

Härten und Vergüten

Dr. Ing. Eugen Simon

 Springer

Zur Einführung.

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können.

Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Bisher sind erschienen:

- Heft 1: Gewindefschneiden. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Von Oberingenieur O. M. Müller.
- Heft 2: Meßtechnik. Zweite, verbesserte Auflage. (7.—14. Tausend.) Von Professor Dr. techn. M. Kurrein.
- Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbauwerkstätten. Zweite, völlig neubearbeitete Auflage. (13.—18. Tausend.) Von Ing. Fr. Klautke.
- Heft 4: Wechselräderberechnung für Drehbänke. (7.—12. Tausend.) Von Betriebsdirektor G. Knappe.
- Heft 5: Das Schleifen der Metalle. Zweite, verbesserte Auflage. Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.
- Heft 6: Teilkopfarbeiten. (7.—12. Tausend.) Von Dr.-Ing. W. Poekrandt.
- Heft 7: Härten und Vergüten.
1. Teil: Stahl und sein Verhalten. Dritte, verbess. u. vermehrte Aufl. (18.—24. Tsd.) Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 8: Härten und Vergüten.
2. Teil: Praxis der Warmbehandlung. Dritte, verbess. u. vermehrte Aufl. (18.—24. Tsd.) Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 9: Rezepte für die Werkstatt. 2. verbess. Aufl. (11.—16. Tsd.) Von Dr. Fritz Spitzer.
- Heft 10: Kupolefenbetrieb. 2. verbess. Aufl. Von Gleßereidirektor C. Irresberger.
- Heft 11: Freiformschmiede.
1. Teil: Technologie des Schmiedens. — Rohstoffe der Schmiede. Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 12: Freiformschmiede.
2. Teil: Einrichtungen und Werkzeuge der Schmiede. Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 13: Die neueren Schweißverfahren. Zweite, verbesserte u. vermehrte Auflage. Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke.
- Heft 14: Modelltschlerei.
1. Teil: Allgemeine, einfachere Modelle. Von R. Löwer.
- Heft 15: Bohren. Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 16: Reiben und Senken. Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 17: Modelltschlerei.
2. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen. Von R. Löwer.
- Heft 18: Technische Winkelmessungen. Von Prof. Dr. G. Berndt.
- Heft 19: Das Gußeisen. Von Ing. Joh. Mehrtena.
- Heft 20: Festigkeit und Formänderung. Von Studienrat Dipl.-Ing. H. Winkel.
- Heft 21: Einrichten von Automaten.
1. Teil: Die Systeme Spencer und Brown & Sharpe. Von Ing. Karl Sachse.
- Heft 22: Die Fräser. Von Ing. Paul Zieting.
- Heft 23: Einrichten von Automaten.
2. Teil: Die Automaten System Gridley (Einspindel) u. Cleveland u. die Offenbacher Automaten. Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil.
- Heft 24: Stahl- und Temperguß. Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 25: Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. Von Dr.-Ing. Walter Sellin.
- Heft 26: Räumen. Von Ing. Leonhard Knoll.
- Heft 27: Einrichten von Automaten.
3. Teil: Die Mehrspindel-Automaten. Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil.
- Heft 28: Das Löten. Von Dr. W. Burstyn.
- Heft 29: Kugel- und Rollenlager (Wälzlager). Von Hans Behr.
- Heft 30: Gesunder Guß. Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 31: Gesenkschmiede. 1. Teil: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke. Von Ph. Schweißguth.
- Heft 32: Die Brennstoffe. Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 33: Der Vorrichtungsbau.
I: Einteilung, Einzelheiten u. konstruktive Grundsätze. Von Fritz Grünhagen.
- Heft 34: Werkstoffprüfung (Metalle). Von Prof. Dr.-Ing. P. Riebensahm und Dr.-Ing. L. Traeger.

Fortsetzung des Verzeichnisses der bisher erschienenen sowie Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte siehe 3. Umschlagseite.

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen.

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

HEFT 8

Härten und Vergüten

Von

Dr.-Ing. Eugen Simon

Zweiter Teil

Die Praxis der Warmbehandlung

Dritte, völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage
(18. bis 24. Tausend)

Mit 116 Abbildungen im Text
und 6 Tabellen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1931

ISBN 978-3-7091-3186-2 ISBN 978-3-7091-3222-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-7091-3222-7

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	3
I. Allgemeine Mittel und Einrichtungen zur Warmbehandlung	3
A. Öfen zum Erhitzen	3
1. Anforderungen. — 2. Die Heizmittel. — 3. Wirtschaftlichkeit. — 4. Wärmeübertragung und flammenlose Verbrennung. 5. Einfüllung der Öfen. — 6. Typische Ofenkonstruktionen. — 7. Öfen mit Schmelzbädern. — 8. Verbundene Öfen. — 9. Dunstabsaugung.	
B. Einrichtungen zum Abkühlen	18
10. Flüssigkeitsbäder. — 11. Abkühlung der Luft.	
C. Öfen zum Anlassen	21
12. Anlaßöfen. — 13. Anlaßflüssigkeiten.	
D. Mittel zur Temperaturmessung	22
14. Glühfarben. — 15. Meßgeräte. — 16. Selbsttätige Temperaturregler und Haltepunktanzeiger. — 17. Behelfsmäßige Mittel.	
II. Das Erhitzen	25
A. Übersicht	25
18. Ausglühen, Härten und Vergüten. — 19. Gründe für die Warmbehandlung.	
B. Betrieb der Öfen	26
20. Auswahl des Ofens. — 21. Temperatur des Erhitzens. — 22. Besondere Rücksicht auf Werkzeugstahl. — 23. Maßnahmen zur Verhütung von Glühspan und Eisenhaut. — 24. Glühdauer.	
C. Mittel zum Halten und Befördern	33
25. Mittel für Einzelbehandlung. — 26. Mittel für Reihenbehandlung.	
D. Öfen für fließende Fertigung	36
27. Bedeutung der fließenden Fertigung. — 28. Konstruktion und Betriebsbedingungen der Fließöfen. — 29. Ausgeführte Konstruktionen.	
III. Das Abkühlen	38
A. Langsames Abkühlen zum Ausglühen	38
30. Art des Abkühlens.	
B. Das Abkühlen zum Härten	39
31. Übersicht. — 32. Wahl des Abschreckmittels. — 33. Menge und Einwirkungsdauer des Kühlmittels. — 34. Bewegung zwischen Werkstück und Flüssigkeit im allgemeinen. — 35. Bewegen des Werkstücks. — 36. Bewegung der Badflüssigkeit. — 37. Besondere Mittel für Schnellstahl. — 38. Teilweise Härtung. — 39. Verziehen und Mittel es zu mildern.	
IV. Das Anlassen	50
40. Übersicht. — 41. Verschiedene Anlaßverfahren. — 42. Anlaßtemperatur.	
V. Das Einsatzhärten	54
A. Einsetzen	54
43. Einsatzmittel. — 44. Anforderungen und Auswahl. — 45. Das Einpacken in feste Mittel. — 46. Örtliches Kohlen. — 47. Das Glühen in festen Mitteln. — 48. Einsetzen im Zyanbad. 49. Zementieren mit Leuchtgas.	
B. Zwischenbehandlung und Härten	59
50. Warmbehandlung nach dem Einsetzen. — 51. Mechanische Behandlung.	
C. Besondere Arten des Einsatzhärtens	59
52. Abbrennen. — 53. Bunthärten. — 54. Einsetzen von Werkzeug- und Vergütungsstahl.	
VI. Reinigen und Richten	60
55. Reinigen. — 56. Richten.	
VII. Ursache und Vermeidung der Fehler. Kontrolle	61
57. Spannungen und Sprödigkeit. — 58. Ursache der Risse. — 59. Kontrolle der Risse. — 60. Ursache ungenügender Härte. — 61. Beseitigen und Vermeiden ungenügender Härte. — 62. Kontrolle der Härte. — 63. Bedeutung der Härteprüfung.	

Vorwort.

Im ersten Teil dieser Arbeit sind Eigenschaften und Verhalten des Stahls beschrieben und nach dem Stand der Wissenschaft erklärt worden. In dem hier vorliegenden zweiten Teil sollen die Mittel und Verfahren der Warmbehandlung beschrieben werden, wie sie die Praxis, gestützt auf Erfahrung und wissenschaftliche Forschung, ausgebildet hat. Wenn dieser Teil im wesentlichen auch ein selbständiges Ganzes ist, so setzt er doch an nicht wenigen Stellen zum vollen Verständnis die Kenntnis des ersten Teils voraus.

Gelegentliche Wiederholungen aus dem ersten Teil waren nicht ganz zu vermeiden, doch wurden sie meist in neuer Form gegeben. Die Teilung des Stoffes konnte nicht streng durchgeführt werden; daher wird man manches im ersten Teil finden, das man im zweiten sucht und umgekehrt.

I. Allgemeine Mittel und Einrichtungen zur Warmbehandlung.

Eine erfolgreiche und wirtschaftliche Warmbehandlung ist nur möglich, wenn die nötigen Einrichtungen vorhanden sind und gut instand gehalten werden. Während für gelegentliches Härten die Einrichtungen aus wenigen allereinfachsten Dingen bestehen können, ist für ständige Warmbehandlung und gar bei Massenerstellung eine vollkommene Einrichtung nicht zu entbehren.

Früher diente ein kleiner, oft dunkler Raum oder eine Ecke der Schmiede zum Härten; seit Beginn des Jahrhunderts ist man jedoch immer mehr dazu übergegangen, die Warmbehandlung in besondere, geräumige, helle Werkstätten zu verlegen, die mit allen erdenklichen Hilfsmitteln versehen sind. Von allgemeinen Hilfsmitteln sind unentbehrlich: Gas, Wasser, Preßluft, Elektrizität und Absauganlage; ferner: Öfen zum Erwärmen, Bäder zum Abschrecken und Anlassen. Von besonderen Mitteln müssen vorhanden sein: Einrichtungen zum Halten, Reinigen und Richten, Geräte zur Temperaturmessung und Härteprüfung, Vorrichtungen zum Befördern. Ferner natürlich alle die Einrichtungen, die eine zweckmäßige Organisation erfordert.

Es ist im Rahmen dieses Heftes nicht möglich, alle die erwähnten Einrichtungen oder gar die Anlage von Härtereien und Vergütereien ausführlich zu besprechen; dagegen sollen die wichtigsten Öfen, Bäder und Werkzeuge und die Verfahren näher beschrieben werden.

A. Öfen zum Erhitzen.

Die Öfen, in denen zum Ausglühen, zum Härten oder Einsatzhärten erhitzt wird, sind nach Größe und Aufbau sehr verschieden.

1. Anforderungen. Die Anforderungen an einen guten Ofen sind nur teilweise für alle Öfen dieselben, sind zum Teil für Härte- und Einsatz- bzw. Glühöfen verschieden:

1. Gemeinschaftliche Anforderungen:
 - a) der Ofen muß betriebsicher und zuverlässig sein,
 - b) er muß leicht und schnell instandzusetzen und -zuhalten sein,
 - c) er muß wirtschaftlich arbeiten.

2. Besondere Anforderungen an den Härteöfen:

- a) die Temperatur muß schnell auf jede gewünschte Höhe einzuregeln sein,
- b) die Temperatur muß sich leicht auf einer bestimmten Höhe halten lassen, ohne größere Schwankungen als höchstens $\pm 10^\circ$ (möglichst $\pm 5^\circ$),
- c) die Temperatur soll im ganzen Glühraum gleichmäßig sein,
- d) die Temperatur soll durch Einbringen des Werkstücks nicht stark absinken und schnell wieder auf die alte Höhe kommen,
- e) die Oberfläche des Glühguts soll nicht angegriffen werden,
- f) der Betrieb soll bequem, sauber und ruhig sein.

3. Besondere Anforderungen an den Einsatzöfen:

- a) beim Anheizen soll die Temperatur rasch und ohne großen Brennstoffverbrauch auf etwa 1000° kommen,
- b) die Arbeitstemperatur von $800 \div 950^\circ$ soll bequem für viele Stunden oder gar Tage zu halten sein, ohne größere Schwankungen als etwa $\pm 20^\circ$.

2. Die Heizmittel (Brennstoffe). Außer den festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen¹ wird auch elektrischer Strom benutzt.

Bei festen Brennstoffen (Kohle, Koks, Brikett) sind im allgemeinen die reinen Heizmittelkosten am niedrigsten, dagegen die Anforderungen II a, b, c usw. (Abschnitt 1) nur unzureichend erfüllbar. Bei Härteöfen werden daher die festen Brennstoffe immer mehr durch Öl, Gas und Elektrizität verdrängt, während sie für Einsatzöfen durchaus wirtschaftlich sein können.

Gas ist heute wohl der wichtigste Brennstoff für alle Arten Härteöfen. Für kleine und mittlere Härtereien wird überwiegend Leuchtgas benutzt. Das ist an sich zwar teuer (auf die Wärmeeinheit gerechnet), da es aber fast überall bequem zur Verfügung steht, und der Betrieb mit ihm, wie mit allem Gas, sparsam, einfach, sauber ist und überhaupt alle Bedingungen unter II erfüllt, so ist seine Verwendung durchaus wirtschaftlich.

Für große Anlagen ist Generatorgas oder dergleichen weit billiger als Leuchtgas und auch für kleine Härtereien dann, wenn etwa zugleich große Schmiedeöfen zu beheizen sind. Große einzelne Öfen verbindet man wohl unmittelbar mit einer Art Generator: „Halbgasöfen“, die etwa in der Mitte zwischen kohle- und gasgefeuerten Öfen stehen.

Während die Öfen für feste Brennstoffe meist mit „natürlichem Zug“ durch den Schornstein arbeiten, ist das für Gasöfen, überhaupt die eigentlichen Härteöfen, unzulässig: einmal ist der Schornsteinzug ungeeignet, weil er Luft nicht nur durch die Brenner ansaugt, sondern auch durch Ritzen, Spalten und besonders offene Türen, so daß örtliche Abkühlungen und ungleiche Temperaturen im Glühraum entstehen, sodann aber genügt er bei weitem nicht und wäre für Brenner- und Mischerkonstruktion unzureichend. Er darf nur zur Beförderung der Abgase benutzt werden.

Gasöfen arbeiten stets mit Überdruck; es werden drei verschiedene Arten der Luftzufuhr und Mischung verwandt:

1. Pressen der Luft: die Verbrennungsluft wird durch Kapselgebläse oder Ventilator angesaugt und unter Druck ($250 \div 1500$ mm W.-S.) mit dem Gas gemischt. Gas und Luft sind getrennt regelbar.

2. Pressen des Gases: das Gas, das durch ein Kapselgebläse auf $3000 \div 8000$ mm W.-S. gepreßt wird, saugt sich beim Ausströmen aus der Düse die nötige Verbrennungsluft selbst an. Besonders wichtig ist dies Verfahren für Ferngas, da es bereits mit hohem Druck geliefert wird. Es führt nur ein einziger Rohrstrang zum Ofen.

¹ Näheres s. Heft 32: Kothny, Die Brennstoffe.

3. Gas und ein Teil der Luft werden in einer Maschine gemischt und gepreßt; beim Ausströmen aus der Düse saugt das Gemisch die noch fehlende Luft an (Selas-Verfahren).

Wärmewirtschaftlich ist die Heizung mit Gas der mit festen Brennstoffen außerordentlich überlegen, weil Gas nicht nur vollständig verbrannt werden kann, sondern auch mit nur wenig mehr als der rechnerisch nötigen Luftmenge. Es brauchen also nicht, wie bei den festen Brennstoffen, große Mengen überschüssiger Luft mit erwärmt zu werden, so daß sehr hohe Verbrennungstemperaturen erzielt werden können. Neuerdings verwendet man viel Einrichtungen, die das einmal eingestellte Gas-Luft-Gemisch selbsttätig, das ist ohne Zutun des Arbeiters, unverändert erhalten, trotz wechselnden Verbrauchs und schwankenden Drucks. Dabei läßt sich das Gas-Luft-Verhältnis nach Wunsch einstellen: für völlige Verbrennung (4÷5 Teile Luft auf 1 Teil Gas), so daß im Ofen eine „neutrale“ Atmosphäre herrscht, für Luftüberschuß, so daß die Gase „oxydierend“ wirken (Sauerstoff abgeben), für Gasüberschuß, so daß die Verbrennungsgase „reduzierend“ wirken (Sauerstoff an sich reißen).

In steigendem Maße hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten neben der Gasheizung die Ölheizung eingeführt, bei der das Öl in besonderen Brennern durch Preßluft sehr fein zerstäubt und so verbrannt wird. Wenn auch die Temperatur der Öfen bei Ölheizung vielleicht nicht ganz so gleichmäßig zu halten und so leicht regelbar ist wie bei Gas, so ist der Ölbetrieb dafür unabhängig von einer Zentrale, und die Ölflamme ist heißer als die Gasflamme, so daß der Ölofen sehr schnell „hoch“ kommt. Der Ölbetrieb dürfte meist billiger sein als der mit Leuchtgas, teurer als der mit Generatorgas. Schwierigkeiten im Ölbetrieb, wie Verschmutzen (Verkoken) der Brenner, starkes Geräusch usw., haben ihre Ursache meist in ungenügend gleichmäßigem und gutem Öl und unzureichender Konstruktion oder Anordnung der Brenner; bei bestem Öl, wie z. B. Gasöl und richtig angeordneten Niederdruckbrennern, treten sie nicht auf.

Elektrischer Strom zur Ofenheizung hat alle Vorzüge des Gases (gleichmäßige Ofentemperatur, gute Regelbarkeit und Anpassungsfähigkeit, sauberer, einfacher, bequemer Betrieb) in erhöhtem Maß. Dazu kommt, daß die stofflose Elektrizität weder natürlichen noch künstlichen Zugs bedarf, ebensowenig wie sie Rauch oder Ruß verursacht.

