 Gärben 32.
 Gärbstahl 32, 39.
 Generator 28.
 Gestell 14.
 Gewindebohrer 60, 125.
 Gewindebacken 125.
 Gicht 14.
 Gichtgase 14, 16.
 Glühkasten 63.
 Glühspan 140.
 Graphit 6, 11.
 Grubenhacken 138.

Haltepunkt 71, 117, 119, 121.
 Hammergesenke 133.
 Handmeißel 135.
 Handpyrometer 98.
 Hämmer 135.
 Härten von Spiralbohrern 114.
 — — Döppern 114.
 — — Matrizen 114.
 — — Zieheisen 114.
 — — Schnellstahl 116.
 Härtegrad 45.
 Härtereie 57.
 Härteflüssigkeit 106.
 Härteflammpfen 62.
 Härtemittel 157, 158.
 Härteprüfung 47, 51.
 Härteschlange 147.
 Härtetemperatur 58.
 Härtungskohle 5, 6, 11.
 Herdfrischen 17.
 Herkunft des Stahles 169.
 Hilfselektrode 83.
 Hin- und Herbiegeprobe 49.
 Hochofen 13.
 Hochofenschlacke 16.
 Hoeschverfahren 30.

Hohlfräser 128.
Holzfräser 128.
Hüttenchemische Vorgänge 14.

Induktionsöfen 33.

Kaltbruch 9.
 Kanonenbohrer 123.
 Kantenrisse 45.
 Kapselgebläse 84.
 Karbidkohle 5, 6, 11.
 Kegeldruckverfahren 48.
 Kohlenstoff 9, 21, 25, 28.
 Kohlenstoffstahl 12, 41.
 Kohlenelektrode 33, 34.
 Kohlung 154.
 Kompensationsleitung 93.
 Kokille 33, 38.
 Kontrollstück 155.
 Konverter 20, 25.
 Korn 8, 9.
 Kreiskörner 136.
 Kreisschermesser 130.
 Kugeldruckverfahren 48.
 Kühlgefäß 93, 107, 110.

Lancashire-Eisen 17.
 Legierung 3, 5.
 Legierter Stahl 43.
 Lichtbogenöfen 33.
 Lochstempel 131.
 Lötstelle, kalte 91,
 —, heiße 91.
 Luppenmachen 19.

Magneteisenstein 13.
Mangan 10, 16, 18, 21, 25, 28, 37, 43.
Manganstahl 11, 43.
Mikroskop 56.
 Minette 13.
 Mischungsprodukt 3.
Molybdän 11, 33, 37, 43.
Muffel 65.
Muffelofen 59, 62, 84.

Nähte 45.
Naturhärte 11.

- Naturharter Stahl** 43.
Nichtmetalle 3.
Nickel 11, 33, 37, 43.
Nietquetscher 136.
- Oberflächenhärtung** 151.
Öfen für feste Brennstoffe 59.
 — — Blei- und Salzbäder 74.
 — — elektrisch geheiztes Salzbad 80.
 — — Gasfeuerung 66, 70.
Ofen von Girod 33.
 — — Héroult 33.
 — — Keller 34.
 — — Kjellin 34.
 — — Röchling-Rodenhauser 36.
 — — Stassano 33.
- Phosphor** 9, 16, 28, 37.
Prägestempel 131.
Probestäbe 46.
Probierbolzen 155.
Prüfung durch Ätzung 54.
 — von Werkzeugen 51.
Puddeln 17.
Pyrometer 71.
 —, optisches 90, 100
 —, selbstschreibendes 98.
- Raffinierstahl** 31, 38.
Reibahlen 60, 129.
Regenerieren verdorbenen Stahles 146.
Regenwasser 107.
Richten von Werkzeugen 144.
 — — Papiermessern 145.
 — — Scherenmessern 145.
 — — Spiralbohrern 145.
 — — Reibahlen 145.
Risse 45.
Ritzhärteverfahren 48.
Roheisen 7, 13, 16.
 —, weißes 7, 16.
 —, graues 7, 16.
Roheisenerzverfahren 30.
Roheisenmischer 19.
Rohrfräser 129.
- Rohrschneider** 129.
Rohschienen 19.
Rohre 164.
Rollenmesser 132.
Rotationsgebläse 84.
Rotbruch 9, 45.
Roteisenstein 13.
- Salzbad** 78.
Sand 165.
Schachtofen 62, 84.
Scherenmesser 130.
Schlacke 13, 18, 24, 28, 33, 36.
Schlagnummern 131.
Schlagversuch 47.
Schlifffläche 55.
Schmelzkessel 75, 79.
Schmiedefeuer 59.
Schmiedetemperatur 58.
Schmiedbarkeit 9.
Schmiedeseisen 8, 16, 25.
Schmiedepresse 40.
Schneidbacken 125.
Schneidhaltigkeit 12.
Schnellstahl 43, 44.
Schnitte 132.
Schrott 27.
Schrotmeißel 136.
Schrottschmelzverfahren 28.
Schuppen 45.
Schutzrohr 96.
Schutzverkleidung 96.
Schwarzbruch 10.
Schweißen 10, 139.
Schweißbarkeit 10.
Schweißbeisen 7, 17, 31, 56.
Schweißöfen 41.
Schweißhitze 140.
Schweißpulver 10, 140, 143.
Schweißsand 140.
Schweißtemperatur 142.
Schwefel 10, 16, 28.
Segerkegel 87.
Sehnen 8.
Silizium 16, 18, 21, 25, 28.
Skala-Gasmesser 85.
Spateisenstein 13.