Ein gewisser Nachteil ist es, daß im elektrischen Glühofen kein Überdruck herrscht, der größte Nachteil sind die hohen Stromkosten, wenigstens fast überall in Deutschland. Trotzdem werden elektrische Salzbadöfen sehr viel gebraucht und in langsam steigendem Maß auch elektrische Glühöfen, sogar in ganz großen Abmessungen zum Vergüten und Einsatzhärten.

3. Wirtschaftlichkeit. Unter den gemeinschaftlichen Forderungen in Abschnitt I ist auch die nach „wirtschaftlichem“ Betrieb gestellt.

Es ist wohl selbstverständlich, daß dafür nicht etwa der wärmetechnische Wirkungsgrad der Feuerung ausschlaggebend ist; aber auch die Kosten für die Heizung und selbst die gesamten Betriebskosten, einschließlich Abschreibung, Verzinsung und Instandhaltung des Ofens, sind nicht ohne weiteres ein brauchbarer Maßstab für die Wirtschaftlichkeit. Denn Leistungsfähigkeit des Ofens, Güte der Arbeit und Einfachheit und Sauberkeit des Betriebs, die für die Härterei von größter Bedeutung sind, müssen, ebenso wie die unmittelbaren Kosten, für die Beurteilung herangezogen werden.

Eine gute Vergleichsmöglichkeit der Kosten für Brennstoff, Preßluft usw. und der zum Hochfeuern und Umstellen der Temperatur nötigen Zeit geben die Ofen-

schaubilder nach Böhm¹ (Abb. 1). Ähnlich geben die Schaubilder der Firma Benno Schilde, Hersfeld, für ihre Öfen den für bestimmte Leistungen nötigen Gasverbrauch an (Abb. 2).

In Abb. 1 sind für einen mit Generatorgas geheizten Härteofen im unteren Teil des Schaubilds (bis zur *O*-Linie) die Temperaturen des Ofens (Linie *O*), die Temperaturen des Heizgases (Linie *G*) der Luft (Linie *L*) und des Abgases (Linie *A*) angegeben, und zwar in Abhängigkeit von der Zeit, die auf der Waagerechten in Stunden (h) aufgetragen ist. Im oberen Teil der Bilder ist der Verbrauch an Heizgas (Linie *G*) und Preßluft (Linie *L*) angegeben in Kubikmetern für die Stunde (m^3/h), der in jedem Augenblick nötig ist, um die Temperaturen des Ofens (Linie *O*) zu erreichen.

Aus Abb. 2 ist der Verbrauch an Preßgas für eine bestimmte Leistung folgendermaßen zu ermitteln: auf der Senkrechten links sind die zu erwärmenden Stahlmengen in kg/h aufgetragen, auf der Senkrechten rechts der Gasverbrauch in m^3/h . Die dicke Linie ist die „Ofenlinie“, die dünnen geben die Temperaturen für die Glühung. Sollen nun im Ofen z. B.

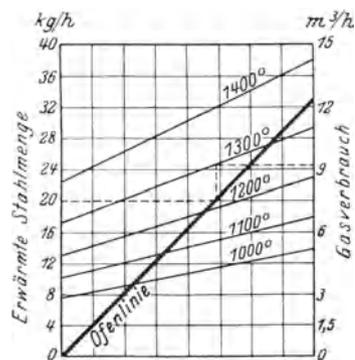


Abb. 1. Ofenlinien (nach Böhm).

in der Stunde 20 kg Stahl auf 1300° erwärmt werden, so findet man die dazu nötige Menge Gas, indem man von „20“ links (siehe den gestrichelten Linienzug) waagrecht hinübergreift bis zur „Ofenlinie“, dann senkrecht nach oben (oder nach unten) bis zur Temperaturlinie und dann wieder waagrecht bis zur Senkrechten rechts, auf der der Gasverbrauch abzulesen ist, in diesem Fall etwas über 9 (m^3/h).

Unerlässlich für Betriebseignung und Wirtschaftlichkeit der Öfen ist gute Regelbarkeit der Wärmezufuhr. Denn sie hat sich nicht nur mit der Glühtemperatur zu ändern, sondern muß auch abnehmen, wenn nach dem Einbringen der Werkstücke in den Ofen sich deren Temperatur allmäh-

Abb. 2. Ofenlinien (für einen Schildeofen).

lich der des Ofens nähert und muß schließlich, wenn beide die vorgeschriebene Höhe haben, nur noch die Verluste des Ofens decken.

Nicht minder wichtig sind richtige Baustoffe für die Öfen: innen müssen die Öfen mit besten Schamotteformsteinen ausgemauert sein und um diese muß eine Schicht guter Isoliersteine — oder bei kleineren Öfen Asbestplatten — liegen, damit die Wärmestrahlung nach außen, die Verlust bedeutet, auf sehr geringem Maß gehalten wird. Dazu wird bei großen gemauerten Öfen der Raum über der gewölbten Decke noch mit Asche oder einer Stroh-Lehmschicht ausgefüllt. Das Ganze muß dann durch eiserne Platten, Anker u. dgl. oder durch einen vollständigen gußeisernen oder Blechmantel zusammengehalten werden.

4. Wärmeübertragung und flammenlose Verbrennung. Der größte Teil der zum Erhitzen nötigen Wärme wird durch Strahlung der Flamme und der glühenden Ofenwände auf das Werkstück übertragen. Je größer der Temperaturunterschied

¹ Wärmetechnik im Schmiede-, Glüh- und Härtereibetrieb (Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn).

zwischen den wärmeausstrahlenden Flächen und dem aufnehmenden Werkstück ist, das heißt: je heißer der Ofen ist, um so schneller wird das Werkstück erhitzt, und zwar nimmt die zum Erhitzen nötige Zeit sehr viel schneller ab, als der Temperaturunterschied wächst. Soll daher die Erhitzungszeit recht kurz werden, muß der Ofen erheblich heißer sein (100° und mehr) als die verlangte Endtemperatur des Glühguts. Abb. 3 (nach Böhm) stellt diese Zusammenhänge in einem Schaubild dar: O_1 und O_2 sind die Temperaturlinien des Ofens (einmal bei 980° beginnend, einmal bei 820°) und G_1, G_2 die des im Ofen erhitzten Glühguts, in Abhängigkeit von der Zeit, die auf der Waagerechten aufgetragen ist. Man sieht aus den G -Linien, daß anfänglich die Temperatur des Glühguts rasch steigt, bis sie ungefähr noch 200° von der Ofentemperatur entfernt ist; dann steigt sie zunehmend langsamer. Soll das Glühgut z. B. auf 780° erwärmt werden, so sind dazu bei dem anfänglich 820° warmen Ofen über 2 Stunden nötig, bei dem 980° warmen dagegen nur 40 Minuten.

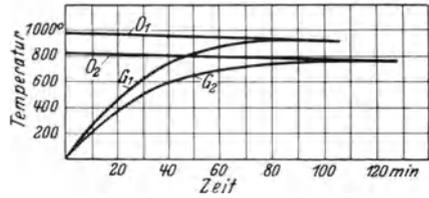


Abb. 3. Wärmeübertragung von Ofen auf Glühgut.

Da aber andererseits die höhere Ofentemperatur die Gefahr der Überhitzung des Werkstückes mit sich bringt, verzichtet man bei empfindlichem Stahl besser auf sie und nimmt die längere Glühzeit mit in Kauf bzw. überhitzt den Ofen höchstens um soviel, wie er durch das kalt eingebrachte Glühgut abfällt.

Berührt die scharfe Flamme, die Stichflamme, das Glühgut, so ist ungleichmäßige Erwärmung und örtliche Überhitzung nicht zu vermeiden. Deshalb sucht man bei Härteöfen das Glühgut vor dieser Flamme zu bewahren, was sowohl durch die Konstruktion des Ofens oder des Brenners als auch durch die Art der Verbrennung möglich ist. Von den Ofenkonstruktionen wird im Abschnitt 6 die Rede sein. Die Wirkung der Brennerkonstruktionen, die eine Flammenbildung verhindern, faßt man als „flammenlose Oberflächenverbrennung“ zusammen. Das Wesen dieser Konstruktion besteht darin, daß das Gas nicht unmittelbar an der Mündung des Brenners verbrennt, sondern in einem anschließenden Kanal, in einer vorgelagerten körnigen Masse o. dgl. und hier vollständig und mit sehr hoher Temperatur, so daß keine eigentliche Flamme entsteht. Wenn auch die Vorgänge bei dieser flammenlosen Verbrennung wissenschaftlich noch nicht völlig geklärt sind — die sogenannte „Katalysatorwirkung“ spielt jedenfalls eine große Rolle dabei — so wird das Verfahren doch von vielen Firmen mit Vorteil benutzt (Aufschlag- oder Kanalbrenner von Benno Schilde, Steinstrahlöfen von Friedr. Krupp, Lamellengatter von Schuchardt & Schütte usw.).

Aber auch ohne solche Konstruktionen läßt sich mit einfachen Brennern eine kurzflammige und unsichtbare Verbrennung erzielen, wenn man mit Gas höherer Pressung arbeitet, wie es das Ferngas (Koksofengas mit $3 \div 20$ at) ist. Das verbrennt in geeigneten Brennern mit einem nur einige Zentimeter hohen blauen Ring, so daß man auch sehr empfindliches Glühgut auf weniger als 20 cm Entfernung an die Brennermündung heranbringen kann.

5. Einteilung der Öfen. Für Zwecke der Härterei teilt man die Öfen zweckmäßig ein nach der Beziehung des Glühguts zur Feuerung in:

1. Öfen, in denen das Glühgut mit dem festen glühenden Brennstoff oder der Stichflamme in Berührung kommt.

- a) Öfen ohne eigentlichen Glühraum,
- b) Öfen mit Glühraum.

2. Öfen, in denen das Glühgut nicht von der Flamme oder wenigstens nicht von der Stichflamme getroffen, wohl aber von den Heizgasen bespült wird.

- a) Öfen ohne besonderen Verbrennungsraum,
- b) Öfen mit besonderem Verbrennungsraum,
- c) Öfen mit flammenloser Oberflächenverbrennung.

3. Öfen, in denen das Glühgut weder von Flammen noch Verbrennungsgasen bespült wird.

- a) Öfen mit Muffel,
- b) Öfen mit elektrischer Heizung,
- c) Öfen mit Schmelzbädern.

6. Typische Ofenkonstruktionen. Gemäß der Einteilung im vorhergehenden Abschnitt sollen hier einige charakteristische Konstruktionen kurz beschrieben, und soll ihre Eignung für das Härten untersucht werden.

Öfen nach 1a: Diese „offenen Feuer“ werden wohl zum Härten von kleinen einfachen Teilen wie Schneidstähle, Meißel, Stempel usw. bei Einzelherstellung benutzt, sonst höchstens noch für größere Teile, wie sie wohl der landwirtschaftliche Maschinenbau gebraucht (z. B. Häckselmesser). Größere Teile laufen immer Gefahr, ungleich erwärmt und stellenweise überhitzt zu werden. Die Temperatur zu messen, ist schwer möglich; man schätzt sie nur nach der Glühfarbe.

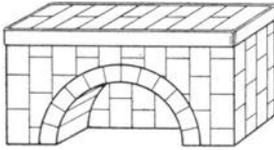


Abb. 4. Schamotteaufsatz.

Vor allem gehört der gewöhnliche Schmiedeherd hierher. Er birgt noch die Gefahr, daß der Stahl beim Erhitzen von dem kalten Wind getroffen wird. Damit das nicht geschieht, muß man dafür sorgen, daß über der Düse eine genügend hohe Schicht Brennstoff liegt. Zweckmäßig geht man außerdem so vor, daß man erst eine starke Glut erzeugt und in die dann das Arbeitsstück hinein legt, nachdem man die Windzufuhr klein gestellt hat. Sehr zu empfehlen, besonders für dauernde hohe Hitze ist es, sich aus glühenden Kohlen eine Art Muffel zu bilden, indem man um ein Holzschicht Kohlen aufhäuft, sie stark zum Glühen bringt, außen ablöscht und dann das Holzschicht herauszieht. Auch ein Schamotteaufsatz nach Abb. 4 ist für das Zusammenhalten der Glut für Dauerbetriebe zweckmäßig.

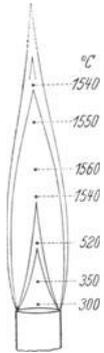


Abb. 5. Temperaturen einer Blaubrenner-Flamme.

In diese Gruppe gehört ferner der einfache Blau- oder Bunsenbrenner für Leuchtgas, der sich seine Luft selbst ansaugt. Zum Heizen von Öfen reicht er zwar nicht aus; daß seine Flamme aber in der oberen Hälfte doch Temperaturen hat, die weit über das zum Härten erlaubte Maß hinausgehen, zeigt Abb. 5. Man muß also bei den kleinen Werkstücken, die man mit einer Zange oder einem Draht in die Flamme hält, vorsichtig sein.

Viel heißer (bis zu 4000°) und auch für größere Teile möglich sind die Flammen der Gasschweißbrenner (Azetylen-Sauerstoff und Wasserstoff-Sauerstoff) und des elektrischen Lichtbogens. Man kann mit ihnen Stellen dicker Werkstücke schnell erhitzen — aber auch leicht verbrennen. Abb. 6 zeigt die Verwendung des elektrischen Lichtbogens mit einer behelfsmäßig in der Werkstatt zusammengebauten Einrichtung zum Erhitzen von Drehstahlschneiden. In weniger als 2 min ist die Schneide eines starken Schneidstahls auf Weißglut. Der Lichtbogen bildet sich zwischen der Kohle und der Stelle der Schneide, die der Kohle am nächsten liegt. Damit ein genügend großes Stück der Schneide erwärmt wird, ist es daher nötig, die Kohle in Kreisform zu bewegen.

Sie muß dabei stets in genügender Entfernung von der Schneide bleiben, damit diese nicht verbrennt.

Das kleine Tischgasfeuer Abb. 7 mit verstellbarer Werkstückauflage und klappbarem Deckel stellt einen Übergang zu den Öfen mit Glühraum dar, da oben durch den Deckel und hinten durch einen Stein der Raum abgeschlossen werden kann. Auch werden die Werkstücke — Schneidstähle, Meißel u. dgl. — nicht mehr ausschließlich durch die Flamme erhitzt, und die atmosphärische Luft kann nicht mehr ungehindert Zutreten und die erhitzte Oberfläche verzundern.

Öfen nach 1b und 2a:
Zwischen diesen beiden Gruppen ist in der Konstruktion

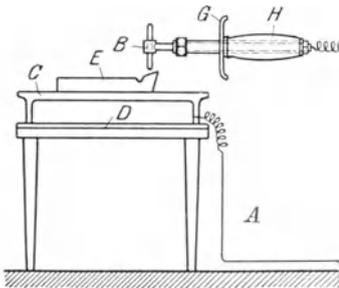


Abb. 6. Elektrischer Lichtbogen zum Erhitzen von Stählen. *A* Stromzuführung, *B* Elektrode, *C* Auflage, *D* Isolierung, *E* Drehstahl, *G* Schutzscheibe, *H* Handgriff.



Abb. 7. Tisch-Gasfeuer (Schuchardt & Schütte A.G.).

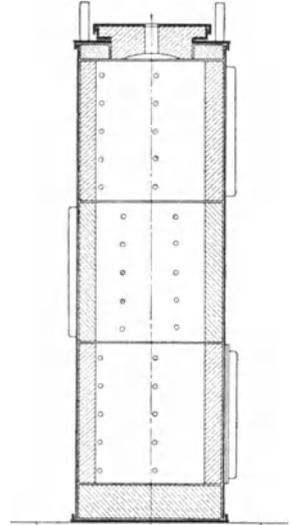


Abb. 8. Senkrechter Zylinderofen.

insofern grundsätzlich kein Unterschied, als sie beide keinen besonderen Verbrennungsraum haben. Die Verschiedenheit liegt darin, daß bei 2a die Flammen weniger oder gar nicht, und daß besonders keine Stichflammen an das Glühgut kommen.

Mehr zur Gruppe 1b gehört der senkrechte Zylinderofen Abb. 8, der zum Erhitzen langer Teile, wie Achsen,

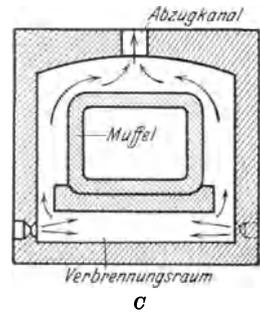
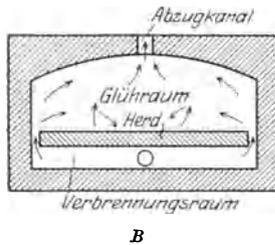
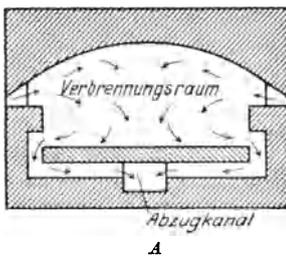
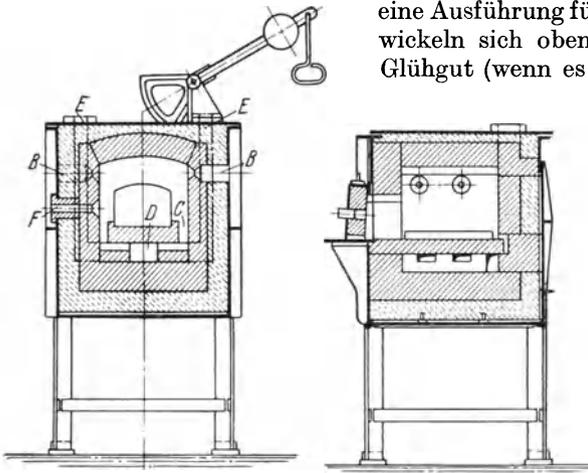


Abb. 9. Schematische Skizzen der Hauptbauformen der Glühöfen für Gas- und Ölfeuerung. *A* Kammerofen (Oberfeuerung), *B* Plattenglühofen (Unterfeuerung), *C* Muffelofen (Außenfeuerung).

Wellen, Geschützrohre, Flaschen, Scherenmesser, Stehbolzenbohrer, Räumnadeln u. dgl. sich vorzüglich eignet. Die Teile hängen von oben frei in den Ofen, so daß sie gleichmäßig erwärmt werden und sich nicht verbiegen können. Der Ofen wird durch Gas geheizt, indem rings um den Mantel in Schraubengängen von unten bis oben Brenner liegen, und zwar tangential. Infolgedessen werden die Werkstücke nicht von den Stichflammen getroffen, sondern es bildet sich eine umlaufende Flammenglut, die die Werkstücke gleichmäßig erwärmt. Der Ofen ist im übrigen aus Schamotte- und Isoliersteinen aufgebaut und außen mit Stahlblech umkleidet,

in dem die Brenner befestigt sind. Solche Öfen sind schon bis 12 m Höhe und 2,5 m Durchmesser ausgeführt worden. Große Werkstücke können mit dem Kran leicht ein- und ausgebracht werden.

Zur Gruppe 2a gehört der Kammerofen, von dem Abb. 9 A ein Schema, Abb. 10



eine Ausführung für Selasgas zeigt: die Flammen entwickeln sich oben unter der Decke, so daß sie das Glühgut (wenn es nicht zu hoch ist) nicht berühren.

Die Brenner, einzeln abstellbar, liegen auf beiden Seiten gegenüber einander versetzt oben in der Kammer. Die Verbrennungsgase treten durch die langen schmalen Öffnungen *C* unter den Herd, streichen durch den Sammelkanal *D* und verlassen den Ofen durch die senkrechten Kanäle *E*.

Öfen nach 2b: In diese Gruppe gehören vor allem die Öfen mit Unterfeuerung, die sogenannten Plattenglühöfen, die, gas- oder ölfueuert, den größten Teil der Härteöfen ausmachen (Abb. 9 B).

Die Brenner liegen in einem Raum unter der Herdplatte, so

Abb. 10. Kammerofen (Salas AG., Berlin). *B* Brenner, *C* Abgasöffnungen, *D* Sammelkanal, *E* senkrechte Abgaskanäle, *F* Öffnung für Pyrometer, *////* Schamottesteine, *---* Isoliersteine.

daß nur die Abgase, nicht die Flammen in den Glühraum kommen durch lange schmale Öffnungen zu beiden Seiten der Herdplatte. Abb. 11 zeigt links einen

kleinen Härteofen dieser Bauart mit Luftvorwärmung, eingerichtet für Abgasverwertung oder unmittelbare Befuerung; Abb. 12 einen großen gemauerten Einsatz- und Glühofen für Öl- oder Gasfueuerung: nachdem die

Verbrennungsgase gemäß den eingezeichneten Pfeilen den Herd von allen Seiten umzogen haben, streichen sie in einen Sammelkanal, durch Abzuglöcher in den Vorwärmer und von da in den senkrechten Sturzkanal, der mit einem unterirdischen Kanal und dem Schornstein verbunden ist.

Für Temperaturen über $1100 \div 1200^\circ$, wie sie zum Härten von Schnellstahl nötig sind, ist der Plattenglühofen mit ausschließlicher Verbrennung unter der Herdplatte nicht sehr

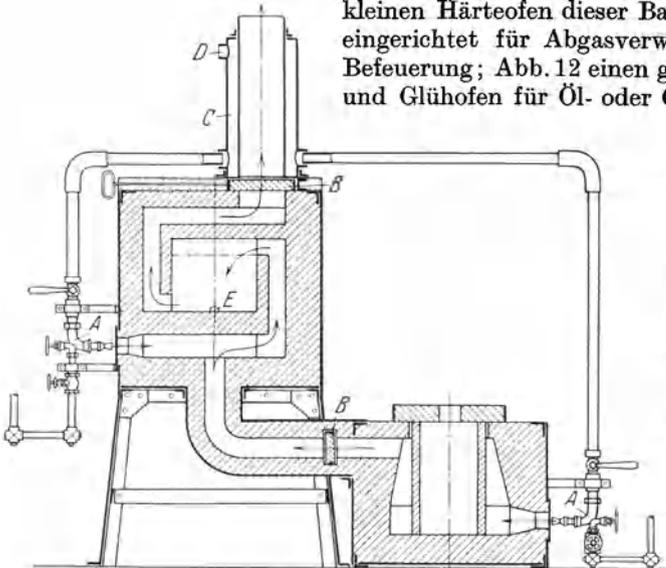


Abb. 11. Vereinigte Muffel- (rechts) und Plattenglühofen (links). (Gebrüder Pierburg, Berlin.) *A* Brenner, *B* Absperrschieber, *C* Luftvorwärmung, *D* Lufteintritt, *E* Öffnung für Pyrometer.

geeignet, weil die Platte leicht weich wird. Da andererseits beim Kammerofen der Herd nicht leicht heiß genug wird, empfehlen sich am meisten Öfen mit Heizung

über und unter dem Herd, also vereinigte Kammer- und Plattenglühöfen. Abb. 13 zeigt einen derartigen Ofen, und zwar mit flammenloser Oberflächenverbrennung durch Kanalbrenner (siehe Abschnitt 4).

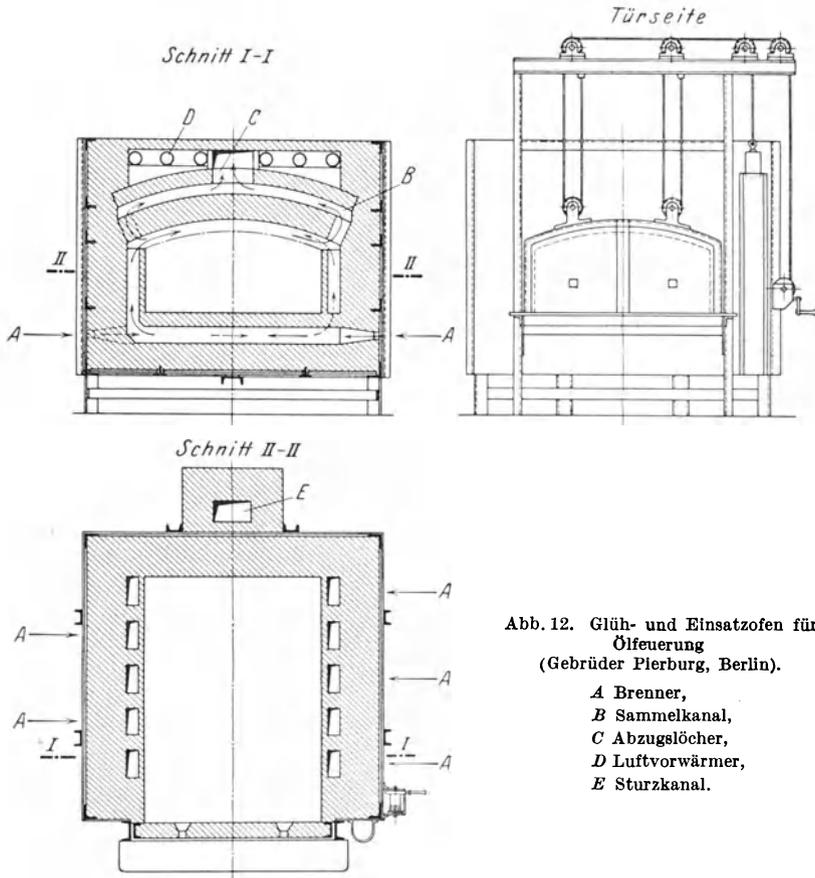


Abb. 12. Glüh- und Einsatzofen für Ölfuerung (Gebrüder Pierburg, Berlin).

- A Brenner,
- B Sammelkanal,
- C Abzugslöcher,
- D Luftvorwärmer,
- E Sturzkanal.

Einen Ofen, der auch zur Gruppe 2b gehört, weil er einen besonderen Verbrennungsraum hat und weil zum mindesten keine Stichflammen in den Glühraum kommen, stellt Abb. 14 dar. Es ist ein gemauerter Glüh- und Einsatzofen für festen Brennstoff, der auf einem Rost verbrannt wird. Die Verbrennungsgase ziehen über die Feuerbrücke auf den Herd und streichen dann durch 4 kleine senkrechte Kanäle zum Fuchs, der in den Schornstein führt.

Im Gegensatz zu vielen Härteöfen haben die Ofen Abb. 12 u. 14 recht viel Masse. Dadurch nehmen sie zwar zunächst auch viel Wärme auf, erleichtern es aber, die Temperatur lange Zeit einigermaßen auf gleicher Höhe zu halten, wie es zum Einsetzen nötig ist. Je öfter und schneller bei einem Ofen die Temperatur

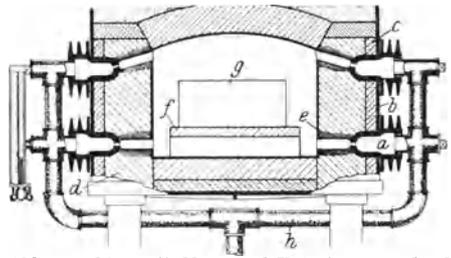


Abb. 13. Ofen mit Ober- und Unterfeuerung durch Kanalbrenner (Schilde, Hersfeld). a Brenner, b Ummantelung, c Isolierung, d Ausmauerung, e Katalysator, f Herdplatte, g Werkstück, h Verteilungsleitung.

geändert werden muß, um so weniger Masse bzw. in ihr aufgespeicherte Wärme darf er haben.

Öfen nach 3a: Abb. 9C zeigt ein Schema der Anordnung: die Muffel wird von außen geheizt, meist durch Gas oder Öl; weder Flamme noch Verbrennungsgase kommen in die Muffel, in die das Glühgut gelegt wird. Trotz dieses Vorzuges wird der Muffelofen nicht sehr viel benutzt: die Betriebskosten sind höher, da die Muffel

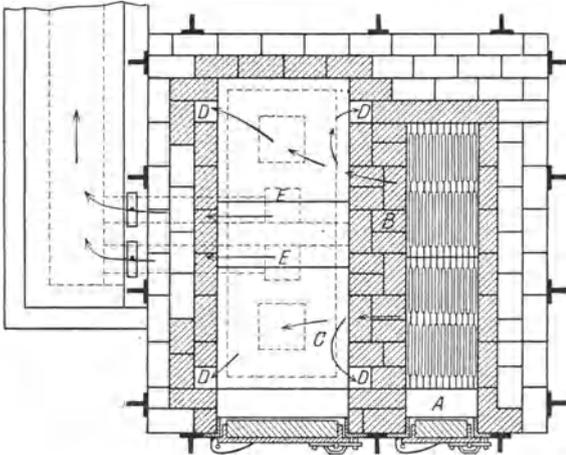
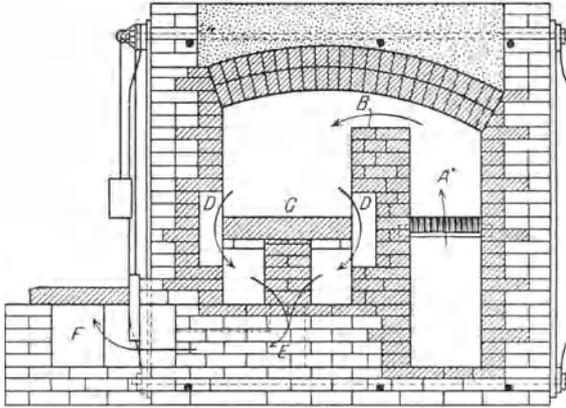


Abb. 14. Einsatzöfen für festen Brennstoff. A Rost, B Feuerbrücke, C Herd, D senkrechte Kanäle, E waagerechte Kanäle, F Fuchs.

Abb. 11 rechts zeigt einen kleinen senkrechten Muffelofen für Schaftwerkzeuge u. dgl.

Öfen nach 3b: Die Erzeugung von Wärme ist die einzige Aufgabe des elektrischen Stromes in den elektrisch geheizten Öfen. Abgesehen von den unmittelbar geheizten Salzbadern (siehe Abschnitt 7) wird der Strom stets in besonderen Heizwiderständen in Wärme umgewandelt: mittelbare Widerstandsheizung. Die Heizwiderstände bestehen aus hoch feuerfesten Stoffen, und zwar für Temperaturen bis 1000 oder auch bis etwa 1100° aus Chromnickel (etwa 80% Ni und 20% Cr), über 1100° aus Silit (einer keramischen Masse). Chromnickel wird in Drahtspiralen oder Bändern verwandt, Silit in Stäben. Silit ist schwer herzustellen und empfindlich gegen mechanische Beanspruchung (Erschütterungen, Stöße u. dgl.), so

ab und zu ersetzt werden muß und der Brennstoffverbrauch größer ist, und die Temperatur in der Muffel ist weniger gleichmäßig als im Kammer- und Plattengluhofen. Vor allem aber schützt die Muffel die Stahloberfläche doch nicht völlig. Während nämlich im offenen Glühraum, in den die Verbrennungsgase eintreten, ein Überdruck herrscht, so daß durch Risse, Spalten usw., die nie ganz fehlen, nur etwas verbranntes Gas nach außen tritt, gleicht sich bei der Muffel der Druck innen und außen ständig aus, indem die erhitzte leichtere Luft durch Risse usw. oben im Ofen und durch den oberen Teil der geöffneten Tür austritt und von unten kalte atmosphärische Luft nachströmt.

Diese Strömungen sind nie ganz zu vermeiden; man sucht sie aber durch seltenes Öffnen der Tür, Ausbessern der Ausmauerung usw. gering zu halten, so daß Verzundern und Entkohlen als Folge der Luftbewegungen erst bei höheren Temperaturen oder längeren Glühzeiten erheblich zu werden pflegen.

daß es nur für kleinere und mittlere Öfen und auch da nur mit Vorsicht benutzt werden kann. Chromnickelwiderstände dagegen können bequem jedem Zweck angepaßt werden. Meist werden sie in Nischen der Schamotteauskleidung verlegt, so daß sie ihre Wärme frei auf das Glühgut ausstrahlen können. Bei waagerechten Glühkammern liegen sie mindestens auf 2 Seiten, oft auf allen 4 und außerdem unter der Bodenplatte und auch wohl unter der Decke. Bei senkrechten Schachtofen liegen sie im Kreise in der Innenwand.

Die Schamotteschicht ist, wie bei Gas- und Ölofen, von Isoliersteinen umgeben, die auch wieder durch Eisengehäuse usw. zusammengehalten werden.

Die Stromzufuhr muß sehr gut regulierbar sein, da sie ja die Wärme gibt und daher das gilt, was in Abschnitt 3 über deren Regelbarkeit gesagt ist.

In bezug auf die Wirkung auf die Oberfläche des Glühguts gleicht der elektrische Glühofen dem Muffelofen: Luftbewegungen sind nicht völlig zu verhindern, so daß bei hohen Glühtemperaturen (von vielleicht 900—1000° an) oder langer Glühzeit die Oberfläche merkbar zündert und entkohlt. Abb. 15 zeigt einen langen Kammerofen mit (nicht sichtbarem) ausfahrbarem Herd. In Nischen der Seitenwände sieht man deutlich die Heizspiralen.

Einen elektrischen Ofen, der selbsttätig die zum Härten richtige Temperatur anzeigt, Haltepunkt-ofen genannt, zeigt Abb. 16. Über die Haltepunkte ist im ersten Teil näheres gesagt; sie geben die Temperatur an, bis zu der der Stahl mindestens erhitzt werden muß, über die hinaus er aber nur um 20—40° erhitzt werden soll (siehe auch Abschnitt 16). Der Ofen ist ein senkrechter Schacht. Der Heizwiderstand, eingebettet in keramische Masse, bildet den inneren Ringraum, der von einer starken Isolierschicht umgeben ist. Außen hält ein Blechmantel den Ofen zusammen, während unten eine starke gußeiserne Platte, oben ein gußeiserner Ring mit Deckel ihn abschließen.

Elektrische Schachtofen werden, wie gasbeheizte, für jede verlangte Tiefe aus-

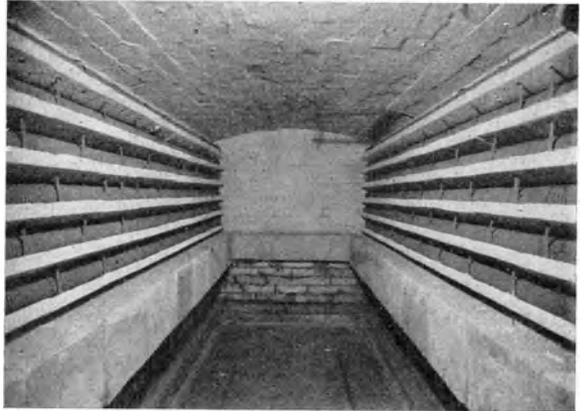


Abb. 15. Elektrischer Kammerofen mit ausfahrbarem Herd (AEG).

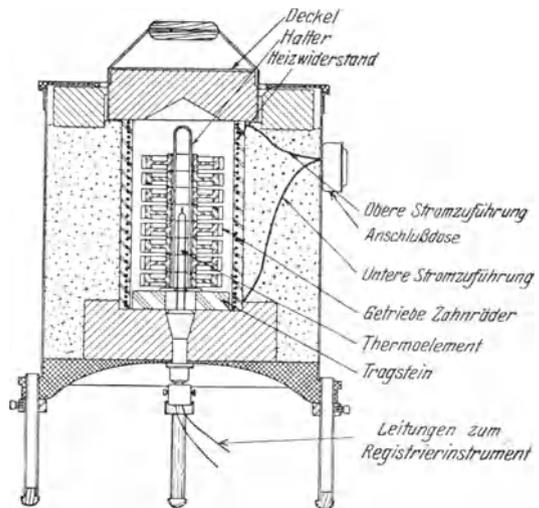


Abb. 16. Haltepunkt-ofen (M.E.C.I., Düsseldorf).

geführt (siehe Abb. 40 S. 34: elektrisch geheizter Schachtofen zum Vergüten von langen Geschützrohren).