- Spezialstahl 43.
 Spiegeleisen 23, 30.
 Spiralbohrer 59.
 Spitze 19.
 Stahl 8, 11.
 Steinhauerwerkzeuge 138.

Talbot-Verfahren 31.
 Technologische Proben 49.
 Temperkohle 6, 11.
 Thermoelement 91.
 Tiegelstahl 17, 31, 33, 42.
 Titan 11, 12.
 Triowalzwerk 41.
 Turboventilator 85.

Umsetzen 19.
 Umwandlung 117.

 Überhitzter Stahl 147.
 Überpreise 169.

Vanadium 11, 33, 37, 43.
 Ventilator 84.
 Verbessern verdorbenen Stahles 146.
 Verbesserungsmittel 148.
 Verbindung, chemische 2, 3.
 Verbrannter Stahl 146.
 Verdorbener Stahl 149.
 Verglühter Stahl 150.
 Versuchsbolzen 154.
 Vertikalofen 70, 71.

 Verwandtschaft, chemische 3.
 Verwindungsprobe 49.
 Vorgänge, chemische 1.
 —, physikalische 1.

Walzwerk 40.
 Wasser, kalkhaltiges 107.
 Wärmöfen 41.
 Weichfleck 77.
 Weichkernstahl 44.
 Werkzeugstahl 41.
 Werkzeuge für Bergwerksbetrieb
 137.
 — — Steinbrüche 137.
 Wien Plancksches Gesetz 102.
 Widerstandsöfen 33.
 Widerstandsthermometer 90.
 Wolfram 11, 33, 37, 43.
 Wolframstahl 11, 43, 44.

Zangen 162.
 Zementieren 31, 44.
 Zementstahl 17, 31.
 Zentrumborher 123.
 Ziehborne 137.
 Zimmermannsche Kühlvorrichtung
 158.
 Zugversuch 47.
 Zusatz von Salzen 107, 108.
 — — Säuren 107, 108.
 Zuschläge 13.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Wärmebehandlung der Werkzeugstähle. Autorisierte deutsche Bearbeitung der Schrift „The heat treatment of tool steel“ von **Harry Brearley**, von Dr.-Ing. **Rudolf Schäfer**. Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung und wirtschaftliche Verwendung in der Metallindustrie. Ein Lehrbuch zur Einführung in den Werkzeugmaschinenbau von **Fr. W. Hülle**, Prof. an den vereinigten Königlichen Maschinenbauschulen in Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. In Vorbereitung.

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von **Fr. W. Hülle**, Professor, Dipl.-Ing., Dortmund. Zweite, verbesserte Auflage. Mit mehr als 200 Textabbildungen. In Vorbereitung.

* **Leitfaden der Werkzeugmaschinenkunde.** Von Prof. Dipl.-Ing. **Herm. Meyer**, Oberlehrer an den Kgl. verein. Maschinenbauschulen zu Magdeburg. Mit 312 Textabbildungen. Preis gebunden M. 5.—

* **Arbeitsweise der selbsttätigen Drehbänke.** Kritik und Versuche. Von Dr.-Ing. **Herbert Kienzle**. Mit 75 Textabbildungen. Preis M. 3.—

* **Die Organisation der Normalisierung bei der Firma Orenstein & Koppel — Arthur Koppel A.-G., Berlin.** Von **Adolf Santz**, Berlin. Preis M. —.50

* **Grundzüge für die Normalisierung zur Verminderung der Zeichenarbeit im Konstruktionsbüro.** Von **Adolf Santz**, Berlin. Preis —.50

* **Die Ausnutzung der Normalisierung zur Verminderung der Zeichenarbeit im Konstruktionsbüro.** Von **Adolf Santz**, Berlin. Preis M. —.50

* **Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher:** auf geheftete 20⁰/₀, auf gebundene 30⁰/₀.