Öfen nach 3c sollen wegen ihrer Wichtigkeit im folgenden Abschnitt gesondert behandelt werden.

7. Öfen mit Schmelzbädern. In diesen Öfen wird das Glühgut ausschließlich durch Berührung erwärmt und zwar durch Eintauchen in eine hochoverhitzte Flüssigkeit aus Salz oder Metall (Blei), die sich in einem Tiegel befindet, der von außen durch Gas oder Öl, aber auch wohl durch Koks oder Elektrizität erhitzt wird.

Vorzüge der Schmelzbäder. Die Bäder haben vor den Öfen mit Glühraum folgende Vorzüge: 1. Die Temperatur ist im Bad erheblich gleichmäßiger als im Glühraum (ausgenommen vielleicht den elektrisch geheizten). 2. Das Bad wärmt die Werkstücke sehr schnell durch, so daß gar kein Anlaß besteht, es heißer zu halten als das Werkstück werden soll. Es werden daher auch dünne Teile, vorspringende Stellen und Kanten der Werkstücke nicht überhitzt. 3. Das Bad ist oben völlig frei und offen, so daß man bequem herankommt und leicht Werkstücke auch stellenweise erhitzen kann durch Eintauchen nur des einen Endes. So erhitzt man alle Schaftwerkzeuge, Köpfe oder Enden von Schrauben, Bolzen usw. 4. Dünne Teile haben keine Gelegenheit sich zu verbiegen, da sie im Bad senkrecht hängen. 5. Entkohlen und Verzundern der Oberfläche ist durch Abschluß der Werkstücke von der Luft und den Verbrennungsgasen ausgeschlossen oder kann — bei gewissen Salzen — durch zweckmäßige Mischung verhindert werden.

Die Tiegel oder Wannen. Für Blei und Temperaturen bis höchstens 1000° genügen Tiegel aus Stahl. Besser als Stahlguß ist Walzstahl, aus dem die Tiegel nahtlos gezogen werden mit kugelförmigem Boden (für durchgebrannte Böden kann man neue autogen oder elektrisch anschweißen). Salz greift Stahl stark an, so daß man für Salzbäder die Tiegel vielfach aus besonders korrosions- und feuerfesten Legierungen herstellt. Besser als alitiertes (in der Außenschicht mit Aluminium legierter) Stahl hat sich Chrom- und Chromnickelstahl bewährt (mit Chromgehalt bis 10 und Nickelgehalt bis 50%) und rein Chromnickel (mit Nickelgehalt bis über 80%), aber auch nur bis höchstens 1000°. Alle diese Stoffe sind natürlich ganz erheblich teurer als gewöhnlicher Stahl, weswegen immer zu prüfen ist, ob die Mehrkosten durch die längere Lebensdauer aufgewogen werden. Zu berücksichtigen ist auch, daß das Salz, indem es den Tiegel zerstört, mit dem Eisen leicht Eisenoxyde bildet, die elektrolytische Ätzwirkungen am Werkstück hervorrufen. Für Temperaturen bis 1300 und 1400° kommen nur Graphittiegel (mit Ton oder Schamotte) in Betracht, aber auch sie halten nur 1÷2 Tage. Dauerhafter für so hoch erhitzte Salzbäder sind einzig Schamottewannen, in denen das Salz unmittelbar durch den elektrischen Strom erhitzt wird. Dabei halten massive Wannen länger (3÷4 Monate) als aufgemauerte, die auch mehr Arbeit beim Erneuern verlangen.

Die Badflüssigkeit. Es sollen hier zunächst nur die Flüssigkeiten zum Erwärmen über 700° (für das Härten) besprochen werden. Folgende Anforderungen sind an sie zu stellen:

1. sie dürfen die Stahloberfläche nicht beschädigen (durch Zundern, Entkohlen, Zufuhr von Schwefel usw.)
2. sie dürfen bei der Gebrauchstemperatur nicht stark verdampfen
3. sie dürfen sich an das Werkstück nicht so ansetzen, daß sie das Abkühlen erschweren
4. sie sollen möglichst unschädlich für den Härter sein
5. sie sollen wirtschaftlich sein.

Für Temperaturen bis etwa 900° werden Salze oder Blei benutzt, für höhere Temperaturen nur Salze.

Blei, das bei 327° schmilzt, kann über etwa 900° nicht gut benutzt werden, weil es zu stark verdampft. Es hat vor Salz den Vorzug, daß es die Stahl-tiegel weniger angreift: mit Blei hält der Tiegel 5÷8 Wochen, mit Salz dagegen nur 8÷10 Tage. Daß Blei viel schneller erhitzt als Salz, ist oft erwünscht, zuweilen aber auch nicht. Ein Nachteil des Bleies ist es, daß infolge seines hohen spezifischen Gewichtes die Werkstücke auf ihm schwimmen¹, wenn sie nicht hineingehalten werden, daß sich leicht kleine Klümpchen am Werkstück festsetzen und daß seine Dämpfe giftig sind. Auf der Oberfläche verschmutzt das flüssige Blei leicht, weil sich durch Berührung mit der Luft Bleioxyd bildet (was jedoch dadurch vermieden werden kann, daß man die Badoberfläche mit kleinen Holzkohlenstückchen oder leicht schmelzenden Salzmischungen bedeckt).

Für Temperaturen von 1100 bis über 1300° wird hauptsächlich reines Chlorbarium (Bariumchlorid) benutzt. Nach längerem Gebrauch beginnt es jedoch die Werkstücke oberflächlich zu entkohlen, vermutlich, weil sich im Bad etwas Bariumoxyd (BaO) bildet, dessen Sauerstoff aus aufgelöster atmosphärischer Luft stammt. Um das zu verhindern, setzt man dem Bad einige % Borax oder Ferrosilicium zu.

In Tabelle 1 sind die in der Härterei meist benutzten Salze mit Schmelzpunkt und Preis zusammengestellt, während Tabelle 2 die für die verschiedenen Temperaturen brauchbaren und meist verwendeten Salze und Metalle angibt.

In letzter Zeit werden vielfach Salze angeboten und auch benutzt, deren Zusammensetzung geheim gehalten wird, deren Preis höher ist, die dafür aber besondere Eigenschaften haben sollen:

vor allem wird für sie der Anspruch erhoben, daß sie die Werkstückoberfläche keinesfalls angreifen, weder verzundern noch entkohlen, ihr eher noch etwas Kohlenstoff zuführen. Solche Salze enthalten meist Zyanverbindungen, besonders Zyankali und sind daher giftig. (Über die Salze zum regelrechten Zementieren siehe Abschnitt 40).

Fast allen Salzen gemeinsam ist die Eigenschaft, das Werkstück mit einer dünnen Kruste zu überziehen, die beim Abschrecken in Wasser, Öl o. dgl. abspringt, so die Härtung nicht hindert, wohl aber beim Herüberbringen vom Ofen zum Abkühlbad die Berührung mit der Luft.

Die Badöfen. Sie werden zweckmäßig mit Gas oder Öl geheizt, Kohle oder Koks sind weniger zu empfehlen. Dagegen spielen für Schnellstahl auch die unmittelbar geheizten elektrischen Bäder eine große Rolle.

Abb. 17 zeigt einen Salzbadofen für hohe Temperaturen mit Selasgasheizung. Der Tiegel wird durch 2 × 3 tangential liegende Brenner erhitzt; die Abgase verlassen den Ofen durch einen seitlichen Kanal. Ein Mantel mit Arbeitstür schützt den Härter.

Tabelle 1. Die in der Härterei meist benutzten Salze.

Salz	Schmelzpunkt °	Preis ¹ RM/100 kg
Bariumchlorid [BaCl ₂]	960	36
Bariumnitrat [Ba(NO ₃) ₂]	593	78
Calciumchlorid [CaCl ₂]	780	42
Calciumnitrat [Ca(NO ₃) ₂]	499	156
Kaliumchlorid [KCl]	790	42
Kaliumnitrat [KNO ₃]	336	66
Kaliumcyanid [KCN]	695	312
Natriumchlorid [NaCl]	820	48
Natriumnitrat [NaNO ₃]	319	48
Natriumnitrit [NaNO ₂]	851	66

¹Nach Preisliste der Schering-Kahlbaum A.-G., Berlin.

¹ Das gilt nicht für kleine Teile mit verhältnismäßig großer Oberfläche: dünne Spiralbohrer z. B. „stehen“ im Blei, wenn man sie an die Tiegelfwand oder an ein quer über den Tiegel gelegtes Eisen anlehnt.

Eine zweckmäßige Aufhängung von Tiegeln, die es unbedingt verhindert, daß beim Überlaufen Salz in den Verbrennungsraum kommt und hier die Schamottesteine zerstört, zeigt Abb. 18.

Abb. 19 zeigt ein Schema des unmittelbar geheizten elektrischen Salzbadofens. Ein Blechmantel,

Tabelle 2. Zum Erwärmen benutzte Flüssigkeiten.

Temperatur °	Salze	Metalle	Öle
1400			
1300			
1200	Rein-Bariumchlorid (Chlorbarium)		
1100			
1000	1 ÷ 2 Tle Bariumchlorid		
900	1 Teil Kaliumchlorid (Chlorkalium)		
800			
700	Gemische von: Bariumchlorid Kaliumchlorid Natriumchlorid Calciumchlorid	reines Blei	
600			
500			
400	1 Teil Kaliumnitrat (Kalialpeter)	2 Teile Blei	fette Öle oder Gemische aus fetten und Mineralölen
300	1 Teil Natriumnitrat (Natronalpeter)	3 Teile Zinn	
200	1 Teil Kaliumnitrat		
100	1 Teil Natriumnitrit		
0			

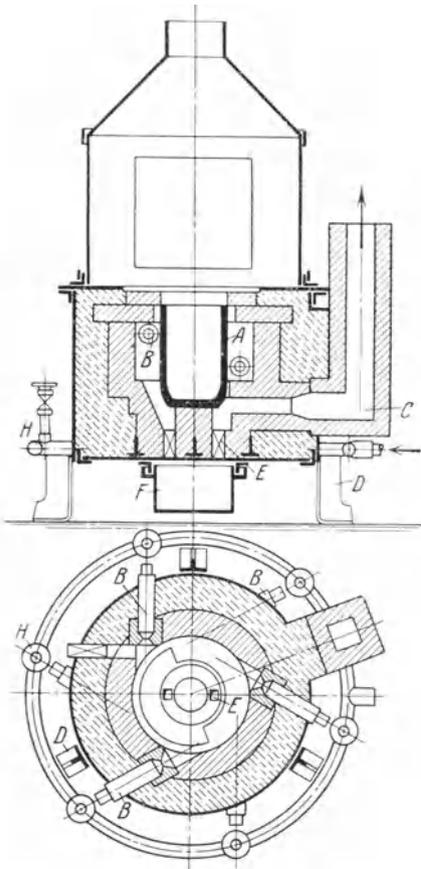


Abb. 17. Tiegelofen mit Selasgasheizung. A Tiegel, B Brenner, C Abgaskanal, D Füße, E Kanäle, F Auffangschale (für Badflüssigkeit bei Tiegelbruch), H Gasverteilungsleitung mit Absperrventilen.

durch Winkeleisen zusammengehalten, ist innen mit einer 25 mm starken Schicht Asbest ausgekleidet, dahinter kommt Ziegelmauerwerk, wieder eine Asbestschicht von 25 mm Stärke, und dann die Ausmauerung von hochfeuerfesten Steinen. In den so gebildeten Badraum hinein ragen die Elektroden, die den Strom zuführen.

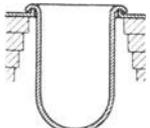


Abb. 18.

Wenn der Ofen abgekühlt und das Salz erstarrt ist, hat es nur eine sehr geringe Leitfähigkeit für den Strom; der Ofen muß daher in folgender Weise wieder in Betrieb gesetzt werden: man hebt an der Oberfläche des Salzes eine schmale Rinne aus und legt eine Kohle hinein, die man mit dem ausgehobenen Salz bedeckt und dann mit einer Handelektrode¹ berührt (siehe Abb.). Die Kohle erwärmt sich stark und bringt das Salz in ihrer unmittelbaren Nähe zum Schmelzen. Ist der ganze Kanal mit flüssigem Salz gefüllt, fließt durch dieses hindurch ein Strom,

¹ Neuerdings am AEG-Ofen besondere Hilfselektrode.

und es wird dann nach und nach das ganze Salz geschmolzen. Die Temperatur wird durch Verändern der Stromstärke reguliert.

8. Verbundene Öfen. Der Wärmegehalt der Brennstoffe wird im Härteofen schlecht ausgenutzt, zum Teil deshalb, weil die Abgase noch recht viel Wärme fortführen. Man läßt daher bei manchen Öfen wohl die Verbrennungsluft durch die Abgase vorwärmen (siehe Abb. 11 u. 12); besser wird die Abwärme jedoch ausgenutzt, wenn man durch sie einen zweiten Ofen heizt, der dann zum Vorwärmen des Glühguts dienen kann.

So zeigt Abb. 20 einen Doppelkammergasofen, bei dem das Gas in der unteren Kammer verbrennt, während die obere Kammer von den

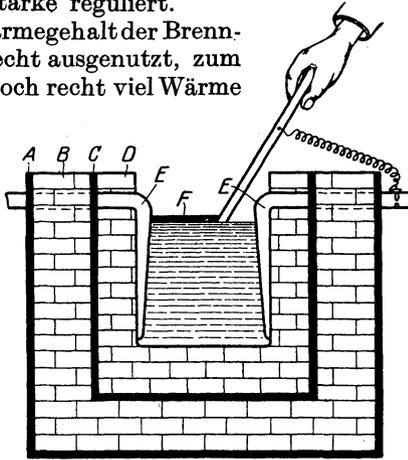


Abb. 19. Elektrisch geheiztes Salzbad. A Blechmantel, B Ziegelmauerwerk, C Asbestschicht, D Schamottesteine, E Elektroden, F Kohle.

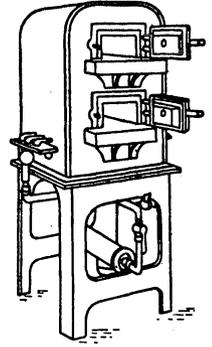
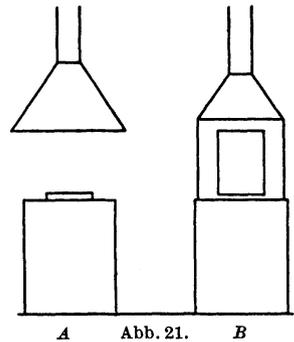


Abb. 20. Doppelkammerofen.

Abgasen vorgewärmt wird und in Abb. 11 (S. 10) heizen die Abgase des senkrechten Muffelofens den Plattenglühofen (links), der allerdings auch unmittelbar geheizt werden kann. An Stelle des Muffelofens kann natürlich auch ein Salzbadofen o. dgl. treten.

Der Abgasofen ist immer $300 \div 400^\circ$ weniger warm als der Hauptofen. Deshalb lohnt sich solche Vereinigung nur, wenn der Hauptofen mindestens über 800° warm sein muß.

9. Dunstabsaugung. Während Öfen für feste Brennstoffe an einen Schornstein angeschlossen werden müssen, ist das für Gas- und Ölöfen nur bei den großen ortsfesten Ausführungen üblich, und nur zum Fortleiten der Abgase (siehe Abschnitt 2). Auch bei mittleren und kleineren Öfen ist es fast immer erwünscht, oft unbedingt nötig, die Abgase und Dämpfe so abzuführen, daß sie den Härter nicht belastigen. Für Glühöfen genügen einfache Dunsthauben (Abb. 21.A), die an eine Absaugleitung angeschlossen sind, für Blei- und Salzbad sind dagegen völlig umschließende Mäntel mit Arbeitsöffnung (Abb. 21.B) um so nötiger,



A Abb. 21. B

je stärker die Bäder verdampfen und je giftiger sie sind. Auch Abkühlbäder aus Talg und Öl brauchen derartige Mäntel, wenn die Luft in der Härterei rein bleiben soll. Statt der Einzelmäntel kann man auch mehrere Öfen unter einem Abzug aufstellen, der durch eine Wand mit Tür oder bis zur Arbeitshöhe abgeschlossen ist.



Abb. 22. Werkzeughärterei (Loewe-Gesfürel).



Abb. 23. Spiralbohrerhärterei (R. Stock & Co.).

Abb. 22 zeigt eine große Werkzeughärterei, bei der die Glühöfen, Salz- und Bleibäder und auch die Ölabschreckbäder Mäntel haben, und bei der außerdem die Raumluft unter der Decke noch abgesaugt wird. Abb. 23 zeigt eine Werkzeughärterei, bei der die Absaugeleitungen unterirdisch geführt werden.

B. Die Einrichtungen zum Abkühlen.

Rasch abgekühlt (abgeschreckt) wird meist in kühlen Flüssigkeiten, manchmal an kühlen festen Körpern; langsamer abgekühlt in kühlen oder warmen Flüssigkeiten oder in bewegter Luft. Doch hängt die Geschwindigkeit der Abkühlung nicht nur von dem Kühlmittel ab, sondern auch von den Abmessungen des Werkstücks und dem Zustand seiner Oberfläche.