Demnächst erscheint:

Die Dreherei und ihre Werkzeuge in der neuzeitlichen Betriebsführung. Von Betriebs-Oberingenieur **W. Hippler**. Mit 322 Textfiguren. Preis gebunden etwa M. 15.—

Handbuch der Fräselei. Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von **Emil Jurthe** und **Otto Mietzschke**, Ingenieure. Vierte, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 362 Abbildungen, Tabellen und einem Anhang über Konstruktion der gebräuchlichsten Zahnformen bei Stirn- und konischen Getrieben sowie Schnecken- und Schraubenrädern. Preis gebunden M. 12.—

Über Dreharbeit und Werkzeugstähle. Autorisierte Ausgabe der Schrift „On the art of cutting metals“ von **Fred. W. Taylor**. Von **A. Wallichs**, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen. Dritter, unveränderter Abdruck. Mit 119 Textabbildungen und Tabellen. Preis gebunden M. 15.40

* **Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen.** Völlige Neubearbeitung des Buches „Punches, dies and tools for manufacturing in presses“ von Joseph V. Woodworth von Privatdozent Dr. techn. **Max Kurrein**, Betriebsingenieur des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 683 Textabbildungen und einer Tafel. Preis gebunden M. 20.—

* **Die Grundlagen der Zahnradbearbeitung** unter Berücksichtigung der modernen Verfahren und Maschinen. Von Dr.-Ing. **Curt Barth**, Privatdozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Aachen. Zweite Auflage. In Vorbereitung.

* **Zahnräder.** *I. Teil. Stirn- und Kegelräder mit geraden Zähnen. Von Dr. **A. Schiebel**, a. o. Professor der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag. Mit 110 Textfiguren. Preis steif broschiert M. 3.—
*II. Teil. Räder mit schrägen Zähnen (Räder mit Schraubenzähnen und Schneckengetriebe). Von Dr. **A. Schiebel**, a. o. Professor der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag. Mit 116 Textfiguren. Preis M. 4.—

(Bilden Heft 3 und 5 der Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau. Herausgegeben von Ingenieur **C. Volk**, Berlin.)

Technisches Hilfsbuch. Herausgegeben von **Schuchardt & Schütte**. Vierte Auflage. Mit 488 Abbildg. und 7 Tafeln. Preis gebunden M. 3.60

* Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher: auf geheftete 20%, auf gebundene 30%.

Fabrikorganisation, Fabrikbuchführung und Selbstkostenberechnung der Firma Ludw. Loewe & Co., A.-G., Berlin. Mit Genehmigung der Direktion zusammengestellt und erläutert von **J. Lilienthal**. Mit einem Vorwort von Dr.-Ing. **G. Schlesinger**, Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Unveränderter Neudruck. Preis gebunden M. 16.—

* **Selbstkostenberechnung im Maschinenbau.** Zusammenstellung und kritische Beleuchtung bewährter Methoden mit praktischen Beispielen. Von Dr.-Ing. **Georg Schlesinger**, Professor an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 110 Formularen.
Preis gebunden M. 10.—

* **Einführung in die Organisation von Maschinenfabriken** unter besonderer Berücksichtigung der Selbstkostenberechnung. Von Dipl.-Ing. **Friedrich Meyenberg**, Oberingenieur der Eisenbahnsignal-Bauanstalt Max Jüdel & Co., A.-G., Dozent an der Herzoglichen Technischen Hochschule Braunschweig. Preis gebunden M. 5.—

Der Fabrikbetrieb. Praktische Anleitungen zur Anlage und Verwaltung von Maschinenfabriken und ähnlichen Betrieben sowie zur Kalkulation und Lohnverrechnung. Von **Albert Ballewski**. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet von C. M. Lewin, beratendem Ingenieur für Fabrikorganisation in Berlin.
Preis gebunden M. 7 60

Grundlagen der Fabrikorganisation. Von Dr.-Ing. **Ewald Sachsenberg**. Mit zahlreichen Formularen und Beispielen.
Preis gebunden M. 8.—

Die Selbstkostenberechnung im Fabrikbetriebe. Praktische Beispiele zur richtigen Erfassung der Generalunkosten bei der Selbstkostenberechnung in der Metallindustrie. Von **O. Laschinski**.
Preis M. 3.—

* **Die Betriebsbuchführung einer Werkzeugmaschinen-Fabrik.** Probleme und Lösungen von Dr.-Ing. **Manfred Seng**. Mit 3 Abbildungen und 41 Formularen.
Preis gebunden M. 5.—

Werkstättenbuchführung für moderne Fabrikbetriebe. Von **C. M. Lewin**, Dipl.-Ing. Zweite, verbesserte Auflage. In Vorbereitung.

* Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher: auf geheftete 20%, auf gebundene 30%.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Betriebsleitung insbesondere der Werkstätten. Von **Fred. W. Taylor**. Autor. deutsche Ausgabe der Schrift „Shop management“. Von **A. Wallichs**, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen. Dritte, vermehrte Auflage. Unveränderter Neudruck mit 26 Abbildungen und 2 Zahlentafeln. Preis gebunden M. 7.20

Aus der Praxis des Taylor-Systems. Von Dipl.-Ing. **Rudolf Seubert**. Zweiter, unveränderter Neudruck. Mit 45 Abbildungen und Vordrucken. Preis gebunden M. 9.—

* **Das ABC der wissenschaftlichen Betriebsführung (Taylor-System).** Von **Frank B. Gilbreth**. Freie Übersetzung von **Dr. Colin Ross**. Unveränderter Neudruck. Mit 12 Textabbildungen. Preis M. 2.80

* **Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien.** Von Dr.-Ing. **C. Bach** und **R. Baumann**, Professoren an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 710 Figuren. Preis gebunden M. 12.—

* **Probenahme und Analyse von Eisen und Stahl.** Hand- und Hilfsbuch für Eisenhütten-Laboratorien von Prof. Dipl.-Ing. **O. Bauer** und Dipl.-Ing. **E. Deiß** am Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-W. Mit 128 Textabbildungen. Preis gebunden M. 9.—

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren u. mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von Dr.-Ing. **E. Preuß** †, Stellvertreter des Vorstandes der Materialprüfungsanstalt und Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt. Mit 119 Figuren. Unveränderter Neudruck. Preis kartoniert M. 4.—

Werkstattstechnik. Zeitschrift für Fabrikbetrieb und Herstellungsverfahren. Herausgegeben von Dr.-Ing. **Georg Schlesinger**, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. **A. Ingenieur-Ausgabe.** Jährlich 24 Hefte. — Preis vierteljährlich M. 3.50. **B. Betriebs-Ausgabe.** Jährlich 24 Hefte. — Preis vierteljährlich M. 1.50

Abonnements durch die Post, durch den Buchhandel sowie direkt vom Verlag.

Probehefte jederzeit unberechnet durch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer, Berlin W 9, Linkstraße 23/24.

* **Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher:**
auf geheftete 20⁰/₀, auf gebundene 30⁰/₀.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Wärmebehandlung der Werkzeugstähle. Autorisierte deutsche Bearbeitung der Schrift „The heat treatment of tool steel“ von Harry Brearley, von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung und wirtschaftliche Verwendung in der Metallindustrie. Ein Lehrbuch zur Einführung in den Werkzeugmaschinenbau von Fr. W. Hülle, Prof. an den vereinigten Königlichen Maschinenbauschulen in Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. In Vorbereitung.

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Fr. W. Hülle, Professor, Dipl.-Ing., Dortmund. Zweite, verbesserte Auflage. Mit mehr als 200 Textabbildungen. In Vorbereitung.

* **Leitfaden der Werkzeugmaschinenkunde.** Von Prof. Dipl.-Ing. Herm. Meyer, Oberlehrer an den Kgl. verein. Maschinenbauschulen zu Magdeburg. Mit 312 Textabbildungen. Preis gebunden M. 5.—

* **Arbeitsweise der selbsttätigen Drehbänke.** Kritik und Versuche. Von Dr.-Ing. Herbert Klenze. Mit 75 Textabbildungen. Preis M. 3.—

* **Die Organisation der Normalisierung bei der Firma Orenstein & Koppel — Arthur Koppel A.-G., Berlin.** Von Adolf Santz, Berlin. Preis M. —.50

* **Grundzüge für die Normalisierung zur Verminderung der Zeichenarbeit im Konstruktionsbüro.** Von Adolf Santz, Berlin. Preis —.50

* **Die Ausnutzung der Normalisierung zur Verminderung der Zeichenarbeit im Konstruktionsbüro.** Von Adolf Santz, Berlin. Preis M. —.50

* **Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher:** auf geheftete 20⁰/₀, auf gebundene 30⁰/₀.