10. Flüssigkeitsbäder. Sie bestehen aus Behältern verschiedener Art und Größe mit einer Flüssigkeit.

a) Die Flüssigkeiten. Sie härten verschieden stark, je nach ihren physikalischen Eigenschaften, und zwar ist ihre Abschreckwirkung um so stärker, je schneller die Flüssigkeit die Wärme vom Werkstück aufnimmt (Wärmeleitung), je mehr Wärme sie aufnehmen kann für eine Temperaturerhöhung von 1° (spezifische Wärme), je mehr Wärme sie zum Verdampfen nötig hat (Verdampfungswärme) und je dünnflüssiger sie ist (Zähigkeit oder Viskosität).

Aber auch chemische Wirkungen der Flüssigkeit können eine Rolle spielen: die Flüssigkeit kann einen Niederschlag absetzen, der die Härtung hemmt, oder sie kann solchen Niederschlag, wenn er vorhanden ist, auflösen. Sie kann ferner die Werkstückoberfläche „angreifen“, z. B. entkohlen oder verzundern, sie kann ihr aber auch, das Hartwerden fördernd, Kohlenstoff oder Stickstoff (bzw. beides) zuführen.

Drei Hauptgruppen von Flüssigkeiten werden zum Abschrecken benutzt: Wasser und wässrige Lösungen, Öle und Fette, geschmolzene Salze und Metalle. Die erste Gruppe wirkt am stärksten, die letzte am schwächsten, wobei es aber in jeder Gruppe große Unterschiede in der Abschreckwirkung gibt.

Wasser: Gewöhnliches Wasser enthält stets größere oder kleinere Mengen von Salzen, besonders Kalksalze, von denen die „Härte“ des Wassers herrührt; diese Salze stören die Härtung wahrscheinlich dadurch, daß sie einen feinen Niederschlag (von Kalziumkarbonat) auf der Oberfläche der glühenden Werkstücke bilden. Daher härten weiches Wasser, wie Quell-, Regen- und Kondenswasser und altes gebrauchtes Wasser, die alle wenig von diesen Salzen enthalten, besser als frisches Leitungswasser. Jedes Wasser kann aber die Härtung noch dadurch beeinträchtigen, daß es unmittelbar am glühenden Werkstück zersetzt wird und der freiwerdende Sauerstoff die Werkstückoberfläche oxydiert.

Durch Zusatz von Kalk, Seife, Alaun, Glyzerin oder dgl. wird die Abschreck-

wirkung des Wassers herabgesetzt, weil alle diese Zusätze die oben erwähnten physikalischen Eigenschaften des Wassers vermindern und manche auch noch einen feinen Niederschlag absetzen. Sehr gemildert wird die Wirkung des Wassers auch durch eine Ölschicht, die man auf das Wasser gibt und die das Werkstück mit einer Haut überzieht.

Es gibt auch Zusätze, die die Abschreckwirkung des Wassers erhöhen und auch von denen wird häufig Gebrauch gemacht: Kochsalz und Säure (Schwefelsäure, Ameisensäure usw.). Da auch diese Zusätze sämtlich die Wärmeleitung, spezifische Wärme usw. des Wassers herabsetzen, kann ihre Wirkung nur darin bestehen, daß sie einen Niederschlag oder eine Oxydschicht der Werkstückoberfläche auflösen.

Vielfach wird von Natur geeignetes oder durch Zusätze geeignet gemachtes Wasser nicht fortgegossen, sondern immer weiter benutzt und nur das, was verdunstet, durch Zugießen ersetzt.

Stark angesäuertes Wasser hat den Nachteil, daß die Werkstücke hinterher rosten, wenn sie nicht in heißem Sodawasser abgespült werden. Eine starke Kochsalzlösung mit Zusatz von Schwefelsäure gibt den Teilen eine silbergraue Oberfläche.

Öle wirken um so stärker, je geringer ihre „Viskosität“ oder Zähigkeit ist, das heißt je dünnflüssiger sie sind. Es können sowohl die aus dem Tier- und Pflanzenreich stammenden „fetten“ Öle (wie Rüböl, Leinöl, Tran, Knochenöl, Schmalzöl, Talg usw.) allein benutzt werden, wie auch Gemische aus fetten und Mineralölen (Petroleum, Maschinenöl). Mineralöle allein sind dagegen weniger geeignet. Allgemein muß von den Ölen verlangt werden, daß sie nicht zu leicht entflammen, nicht zu „zäh“ sind, nicht schlecht riechen, nicht ranzig werden und die Haut nicht angreifen, besonders keine Krätze verursachen, wie es schlecht gereinigte tierische Öle und Fette leicht tun.

Es bleiben immer einige Übelstände: fette Öle verkohlen und zersetzen sich am glühenden Werkstück, so daß sie, manchmal in verhältnismäßig kurzer Zeit, schlecht werden; Mineralöle werden allmählich immer dicker, weil die flüchtigeren Bestandteile zuerst verdunsten. Bei Gemischen muß man daher ab und zu etwas Mineralöl nachgeben.

Man stellt wohl — besonders in Amerika — nach nicht bekannt gewordenen Verfahren sogenannte Abschrecköle her, die diese Mängel nicht haben sollen.

Geschmolzene Salze und Metalle werden zum Abschrecken meist zwischen 500 und 700° benutzt (für Schnellstahl), doch auch herunter bis zu 150°. Welche von ihnen vorzugsweise verwendet werden, das kann der Tabelle 2 entnommen werden.

Außer allen bislang besprochenen Stoffen werden vielfach Lösungen, Mischungen, Legierungen geheim gehaltener Zusammensetzung zum Abkühlen angeboten, und für sie besonders günstige Eigenschaften beansprucht. In vielen Fällen werden sie die vielleicht auch haben, doch ist es immer schwierig festzustellen, ob die höheren Kosten sich bezahlt machen. Manche werden sich dadurch auszeichnen, daß sie die Wärme mit günstiger Geschwindigkeit abführen und so Verziehen und Reißen mindern, andere, daß sie die Werkstückoberfläche in keiner Weise angreifen, wieder andere, daß sie ihr sogar ein klein wenig Kohlenstoff oder Stickstoff zuführen und damit die Härte erhöhen.

Im übrigen müssen alle Flüssigkeiten rein sein. Sie dürfen weder Schmutz noch andere Fremdkörper enthalten, die sich an die Werkstücke ansetzen und die Härtung stellenweise hindern oder gar die Oberfläche schädigen könnten.

Außer von der Art der Flüssigkeit hängt die Schnelligkeit der Abkühlung noch von der Temperatur der Flüssigkeit ab. Die Abkühlung ist um so schroffer,

je niedriger die Temperatur ist, ohne daß jedoch die Abschreckwirkung gleichmäßig mit wachsender Temperatur abnehme. Wasser, wäßrige Lösungen und Öl hält man meist auf Raumtemperatur (etwa 20°), doch machen geringe Unterschiede nichts aus. Bei Wasser ist z.B. bis etwa 30 oder 35° eine Änderung kaum zu bemerken; bei 80–100° allerdings wirkt es ganz wesentlich schwächer, so daß man für mildes Abschrecken an Stelle von Öl wohl heißes Wasser nimmt. Die können einander jedoch nicht völlig ersetzen: anfänglich kühlt heißes Wasser etwa ebenso schnell oder auch langsamer als Öl, dann aber viel schneller. Für sehr mildes Abschrecken werden die oben besprochenen höher erhitzten Bäder benutzt.

b) Die Behälter.

Für gelegentliches Abschrecken von kleinen Teilen genügt irgendein Topf mit Flüssigkeit. Zweckmäßiger ist ein Gefäß, das auf einen Ständer bequem in der Nähe des Härteofens gestellt werden kann, mit einem Sieb, damit man die hineingeworfenen Teile leicht herausholen kann.

Für dauerndes Arbeiten genügt jedoch solche Einrichtung nicht, denn die Flüssigkeit würde schnell warm werden und dann immer milder

wirken. Man muß also dafür sorgen, daß die Temperatur der Flüssigkeit sich nicht wesentlich erhöht und möglichst überall gleich ist. Die einfachste Einrichtung dazu ist ein Gefäß wie Abb. 24, in das fortwährend Wasser aus- und einfließt. Das Wasser tritt durch Löcher in einem Rohrring, der unten liegt, ein, durchströmt das ganze Gefäß und tritt oben aus dem Überlauf wieder aus. Das hat zugleich den Vorteil, daß die Temperatur im Bad durch die andauernde Strömung sich gut ausgleicht, den Nachteil, daß immer frisches Wasser zum Härten benutzt wird. Das vermeidet das Wasser- und Öl-

bad Abb. 25: Zwei Gefäße, eins für Wasser, eins für Öl, stehen in einem Behälter, in dem Kühlwasser umläuft. Um gleichmäßige Temperatur im ganzen Bad zu haben und das Werkstück

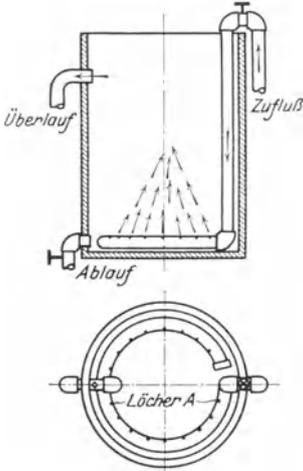


Abb. 24. Kühlbad mit unmittellbar zufließendem Wasser.

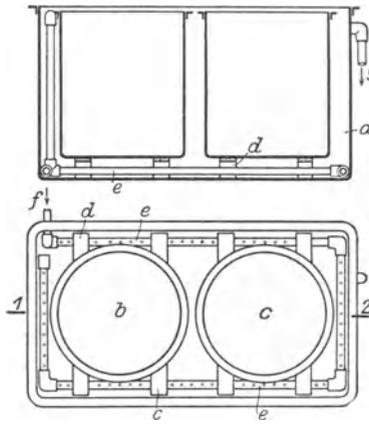


Abb. 25. Kühlbad mit mittelbarer Wasserkühlung. *a* Behälter für die Wasserkühlung, *b* und *c* Gefäße für die Kühlflüssigkeiten (Wasser und Öl), *d* Aufnahmeisen, *e* Rohrleitung, *f* Wasserzufluß, *g* Überlauf.

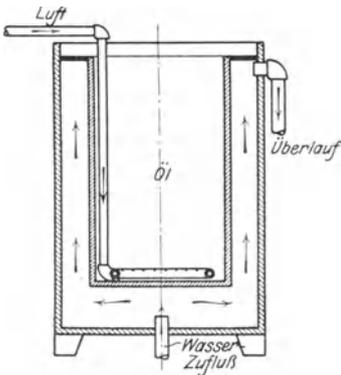


Abb. 26. Wassergekühltes Ölbad mit Bewegung durch Luft.

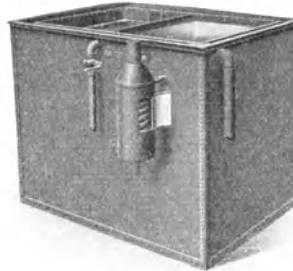


Abb. 27. Kühlbad mit Heiz- und Kühlvorrichtung.

Um gleichmäßige Temperatur im ganzen Bad zu haben und das Werkstück

gleichmäßig abzukühlen, leitet man vielfach Preßluft in das Bad. Abb. 26 zeigt die Anordnung für ein durch laufendes Wasser gekühltes Ölbad. Auch das gut durchgebildete Wasser-Ölbad Abb. 27 hat eine solche „Aufquellvorrichtung“. Die Kühlflüssigkeiten können nicht gekühlt, sondern auch durch die vorne sichtbare Vorrichtung erwärmt werden.

Für Öl ist das Kühlhalten besonders wichtig, weil sonst die Gefahr besteht, daß es zu brennen beginnt. Ein Entflammen der unmittelbar die Oberfläche des glühenden Werkstücks berührenden Ölschicht schadet nicht, da die Flamme meist gleich erlischt. Für alle Fälle sollten aber Ölbadern einen dicht schließenden Deckel haben, damit die Flamme erstickt werden kann.

Für große Anlagen, besonders in Vergütereien, genügt das Kühlen durch Wasser im Bad selbst nicht, das Öl muß umlaufen: vom Bad durch Reiniger und Kühler

zurück ins Bad. Das Schema einer derartigen, ganz neuzeitlichen „Rückkühlanlage“ zeigt Abb. 28: das warme Öl fließt durch eine Überlauftasse und ein Grobfilter in eine Pumpe, die es durch ein Feinfilter und anschließend durch den Kühler drückt. Das gekühlte Öl tritt durch ein Rohrsystem am Boden des Bades aus und steigt, sich langsam erwärmend, in starkem Fluß nach oben.

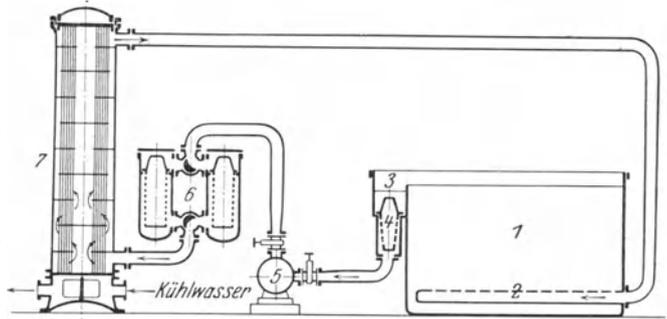


Abb. 28. Schema einer Öl-Rückkühlanlage (Zimmermann & Co., Ludwigshafen). 1. Bad, 2. Ölverteiltrohr, 3. Überlauftasse, 4. Grobfilter, 5. Ölpumpe, 6. Feinfilter (umschaltbar), 7. Kühler.

So gelingt es, das Öl ausreichend kühl zu halten auch bei sehr großen Werkstücken und bei fließender Fertigung, und die starke Strömung sorgt für gleichmäßige Kühlung der Werkstücke und verhindert, daß sich Öldampfblasen an ihnen ansetzen.

Die Behälter für Öl zum Abkühlen sehr großer Werkstücke (Vergüten von Achsen, Geschützrohren u. dgl.) werden aus Beton gemauert und sind oft viele Meter tief.

Zum Abkühlen in flüssigen Salzen und Metallen werden die früher beschriebenen Schmelzöfen benutzt.

11. Abkühlung in Luft. Hineinstellen bzw. -hängen des glühenden Stücks in die Luft genügt nicht immer; man wünscht oft größere Bewegung. Früher erzeugte man sie wohl durch Bewegen des Werkstückes (schwenken oder drehen mit einer Scheibe), heute läßt man das Werkstück meist ruhig stehen und bläst es mit Gebläseluft ab, die trocken sein muß, weil die Teile sonst leicht reißen. Ein Überdruck von 1 at genügt durchaus, wenn die Luftmenge groß genug ist. (Sondervorrichtungen für bestimmte Zwecke, siehe Abschnitt 34).

C. Öfen zum Anlassen.

Angelassen — zwischen 100 und 700° — wird meistens in Flüssigkeitsbädern, vorwiegend aus Öl und Blei, doch auch aus Salz. Weiter werden Heißluftbäder und die in Abschnitt 6 beschriebenen Glühöfen benutzt und für besondere Zwecke: erhitzte Platten, Sandbäder usw. (siehe Abschnitt 38).

12. Anlaßöfen. Abb. 29 zeigt einen Ofen zum Anlassen kleinerer Teile, besonders Werkzeuge, in Öl, Talg oder auch Salz bei niedrigen Temperaturen bis etwa 350 oder

400°. Das gußeiserne zylindrische Bad wird durch 2 Brenner erhitzt; ein durchbrochener Behälter ist eingesetzt, damit die Teile die stets etwas heißere Wand des Bades nicht unmittelbar berühren können. Einen ähnlichen Ofen, doch vollkommenerer Konstruktion und durch die rechteckige Form besser für längliche Teile geeignet, zeigt Abb. 30. Man sieht auch den Siebkorb, der viel benutzt wird, die Teile bequem ins Bad und wieder heraus zu bringen. Größere Siebe werden mit einem Flaschenzug verbunden oder durch eine

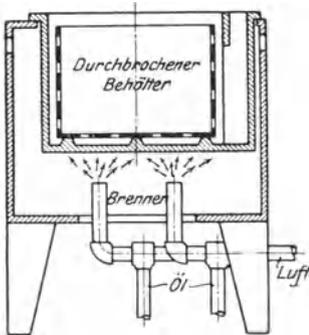


Abb. 29. Anlaßofen, rund.

kleine Winde gehoben, kleinere Siebe richtet man wohl auch schwenkbar ein.

Wird ungewöhnlich hohe Gleichmäßigkeit der Anlaßtemperaturen verlangt, wie z. B. zum Altern von Parallelendmaßen, so heizt man elektrisch und treibt das Erwärmungsmittel, Luft

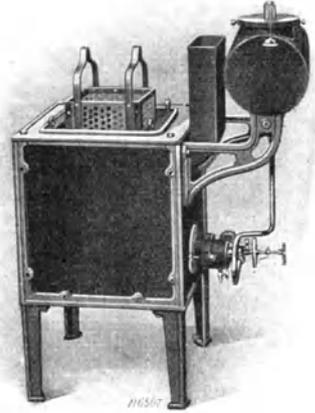


Abb. 30. Anlaßofen mit Ölfueuerung, rechteckig (Schuchardt & Schütte).

oder Öl, durch eine Pumpe kräftig um. So gelingt es, die Temperatur an allen Stellen des Bades bis auf ganz wenige Grad genau einzuhalten.

13. Anlaßflüssigkeiten. a) Anlaßöle. Von den Anlaßölen muß, wie von den Abschreckölen, verlangt werden, daß sie einigermaßen rein sind, nicht übel riechen und nicht ranzig werden; dann aber ganz besonders, daß ihr Flamm- und Brennpunkt genügend höher liegt als die Temperatur, auf die sie erwärmt werden. Sonst wäre diese Temperatur überhaupt nicht oder nicht ohne Gefahr zu erreichen. Der Flamm- und Brennpunkt, das ist die Temperatur, bei der die aus den Ölen entweichenden Gase entzündbar sind, schwankt bei Mineralölen zwischen 110° bei leichten „Spindelölen“ und 320° bei schweren „Zylinderölen“; bei fetten Ölen liegt er zwischen 300° und 320°. Der Brennpunkt, das heißt die Temperatur, bei der das Öl selbst entzündbar ist, liegt bei allen Ölen 30÷50° höher als ihr Flamm- und Brennpunkt.

b) Andere Anlaßflüssigkeiten. Welche Metalle und Salze für die verschiedenen Temperaturen benutzt werden können, geht aus Tabelle 2 hervor, die zugleich auch die Öle enthält. Ebenso wie zum Erhitzen und Abschrecken werden auch zum Anlassen besondere, in ihrer Zusammensetzung nicht bekannt gegebene Mischungen von Ölen oder Salzen angeboten.

D. Mittel zur Temperatur-Messung.

14. Glühfarben. Bekanntlich glühen alle Körper, die erhitzt werden, von einer bestimmten Temperatur an, erst kaum sichtbar, dunkelrot, dann, mit steigender Temperatur, immer stärker und heller bis zum leuchtenden Weiß.

Die Glühfarben treten stets in derselben Reihenfolge auf, so daß zu jeder Glühfarbe eine ganz bestimmte Temperatur gehört, und man also aus der Glühfarbe auf die Temperatur schließen kann. Tabelle 3 gibt links die Glühfarben mit zugehörigen Temperaturen an.

In früheren Zeiten bestimmte man die Glüh-temperatur ausschließlich nach der Glühfarbe, und es ist nicht zu leugnen, daß erfahrene und gewissenhafte Härter

damit sicher und gleichmäßig arbeiten können. Die Aufgabe besteht darin, nach der Erinnerung eine bestimmte Glühfarbe genau zu treffen. Da die Außenbeleuchtung die Beurteilung der Glühfarben beeinflusst, so hat man vielfach, um vom wechselnden Einfluß der Beleuchtung frei zu bleiben, die Härterei in einen dunklen Raum verlegt oder die Fenster verschlossen.

Richtiger ist es aber, ihr einen hellen nach Norden gelegenen Raum zu geben und die Fenster blau zu verglasen. So erhält man das für moderne Härtereien unentbehrliche, möglichst gleichmäßige Licht, das zugleich die Glühfarbe sehr gut erkennen läßt.

Tabelle 3. Glüh- und Anlaßfarben.

Glühfarben	Temperatur in °	Anlaßfarbe	Temperatur in °
beginnendes Rot	625	mattes Hellgelb	220
dunkelrot	700	hellgelb	225
beginnendes Kirschrot } kirschrot	800	strohgelb dunkelgelb	235 245
helles Kirschrot	900	gelbbraun	255
dunkelorange	1000	beginnendes Rotbraun }	265
hellorange	1100	purpurrot	275
weiß	1300	starkes Purpur	285
Weißglut	1400	dunkelblau	295
blendende Weißglut	1500 ÷ 1600	hellblau	310
		grau	325

Je mehr verschiedene Stahlsorten zu behandeln waren und je genauer die Glühtemperaturen eingehalten werden sollten, um so mehr ist es üblich geworden, dem Härter die richtige Temperatur in Celsiusgraden (°) vorzuschreiben und ihm zugleich in geeigneten Meßgeräten die Mittel zu geben, diese Temperatur objektiv messen zu können. Ganz unabhängig von der Glühfarbe ist man aber auch mit diesen Meßgeräten nicht: vor allem messen die meist benutzten Geräte nur die Temperatur des das Werkstück umgebenden Raums, und man muß meist nach der Glühfarbe bestimmen, ob das Werkstück diese Temperatur angenommen hat. Weiter benutzt eine Gruppe von Geräten die Glühfarbe selbst für ihre Messung und schließlich dient die Glühfarbe immer als Gegenkontrolle zur Sicherheit gegen gröbliche Fehler, sei es des Geräts, sei es der Ablesung.

Der Härter soll das Meßgerät (Pyrometer) nicht als Kontrolle über sich, sondern als Helfer und Berater für sich empfinden; dann wird es den größten Nutzen bringen.

15. Meßgeräte. Für niedrige Temperaturen, wie sie beim Anlassen vorkommen, dienen Thermometer, für höhere Temperaturen die sogenannten Pyrometer. Es ist nicht möglich, hier auf die Konstruktion dieser Geräte näher einzugehen; die Firmen, die sie herstellen, schicken auf Wunsch Prospekte. Die Zusammenstellung Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die in Frage kommenden Geräte mit Angabe der Höchsttemperatur und der Hersteller.

Dazu ist noch zu bemerken: Die Quecksilberglasthermometer können mit Zeichengeber für bestimmte Temperatur, alle übrigen Thermometer und Pyrometer mit Selbstschreibern verbunden werden, die bei elektrischer Temperaturanzeige an beliebig entfernter Stelle aufgestellt werden können.

Thermometer und Thermolemente messen den das Glühgut umgebenden Raum, in den sie mit ihrem wirksamen Teil hineinreichen müssen. Bei hohen Temperaturen leidet dieser Teil sehr, am meisten in Salzbadern, so daß er öfters nachgeprüft und erneuert werden muß, trotz Schutzrohr. Die Ganz- und Teilstrahlungs-pyrometer bleiben dagegen außerhalb des Ofens — man visiert durch das Fernrohr den Glühraum nur an — so daß sie durch die Hitze nicht leiden. Man kann mit ihnen wohl jede Stelle des Glühraums messen, dagegen nicht das Innere von Badern und Kästen, wohl aber wieder die Temperatur des Werkstücks im Ofen,

Tabelle 4. Verzeichnis der Temperatur-Meßgeräte und ihrer Hersteller.

Grundlage der Messung	Art und Bezeichnung	Ausführung	für Temperaturen bis °	Hersteller (alphabetisch geordnet)
Ausdehnung flüssiger und fester Körper	Quecksilber-Glas-Thermometer in Metallfassung	gewöhnlich	300	Eydam & Krieger, Ilmenau Arthur J. Förster, Chemnitz-Schönau
		mit Stickstofffüllung (bis 20 at)	550	
	Quecksilber-Metallrohr-Thermometer	Quecksilber unter hohem Druck in festem oder biegsamem Metallrohr	600	Arthur J. Förster, Chemnitz-Schönau Steinle & Hartung, Quedlinburg
	Stab-Ausdehnungs-Thermometer	Stab (oder Rohr) aus Stahl	800	
		Stab (oder Rohr) aus Nickelstahl oder Graphit	1100	
Thermoelektrischer Strom	Thermoelemente	Elemente aus: Kupfer-Konstantan	400	Bopp & Reuther, Mannheim Hartmann & Braun, Frankfurt a. M. W. C. Heraeus, Hanau Keiser & Schmidt, Charlottenburg Pyrowerk, Hannover Siemens & Halske, Berlin
		Eisen-Konstantan	700	
		Chromnickel-Konstantan	900	
		Nickel-Chromnickel	1100	
		Platin-Platinrhodium	1500	
Thermostrom durch Strahlung	Ganzstrahlungs-pyrometer	mit Fernrohr	2000	
Glühfarben	Teilstrahlungs-(optisches) Pyrometer	mit Fernrohr	1800	

auch wenn sie niedriger ist als die des umgebenden Glühraums, was mit den Thermoelementen nicht möglich ist.

Beim Ganzstrahlungs-pyrometer wird nach dem Anvisieren die Temperatur an einer Skala unabhängig vom Beobachter angezeigt und kann auch aufgezeichnet werden; beim Teilstrahlungs- (optischen) Pyrometer muß der Beobachter dagegen die Leuchtfarbe eines Drahtes oder dgl. mit derjenigen der anvisierten Stelle vergleichen; erst dann kann er die Temperatur ablesen. Dafür aber kann man mit dem Teilstrahlpyrometer die Temperatur von Werkstücken auch dann messen — und mit einer Korrekturabelle sogar genau — wenn sie in einem offenen Feuer liegen oder ganz außerhalb des Ofens, was mit dem Ganzstrahlungs-pyrometer nicht möglich ist.

Die Segerkegel, kleine keramische Schmelzkörper, und die Sentinel-Pyrometer, kleine Schmelzkörper aus Salzgemischen, können die Temperaturen nicht mit der Verlässlichkeit angeben, wie die oben besprochenen Instrumente. Sie sind auch ihrer ganzen Art nach nur für gelegentliche Kontrolle der Temperatur geeignet, nicht für ununterbrochene Überwachung.

16. Selbsttätige Temperaturregler und Haltepunktanzeiger. In Verbindung mit Thermoelementen oder dem Ganzstrahlungs-pyrometer hat man elektrische Einrichtungen geschaffen, die die Temperatur des Ofens selbsttätig regeln, indem sie beim Erreichen der eingestellten Temperatur ein Zeichen geben (Aufleuchten einer Lampe) und auch das Überschreiten der Temperatur verhindern, dadurch, daß sie die Wärmezufuhr entsprechend drosseln. In erster Linie dienen diese Einrichtungen für elektrische Öfen, können aber auch für gas- und ölgefeuerte Öfen verwendet werden. Sie können natürlich nur nach derjenigen Temperatur arbeiten, die die unmittelbar vom Pyrometer gemessene Stelle hat, können also nicht verhindern, daß andere Stellen nahe der Flamme oder die elektrischen Widerstände selbst höhere Temperatur haben. Besonders beim Anheizen ist das unvermeidlich.

Haltepunktanzeiger. Die Überwachung des Erhitzens zum Härten durch Pyrometer hat zur Voraussetzung, daß die zum Abschrecken richtige Temperatur bekannt ist, die ihrerseits durch die Gefügewandlung des Stahles bzw. seinen „Haltepunkt“ bestimmt wird (siehe Teil 1, Abschnitt 19). Anders der Haltepunkt-schreiber: er ist für jeden, auch den unbekanntem Stahl zu gebrauchen (sofern ernicht hochlegiert ist), da er unmittelbar den Haltepunkt selbst anzeigt in Abhängigkeit von der Temperatur. Indem er dadurch auch gestattet, eine bestimmte Anzahl Grad (meist $20 \div 30$) über die Umwandlungstemperatur hinauszugehen, ermöglicht er es, die Abschrecktemperatur genau dem Werkstoff, den Abmessungen des Werkstücks und dem Verwendungszweck gemäß zu wählen. Diese Einrichtung kann aber nur in Verbindung mit dem besonders für sie konstruierten Ofen (Abb. 16 S. 13) gebraucht werden.

17. Behelfsmäßige Mittel. Erhitzt man Werkstücke in der Einpackung im Kasten, so muß man die Übereinstimmung ihrer Temperatur mit der des Glührums durch besondere Mittel feststellen. Das geschieht meist dadurch, daß man einige Stifte oder Haken *aa* (Abb. 31) mit einpackt, die einerseits bis zur Mitte des Kastens reichen und andererseits aus dem Kasten heraussehen. Zieht man nun einen Stift, so sieht man an seiner Glühfarbe, ob die Temperatur innerhalb und außerhalb des Kastens dieselbe ist. Ganz andere Hilfsmittel braucht man, wenn z. B. Teile wie große Federn, Schraubenzieher usw. zwischen 300 und 500° in einem Glühofen angelassen werden, der selbst eine höhere Temperatur hat, damit das Anlassen nicht zu lange dauert. Es nützen weder Thermometer noch optische Pyrometer: die Thermometer nicht, weil sie doch nur die Temperatur des Glührums anzeigen würden, die Pyrometer nicht, weil die Teile noch keine deutlichen Glühfarben haben. Man kann sich in diesem Fall helfen durch „Anreiben“ der Teile mit Stäbchen aus Linden- oder Buchenholz oder durch Aufstreuen von Holzkohlenpulver. Aus der Rauch- und Funkenbildung erkennt der Geübte die Temperatur der Teile ziemlich genau.

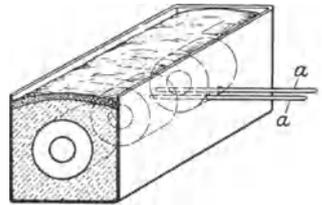


Abb. 31. Eingepackte Teile mit Kontrollstiften.

Ein anderes Mittel, die Temperatur zu bestimmen, besteht darin, daß man zum Erwärmen (Anlassen) Metallegierungen oder Salzgemische benutzt, die bei bestimmter bekannter Temperatur schmelzen. Blei-Zinnlegierungen sind zwischen 180 und 327° geeignet, Gemische von Salzen bis herunter zu 140° (siehe auch Tabelle 2).

II. Das Erhitzen.

A. Übersicht.

18. Ausglühen, Härten und Vergüten. Abgesehen vom Warmverformen durch Schmieden und Pressen erhitzt man in der verarbeitenden Industrie den Stahl

entweder zum Ausglühen oder zum Härten und Vergüten. Während beim Ausglühen dem Erhitzen immer ein langsames Abkühlen folgt, wird zum Härten oder Vergüten der Stahl mehr oder weniger rasch abgekühlt (abgeschreckt), dann allerdings oft wiedererwärmt (angelassen) und langsam abgekühlt.

19. Gründe für die Warmbehandlung. Ausgeglüht werden in der Maschinenfabrik zunächst fast alle — alle größeren — Werkstücke nach dem Schmieden oder Pressen und dieselben Werkstücke oft ein zweitesmal nach dem Ausschuppen, besonders Teile wie Läufer (für Turbinen und elektrische Maschinen), Kolbenstangen, Achsen, Zahnräder, die hohe Geschwindigkeit haben oder überhaupt stark beansprucht werden. Weiter werden Teile ohne vorhergegangene bildsame Verformung (meist Abstechteile) nach der Schruppbearbeitung ausgeglüht, wenn sie gehärtet oder vergütet werden sollen und schließlich auch wohl vor der Bearbeitung, um den Stahl möglichst weich und leicht bearbeitbar zu machen (weichglühen). In allen anderen Fällen glüht man aus, um die durch die bildsame Verformung und das Schruppen im Gefüge hervorgerufenen Ungleichheiten und Verzerrungen wieder zu beseitigen und um den Werkstoff völlig zu entspannen.

Dazu kommt noch eins: Nickelstahl erhält durch Glühen erheblich bessere Festigkeitseigenschaften, besonders höhere Streckgrenze und Zähigkeit. Hat man nun größere Werkstücke aus Nickelstahl, die man aus Furcht vor Spannungen nicht vergüten will (wie z. B. schnellaufende Läufer), so glüht man sie zur Verbesserung ihrer Werkstoffeigenschaften nur aus.

Vergütet werden Werkstücke zur Erhöhung ihrer Festigkeit, Streckgrenze und Zähigkeit, wobei man je nach der Behandlung, besonders dem Anlassen, verschiedene Gütegrade erhalten kann. Vergütet werden vorwiegend Werkstücke aus Nickel- und Chromnickelstahl, da bei diesen legierten Stählen die Vergütewirkung tiefer eindringt als bei unlegiertem Stahl. Nachteilig beim Vergüten, abgesehen von den Kosten, sind die Spannungen, die mit dem raschen Abkühlen untrennbar verbunden sind.

Vergütet werden aber auch Werkstücke öfters vor der spanhebenden Bearbeitung, um diese zu erleichtern. Tatsächlich werden viele Stähle durch das Vergüten (Abschrecken für SM-Stahl, Abschrecken und Anlassen für legierten Stahl) erheblich gleichmäßiger, besonders verschwinden harte Stellen, die Stähle schmieren weniger, sind nicht filzig usw., so daß die Zerspanung weniger Arbeitsaufwand verlangt, die Schneide länger steht und die Arbeitsfläche sauberer wird.

Gehärtet werden alle Werkstücke (vornehmlich Werkzeuge), die hohe Härte brauchen, um den Verschleiß herabzusetzen.

B. Betrieb der Öfen.

20. Auswahl des Ofens. Für große Werkstücke, meist Konstruktionsteile, werden vielfach noch Öfen mit festen Brennstoffen, besonders die „Halbgasöfen“ benutzt, obwohl die gas- und ölgefeuerten ihnen in vieler Hinsicht überlegen sind. Für lange Werkstücke, wie Wellen, Kurbelwellen, Achsen, Läufer, Geschützrohre, Flaschen und für kurze, wenn man sie zu mehreren vereinigt, wie z. B. Zahnräder, sind die Zylinderöfen allen anderen vorzuziehen, da sie mit dem Kran außerordentlich bequem zu beschicken sind.

Für kleine und mittlere Teile, besonders Werkzeuge, werden vorwiegend die gas- oder ölgefeuerten Kammer- und Plattenöfen benutzt; Muffelöfen sind meist unnötig.

Sind ständig größere Mengen Werkzeuge zu härten, so sind Schmelzbäder unentbehrlich. Dabei werden größere und vielgestaltige Stücke wohl in dem langsamer erwärmenden Gasofen vorgewärmt und im Bad dann schnell auf die

richtige Temperatur gebracht, die hier besonders leicht und genau eingehalten werden kann.

Für Schnellstahl werden zum Härten neben dem Glühofen besonders viel die Salzbadöfen benutzt, vorwiegend die elektrisch geheizten. Seit es gelungen ist (siehe auch Abschnitt 23), die oberflächliche Entkohlung so gut wie völlig in ihnen zu verhindern, sind sie zweifellos besonders für Massenfertigung ausgezeichnet. Allerdings sind ihre Betriebskosten sehr hoch, weshalb doch wohl der Glühofen vorgezogen wird. Für den wird auch wohl geltend gemacht, daß Schneidwerkzeuge in ihm härter würden als im Salzbad, doch trifft das wohl kaum zu, wenn das Bad nicht entkohlt, und ob der stärkere Temperaturabfall des Glühofens beim Einbringen der Werkstücke ein Vorteil ist, ist noch nicht erwiesen.

Jedenfalls muß für das Salzbad das Werkstück vorgewärmt werden, weshalb man viel die Verbundöfen nach Abschnitt 8 benutzt.

Sehr günstige Härte bekommt man bei Schnellstahl, wenn man ihn in einer entleuchteten Flamme des Azetylen-Sauerstoffbrenners erwärmt. Da dessen Flamme aber etwa 3000° heiß ist, muß man vorsichtig sein, das Werkstück nicht zu überhitzen.

21. Temperatur des Erhitzens. Will man das Werkstück nur entspannen, so genügen für alle Stähle Temperaturen zwischen 600 und 700°, ja man bleibt sogar auch unter 600°. Will man dagegen Weichglühen oder Härten, so benutzt man die Temperaturen der Tabelle 5.

Zum Härten, besonders von unlegiertem und niedriglegiertem Werkzeugstahl, muß sich die Glüh-temperatur genau nach der Stahl-sorten (dem Kohlenstoffgehalt) richten, doch erwärmt man dicke Stücke von derselben Sorte wohl ein wenig höher als dünnere, damit sie besser durchhärten.

Als allgemeiner Grundsatz sollte gelten: Für Kohlenstoffstahl die niedrigste Temperatur wählen, bei der gerade noch die richtige Glashärte erzielt wird, für

Tabelle 5. Glüh- und Härtetemperaturen.

	% Kohlenstoff	Glüh-temp. °	Härtetemp. °
Baustahl unlegiert	~ 0,25	700 ÷ 720 ¹	870 ÷ 900
	~ 0,35		830 ÷ 860
	~ 0,45		800 ÷ 830
	~ 0,6		790 ÷ 820
Werkzeugstahl unlegiert	~ 0,7	680 ÷ 700 ²	780 ÷ 810
	~ 0,85		760 ÷ 790
	~ 1		750 ÷ 780
	über 1		740 ÷ 770
Nickel- und Chromnickel- Vergütungsstahl	0,25—0,4 (bis 5 Ni, bis 1 Cr)	600 ÷ 650 ¹	780 ÷ 850
Werkzeugstahl legiert	Wolfram- und Chromwolframstahl	700 ÷ 740 ²	780 ÷ 1100 ³
	Chromstahl	700 ÷ 800 ³	760 ÷ 1000 ³
	Schnellstahl	750 ÷ 800 ²	1100 ÷ 1350

¹ Oft, besonders nach dem Schmieden, werden die gleichen Temperaturen wie zum Härten genommen.

² Nur zum Entspannen nach Kaltverformung genügen um etwa 50° niedrigere Temperaturen.

³ Je nach der Zusammensetzung (s. 1. Teil, Abschnitt 63—66).

Schnellstahl dagegen die höchste Temperatur, bei der der Stahl noch nicht verbrennt.

Für jede Stahlsorte wird die günstigste Härtetemperatur von den Stahlwerken angegeben, doch wird sie manchmal genauer noch, besonders für Schnellstähle, von jeder guten Härtereier für sich bestimmt. Ist sie bei Kohlenstoffstahl auch nicht ungefähr bekannt, und besitzt man keinen Haltepunktoven, so kann man sich in folgender Weise helfen: man schneidet von der Stange einige schmale Stückchen ab, kerbt sie ein und härtet sie bei Temperaturen zwischen 750° und 850° , die immer um etwa 10° auseinander liegen. Die günstigste Temperatur erkennt man dann entweder am feinsten Bruch, wenn man die Stückchen auseinanderschlägt oder an der höchsten Härte, wenn man sie am Skleroskop oder nach Rockwell „C“ prüft (siehe 1. Teil).

Bei unlegiertem und niedriglegiertem Stahl soll man die Härtungstemperatur (Umwandlungstemperatur) am „Abschütten“ des Stahls erkennen können, d. i. an dem Erscheinen kleiner heller leuchtender Bläschen auf der Oberfläche.

Ein anderes Mittel für Stahl über 0,9% Kohlenstoff ist, festzustellen, wann der Stahl unmagnetisch wird; denn fast genau mit dem Erreichen der günstigsten Härtetemperatur hört der Magnetismus auf. Nimmt man also während des Erwärmens den Stahl ab und zu aus dem Ofen und führt ihn an einer Magnetonadel vorbei, so ist die richtige Härtetemperatur dann erreicht, wenn die Nadel nicht mehr abgelenkt wird.

Für Schnellstahl liegt die Sache nicht so einfach. Auch hier gibt die Härte nach dem Abschrecken wohl einen Anhalt, aber sie ist für die Schneidhaltigkeit nicht so bestimmend wie bei gewöhnlichem Werkzeugstahl. Nach der chemischen Zusammensetzung, wenn sie bekannt ist, wird der erfahrene Härter ungefähr die günstigste Härtetemperatur bestimmen können, das beste Mittel sie zu finden ist es aber, Drehstähle, Hobelstähle oder andere Werkzeuge bei verschiedenen Temperaturen zu härten und festzustellen, wann die Schneiden unter sonst gleichen Bedingungen am längsten arbeiten. Derartige Versuche sind übrigens auch für Kohlenstoffstähle sehr wertvoll.

Zuweilen geht man bei Schnellstahl absichtlich unter die günstigste, höchste Härtetemperatur und verzichtet damit auf größte „Anlaßhärte“ (siehe 1. Teil, Abschnitt 66), nämlich dann, wenn man keine Möglichkeit hat, bei der höchsten Temperatur entstehende Entkohlung oder Veränderung der Form nach dem Härten durch Schleifen wieder zu beseitigen (siehe Abschnitt 36). Man geht dann bis auf 1100° herunter; und man kann das am ehesten dann tun, wenn die betreffenden Werkzeuge nicht mit hoher Schnittgeschwindigkeit arbeiten wie Schneideisen, hinterdrehte Gewindefräser usw.

Verkehrt und schädlich ist es in allen Fällen, erst höher als nötig zu erwärmen und dann bis zur richtigen Temperatur abkühlen zu lassen und abzuschrecken. Das gibt stets weniger feines Korn und geringere Zähigkeit, da beide von der höchst erreichten Temperatur bestimmt werden. Richtiger ist es in solchem Fall, erst langsam abkühlen zu lassen bis auf höchstens einige hundert Grad und dann nochmals zu erhitzen, genau bis zur richtigen Temperatur.

22. Besondere Rücksicht auf Werkzeugstahl. Legierter wie unlegierter Werkzeugstahl, überhaupt empfindlicher Stahl verlangt besondere Vorsicht: vor allem ist beim Erhitzen zum Abschrecken jede Überhitzung zu vermeiden, die immer dann leicht vorkommt, wenn der Ofen (Glühofen) heißer gehalten wird als die vorgeschriebene Glühtemperatur. Dann werden besonders dünne und vorspringende Teile der Werkstücke leicht zu heiß. Aber auch sonst ist eine stellenweise Überhitzung nicht ausgeschlossen: so ist beim Plattenglühofen die Herdplatte immer

heißer als der freie Raum, und im Salz- und Bleibad, die besonders gleichmäßig erhitzen, ist die Tiegelwand heißer als das Bad. Ja sogar im elektrisch geheizten und regulierten Glühofen können sich erhebliche Temperaturunterschiede einstellen: wird in den heißen Ofen eine verhältnismäßig große Masse Stahl gebracht, so sinkt die Temperatur erheblich und die Widerstände fangen mächtig an zu arbeiten und werden sehr viel heißer als die eingestellte Temperatur, bis diese wieder überall erreicht ist.

Aber auch bei ganz gleichmäßiger Ofentemperatur können dünne Stellen, Kanten u. dgl. geschädigt werden, nämlich dadurch, daß sie zu schnell und zu lange der höchsten Temperatur ausgesetzt werden. Das gilt besonders für das Erhitzen von Schnellstahl in Salzbadern. Auch deshalb ist es üblich, ihn auf $800\div 900^\circ$ langsam im Glühofen vorzuwärmen. Manchmal wärmt man bis auf 1100° vor und benutzt das Salzbad nur für die letzten paar hundert Grad, die es zuverlässig und gleichmäßig gibt. Zu empfehlen ist ferner für manche Werkstücke, besonders wieder für Schnellstahl, das Werkstück aus dem erhitzenden Bad einige Male kurz herauszuziehen. Dabei kühlen sich dünne und vorspringende Teile, die sich am ehesten erwärmen, auch am schnellsten ab, so daß es auf diese Weise gelingt, eine ziemlich gleichmäßig nach innen voranschreitende Temperatur zu erzielen. Beim Erhitzen im offenen Feuer ist es dabei gut, das Werkstück jedesmal zu wenden.

Werkstücke, die nur an einem Ende gehärtet werden sollen, lassen sich in Flüssigkeitsbädern besonders gut erhitzen. Man muß aber durch leichtes Auf- und Abbewegen dafür sorgen, daß ein allmählicher Übergang zwischen erhitztem und nicht erhitztem Teil geschaffen wird, da eine scharfe Grenze Veranlassung zu starken Spannungen und Rissen gibt.

Lange Werkzeuge, besonders wenn sie dünn oder flach sind, sollen im Ofen hängen oder doch so liegen, daß sie sich nicht verbiegen können. Dabei ist zu bedenken, daß die Herdplatten der Glühöfen selbst nicht gerade sind, sondern sich in der Hitze geworfen haben. Ein Verbiegen der Werkzeuge tritt um so leichter ein, je höher sie erhitzt werden, weil die Widerstandsfähigkeit des Stahls mit wachsender Temperatur stark abnimmt.

Beim Schmiedefeuer ist Steinkohle wegen ihres oft nicht unbedeutenden Gehalts an Schwefel zu vermeiden, besser Koks oder Holzkohle zu benutzen; auch soll man die Werkstücke nicht in den frisch aufgegebenen Brennstoff geben, sondern ihn erst ausflammen lassen.

Die wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen betreffen jedoch die Verhütung einer Beschädigung der Oberfläche durch chemische Veränderung; sie sollen daher im folgenden Abschnitt besonders behandelt werden.

23. Maßnahmen zur Verhütung von Glühspan (Verzunderung) und Eisenhaut (Entkohlung). Über die chemische Veränderung der Stahloberfläche beim Glühen ist im 1. Teil grundsätzlich gesprochen. Im allgemeinen wächst die Einwirkung mit der Höhe der Glüh Temperatur und der Länge der Glühzeit, doch ist sie auch sehr stark von der Art des Stahles abhängig; gewisse legierte Stähle sind ungemein widerstandsfähig. Eine dünne entkohlte Schicht schadet dann nicht, wenn die Flächen, auf deren Härte und Genauigkeit es ankommt, nach dem Härten geschliffen werden. Das ist der Fall bei sehr vielen Schneidwerkzeugen (wie Schneidstähle, Spiralbohrer, Senker, manche Gewindebohrer, feingezahnte und auch einige hinterdrehte Fräser), bei fast allen Lehren, bei Kugeln, Lauf ringen u. dgl. Dagegen muß ein Entkohlen durchaus vermieden werden bei Werkzeugen, die nur an der Span-(Brust)-Fläche geschliffen werden können, wie vieltastige Schnitte, die meisten hinterdrehten Fräser, Formstähle, viele Gewindebohrer, Schneideisen usw. Denn die entkohlte Schicht wird nicht ordentlich

hart und nutzt sich infolgedessen schnell ab, oder die Schneide legt sich um und reißt oder drückt.

Kammer- und Plattenglühöfen. In der Atmosphäre des Glührums fehlen kaum jemals Gase, die auf die Stahloberfläche einwirken: In erster Linie der Sauerstoff der Verbrennungsgase und der Luft, der zündert und entkohlt, dann aber auch der Wasserstoff, der entkohlt (nicht zündert) und auch der Stickstoff, der härter aber auch spröder machen kann. Auch Schwefel kann vorkommen. Einschränkung kann man die Menge der wirksamen Gase durch eine „reduzierende Atmosphäre“ (s. Abschnitt 2). Es bildet sich dann neben Kohlensäure auch Kohlenoxyd, das die Neigung hat, Sauerstoff an sich zu reißen (den Stahl zu reduzieren).

Aber abgesehen davon, daß solche Atmosphäre nicht immer leicht und nur durch höheren Brennstoffaufwand herzustellen ist, schützt sie den Stahl auch nicht vollkommen: einmal kann doch durch Zersetzung (von Kohlensäure und Wasserdampf) leicht Sauerstoff entstehen, sodann bildet sich unvermeidlich Wasserstoff, der bei höheren Temperaturen den Stahl entkohlen kann.

Sicherer, aber auch umständlicher ist das Einpacken: man umgibt das Glühgut in einem Kasten, Rohr oder dgl. mit einem neutralen Stoff und verschließt den Deckel luftdicht mit Lehm. Die Schwierigkeit liegt darin, einen Stoff zu finden, der auch bei höheren Temperaturen wirklich neutral bleibt und auch sonst (Preis!) geeignet ist. Reine Holzkohle eignet sich nicht, da sie entweder kohlt oder entkohlt, je nach der Temperatur, nach ihrer Zusammensetzung und dem C-Gehalt des Stahls. Gut ausgebrannte Holzkohle, sogenannte Lösche, ist schon unschädlicher und wird viel benutzt; auch Gemische von Holzkohle und Schamotte kommen vor. Wirklich neutral, bis etwa 900°, verhält sich ein Gemisch von Holzkohle mit 10% Soda. Recht gut für viele Zwecke, z. B. zum Ausglühen von Schnellstahl (820÷850°), sind auch reine Gußpäne. Dagegen ist ein geeigneter Stoff für sehr hohe Temperaturen (bis 1300°), wie sie zum Härten von Schnellstahl verwandt werden, nicht bekannt. Weder Holzkohlenlösche, noch Quarz noch Schamotte ist zu gebrauchen. Wenn sie den Stahl nicht verändern, so sind sie durchlässig oder brennen an oder dgl. Das ist der Grund, weshalb man Schnellstahl aus der Packung bei niedrigerer Temperatur: 1050÷1150° härtet (und damit auf die höchste Schnitthaltigkeit verzichtet. Vgl. Abschnitt 21). Man benutzt zum Einpacken Holzkohle, auch gemischt mit Quarz und kann so Verzundern und Entkohlen wohl einigermaßen verhindern, ohne aber mit Sicherheit jede Veränderung auszuschließen.

Das Einpacken hat noch den Vorteil, daß das Glühgut gleichmäßig erhitzt wird, während als Nachteil die höheren Kosten sowohl durch Kasten und Einpackstoff wie auch durch den höheren Wärmeverbrauch und Lohn zu nennen sind.

Die Kästen aus Stahl (aus Blech gezogen oder geschweißt, besser als Guß) verzundern bald, so daß man sie vielfach aus feuerfesteren Stoffen herstellt: alitierter Stahl, Chrom- bzw. Chromnickelstahl, Chromnickel usw., doch gilt wegen der höheren Anschaffungskosten das in Abschnitt 7 über die Tiegel gesagte.

Muffel- und elektrische Glühöfen schützen — wie bereits in Abschnitt 6 näher ausgeführt — durchaus nicht völlig vor Zundern und Entkohlen, wenn es auch bei Temperaturen unter etwa 900° nicht erheblich sein muß. Aber selbst bei etwa 1300° kann die Entkohlung noch in solchen Grenzen bleiben, daß man z. B. aus einem Muffelofen nach Abb. 11 sehr wohl Schnellstahlwerkzeuge, wie Spiralbohrer, Senker usw. härten kann.

Bei waagerechtem Glührum sucht man die Einwirkung der Luft wohl dadurch abzuschwächen, daß man innen vor die Tür größere Stücke Holzkohle legt, durch die die eintretende Luft hindurchstreichen muß. Zweifellos kann man so

den Hauptteil des eintretenden Sauerstoffs zu Kohlensäure verbrennen, jedoch nicht eine Ofenatmosphäre schaffen, die zuverlässig und unter allen Umständen neutral ist.

Schmelzbäder sind am günstigsten. Oxyde im Bleibad oder Sauerstoff in manchen Salzbädern oder Verunreinigungen (Schwefel) oder Schmutz können die Stahloberfläche beschädigen. Es sind die Bäder daher von vornherein rein zu beziehen und im Gebrauch möglichst rein zu halten. Für Temperaturen bis etwa 900 oder 1000° schützen durchaus zuverlässig gewisse Salzmischungen, z. B. der Durferrit-Gesellschaft, Frankfurt a. M., die den Stahl eher etwas aufkohlen als entkohlen, wenn sie ihm auch — bei der niedrigen Glüh-temperatur und kurzen Glühzeit — meist keine nennenswerten Mengen C zuführen, höchstens leicht entkohlte Stellen wieder beseitigen.

Um Schnellstahl auf 1300÷1350° ohne Entkohlen zu erwärmen, dazu ist allein das Chlorbariumbad imstande, weshalb es immer dann unentbehrlich ist, wenn man Schnellstahlwerkzeuge von höchster Leistungsfähigkeit (Anlaßhärte) braucht, die hinterher an den wirksamen Flächen nicht überall geschliffen werden können, wie besonders hinterdrehte Fräser und Formstähle. Für die unmittelbar elektrisch erhitzten Salzbäder sind Zusätze von Borax oder Ferrosilizium zu geben; für Salzbäder im Graphittiegel hat sich auch bewährt: die Werkzeuge vorher in geschmolzenem Borax zu wälzen, noch mit fein gemahlenem Borax einzupudern, sie dann in einem Blechkasten in einem Glühofen vorzuwärmen und dann erst ins Salzbad zu bringen. Das ist natürlich nur für Einzelfertigung durchführbar, für Massenfertigung zu umständlich.

Andere Maßnahmen: Statt das Werkstück ganz einzupacken, kann man auch nur den wichtigsten Teil schützen. So zeigt Abb. 32, wie ein schweres Gesenk mit dem oberen Teil, der „Schwalbe“, aus der Einpackung heraussteht. Auch begnügt man sich wohl damit, die Fläche mit der „Figur“ nach oben zu legen, sie mit Holzkohlenlösch zu bedecken und eine Eisenplatte darüber zu legen. — Auch ganz andere Mittel werden gebraucht:

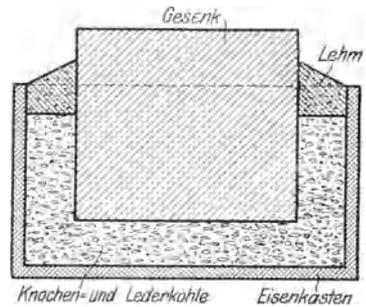


Abb. 32. Teilweise eingepacktes Gesenk.

Teile aus gewöhnlichem Werkzeugstahl, wie z. B. Feilen, wenn man sie unmittelbar im Kohlen- oder Koksfeuer erhitzt, schützt man wohl durch einen Überzug von Hufmehl mit Salz oder 1 Teil Lederkohlenpulver mit je 2 Teilen Mehl und Kochsalz, alles mit Wasser zu einem Brei angerührt. Im Gas- oder Öfen usw. kann man die Entkohlung auch verhindern, wenn man die Teile mit Borsäure bestreicht und sie dann gut trocknen läßt. Sicherer noch ist es, die Teile 2÷3mal mit einem Überzug aus Lehm und gepulvertem Borax zu versehen, den man jedesmal an der Luft trocknen läßt; oder man bestreicht die Teile mit einer Schutzpaste aus in Öl geschmolzenem Wachs, vermischt mit etwas gelbem Blutlaugensalz. Gravierte Schriftplatten werden mit einem Brei aus Zyankali und Petroleum bedeckt.

Alle diese Überzüge schützen die Teile nicht nur vor Zunderung während des Erhitzens, sondern auch in dem Augenblick, wo sie rotglühend vom Ofen ins Abschreckbad gebracht werden. Man kann daher auch mit ihrer Hilfe eine reine, blanke Oberfläche am Werkstück erzielen (blankhärten). Die dicken Überzüge verhüten auch, daß in einem Ofen, der heißer ist als das Werkstück werden darf, vorstehende Kanten, Ecken und dünne Querschnitte leicht überhitzt werden.

Viel einfacher und mindestens ebenso sicher sind aber die oben erwähnten Sondersalzbäder.

Beim Erhitzen in Blei ist das Hängenbleiben von kleinen Klümpchen, besonders in einspringenden Flächen wie Gewinden, lästig. Es kann bis zu einem gewissen Grade dadurch vermieden werden, daß man die Teile vorher in eine starke Salzlösung oder in eine Lösung von 1 Teil Zyankali und 10 Teile kaltes Wasser taucht und dann vor dem Erwärmen trocknen läßt. Hat man dauernd große Mengen zu härten, ist solche Vorbehandlung zu umständlich. Man erreicht auch fast das gleiche, wenn man das Blei sehr rein und seine Oberfläche stets mit den bereits früher erwähnten Mitteln bedeckt hält. Was sich an Blei dann noch ansetzt, wird später am einfachsten durch mechanische Mittel beseitigt.

Bei Teilen mit feinen Zähnen, wie z. B. gewissen Feilen, ist es allerdings nötig, die Beseitigung vor dem Abkühlen vorzunehmen, etwa durch schnelles Überbürsten, weil sonst die Stellen, an denen Blei hängt, nicht ordentlich hart würden.

24. Glühdauer. Gefüge und Eigenschaften sollen grundsätzlich durch richtige Glühtemperatur bestimmt werden, während die Glühdauer meist nicht länger sein soll als bis das Stück völlig durchgewärmt ist. Sieht man also von der Art des Ofens ab (Glühofen oder Schmelzbad), so hängt demnach die Glühdauer in der Hauptsache von der Masse und der Form des Werkstücks ab: je massiger die Stücke, je geringer ihre Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, um so länger die Zeit.

Zum Ausglühen wird es oft kaum schaden, wenn man die Glühdauer über die völlige Durchwärmung hinaus verlängert, ja manche Stähle wie z. B. Schnellstähle verlangen das: je nach der Dicke des Stücks hält man die Temperatur 1÷3 Stunden. Hingegen soll zum Härten die Glühzeit so kurz wie möglich sein, da jede unnötige Verlängerung sich in weniger feinem Gefüge bzw. geringerer Härte oder Zähigkeit auswirkt. Bei sehr dicken Stücken verzichtet man daher zugunsten der Außenschicht wohl auf volle Durchwärmung des Kerns.

Während man beim Härten von Werkzeugen u. dgl. an der Glühfarbe meist leicht erkennen kann, ob die Werkstücke richtig durchgewärmt sind — bei eingepackten Teilen mit Hilfe von Stiften (siehe Abschnitt 17) — ist das bei ganz großen Teilen nicht so einfach. Ein brauchbares Werkstattmittel stützt sich auf die Tatsache, daß die Temperatur der Werkstücke mit der des Ofens übereinstimmt, wenn nach Abdrosselung der Wärmezufuhr die Temperatur am Pyrometer nicht sinkt.

Bei Reihen- und Massenfertigung ist es möglich, die Zeit erfahrungsgemäß genau anzugeben, und es wird in geeigneten Fällen sich in Zukunft immer mehr einbürgern, die Zeit mit der Uhr genau zu kontrollieren.

Am schnellsten erwärmen Flüssigkeitsbäder, weshalb man sie auch nie heißer hält, als die Werkstücke werden sollen (was man allerdings für empfindlichen Stahl auch bei Glühöfen nicht tut). In Abb. 33 ist die Zeit dargestellt, die nötig ist, um Werkstücke von verschiedenem Durchmesser im Salzbad völlig durchzuwärmen von 20° bis zur Badtemperatur, die mit 800, 900 und 1000° angenommen ist. Auf der

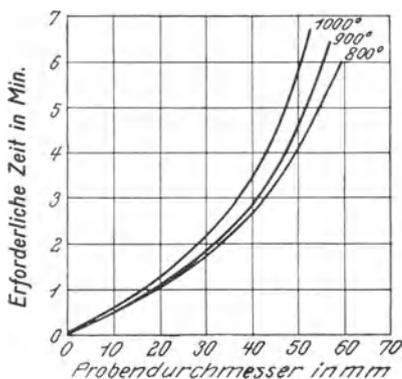


Abb. 33. Zeit zum Durchwärmen.

Waagerechten sind die Durchmesser aufgetragen, auf der Senkrechten die Zeiten. Danach braucht z. B. ein Werkstück von 50 mm Durchmesser zum Erwärmen auf 800° etwa 4 min, auf 900° etwa 4,7 min, auf 1000° etwa 6 min.

C. Mittel zum Halten und Befördern.

25. Mittel für Einzelbehandlung. Bei waagrechttem Glühraum legt man die Werkstücke einfach auf den Herd und holt sie mit Haken, Zangen u. dgl. aus dem Ofen. Bei senkrechten Öfen, seien es Zylinderglühöfen oder Bäder, hält man sie schon während des Erhitzens und bringt sie so auch zum Abkühlen.

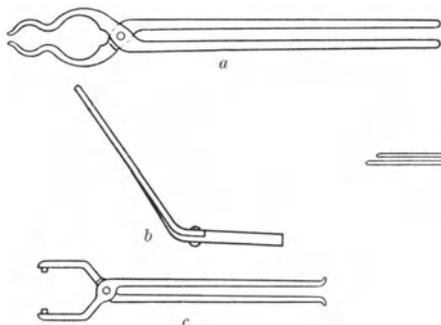


Abb. 34. Härtezangen.

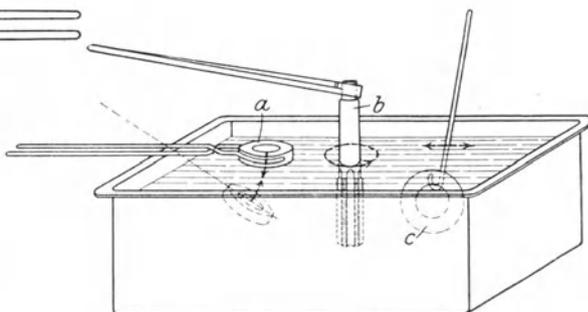


Abb 35. Werkzeuge beim Abkühlen.

Von den vielen Formen von Zangen, die jede Härterei für kleine und mittlere Teile nötig hat, zeigt Abb. 34 drei Stück: *a*) für runde Teile verschiedener Größe, *b*) mit abgeboogenem Schenkel (bis zu 90°) für senkrecht zu haltende Teile, *c*) mit den kleinen Zapfen, um eine möglichst kleine Stelle des Werkstücks zu greifen. Doch vermeidet man es fast immer, Werkstücke dort mit der Zange zu fassen, wo sie hart werden sollen. Möglichst faßt man nur Flächen, die gar nicht oder doch nicht in erster Linie hart werden sollen, z. B. die Außenfläche von Kaliberringen, Zieheisen, Schneideisen u. dgl. (Abb. 35*a*), den Schaft von Schaftwerkzeugen, überhaupt das eine Ende der Teile, wenn nur das andere abgeschreckt werden soll (Abb. 35*b*).

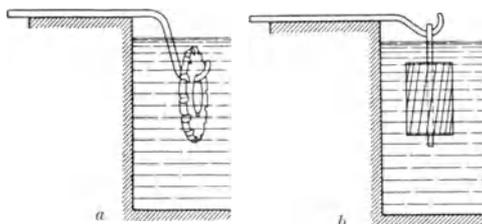


Abb. 36. Fräser zum Härten.

Umgekehrt dienen Haken für hohle Werkstücke, wie Fräser, Senker, Ringe, die vorwiegend außen hart werden sollen (Abb. 35*c* und 36*a*), wobei man für längere Stücke zweckmäßig einen Steg (Abb. 37 u. 36*b*) zwischenschaltet.

Kleine Stücke ohne Bohrung, die an der ganzen Oberfläche möglichst gleichmäßig hart werden sollen, nimmt man am besten an Drähte, die man mit Zange oder Haken faßt. Abb. 38 zeigt mehrere derartig vorgerichtete Werkzeuge.

Große Stücke werden mit der Laufkatze oder dem Kran in den Ofen wie in das Abschreckbad gebracht. Zum Fassen der Werkstücke dienen Zangen oder einfache der Werkstückform angepaßte Halter (Abb. 39 u. 40). Die großen waagerechten Öfen haben ausfahrbaren

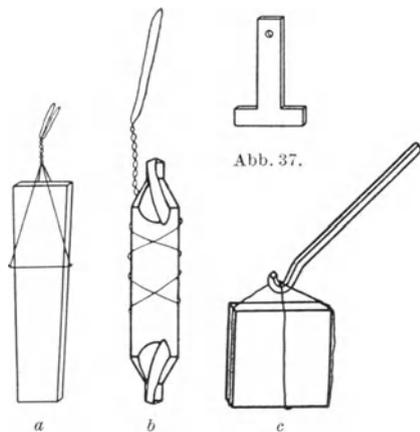


Abb. 38. Werkzeuge, vorbereitet zum Härten.

Herd bzw. Beschickungswagen.

26. Mittel für Reihenbehandlung. Um die Arbeitszeit zu verkürzen, die Kosten zu verringern, erwärmt man im Ofen, besonders im Glühofen, meist mehrere, auch ganz ungleichartige Teile zugleich. Müssen die Teile einzeln abgekühlt werden, wie z. B. empfindliche Werkzeuge, so holt man sie auch einzeln aus dem Ofen. Dagegen werden andere Teile, besonders gleichartige, die zu mehreren erwärmt werden, zweckmäßig auch zusammen abgekühlt. Das ist meist mit recht einfachen Mitteln möglich. Aber auch weniger einfache Mittel, bis zu den stetig und selbsttätig arbeitenden (siehe Abschnitt 27 u. f.), machen sich immer dann bezahlt, wenn sie der Art und Menge des Glühguts richtig angepaßt sind.



Abb. 39. Gesenkblock in Scherenzange.

Einfache kleine Teile wie Rollen, Kettenbolzen, Laschen, Geschoßkerne, Federn, Schrauben, Backen, Zentrierbohrer werden in großen Mengen auf einem durchlochten, aufgebogenen Blech (Abb. 41) oder in einer gegossenen Schale erhitzt und dann kopfüber ins Wasser gestürzt. Man kann auch mehrere Bleche übereinanderstellen, indem man in die Ecken je einen Stift bohrt (a Abb. 41) und darauf das obere Blech aufrufen läßt.

Zum Erhitzen in Bädern legt man die Teile in Siebkörbe (Abb. 42) oder, besonders für senkrechte Glühöfen, auf übereinander angeordnete Siebbleche (Abb. 43).

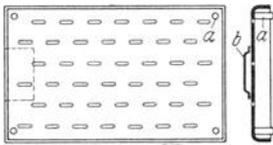


Abb. 41. Aufnahmeblock.
a Anflagestifte.
b Flacheisen zum Befördern.

Ringe für Walzlager u. dgl. kann man einfach mit einem Draht zu 10, 20 oder mehr bündeln und so auf der Herdplatte, oder an einem

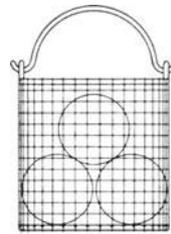


Abb. 42. Siebkorb mit Kugeln.

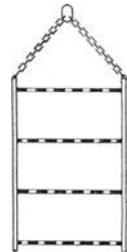


Abb. 43. Gestell mit Siebblechen.

Haken gehalten im Bad, erhitzen und auch zusammen abkühlen.

Für Teile, die zu mehreren, doch jeder in bestimmter Lage bzw. Richtung, gehalten werden sollen, dienen Halter wie in Abb. 44÷47. Abb. 44 ist ein vierfacher

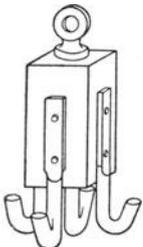


Abb. 44.

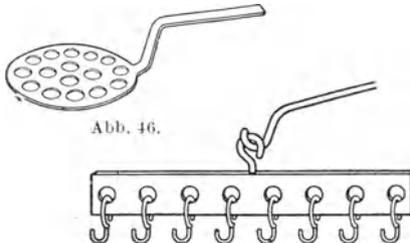


Abb. 46.

Abb. 45.

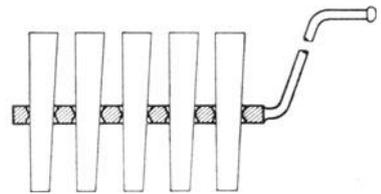


Abb. 47.

Abb. 44 ÷ 47. Mehrfachhalter.

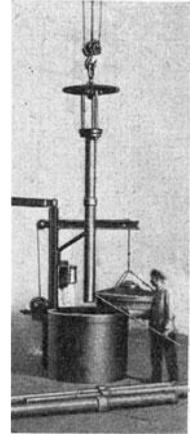


Abb. 40. Geschützrohr zum Erhitzen in elektr. Tieföfen (Elektroofen G. m. b. H., Köln).

Haken zum Halten von 4 mit Drähten versehenen Werkzeugen, Abb. 45 ein acht-facher Halter für Ringe, Scheiben oder dgl., Abb. 46 ein Halter zum Härten oder Ausglühen der Mitnehmerflächen von 16 Spiralbohrern, Schaftfräsern oder ähnlichen Werkzeugen, die mit ihrem Schaft durch die Löcher gesteckt werden.

Abb. 47 ist ein Vielfachhalter für Messer (bemerkenswert die schmale Anlagefläche infolge der dachförmigen Abschrägung).

Eine Einrichtung, mit der man nicht nur eine Reihe von gleichen Werkstücken halten kann, sondern die den Halter auch gleich zu den Öfen und zum Abkühlbad befördert, zeigt Abb. 48. Sie ist besonders für Blei- und Salzbäder mit Schutzhaube konstruiert, da sie zum Herankommen an das Bad einen langen Halter besitzt. Sie besteht aus einer Tragkonstruktion und diesem Halter. Die Tragkonstruktion wird von einer Laufkatze, die sich an einem Träger entlang bewegen kann, und einem dreh- und schwenkbaren Arm gebildet. Der Halter, der sich nach der Form und Größe der Werkstücke richtet, wird in den Arm eingehakt. Sind mehrere Halter da, kann die Tragkonstruktion sie nacheinander schnell zum Vorwärmeofen, zum Hauptbad, zum Abkühlen bringen, und sie kann auch leicht mehrere Öfen in einer Reihe parallel zum Träger bedienen.

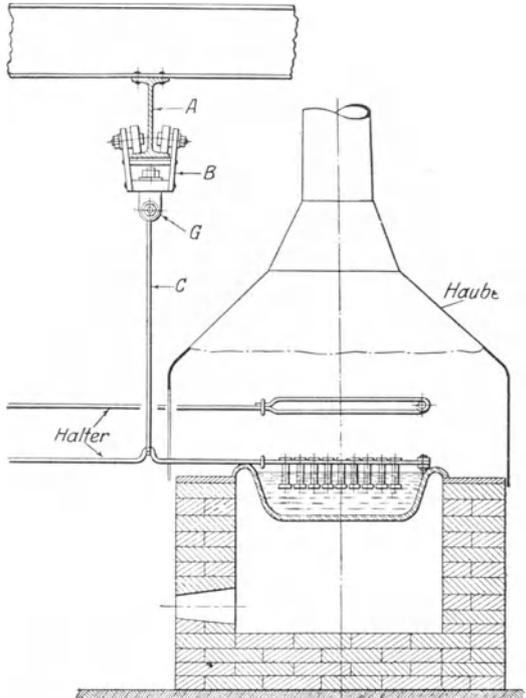


Abb. 48. Beförderungseinrichtung für Badöfen. A Träger, B Laufkatze, C Schwenkarm, G Gelenk.

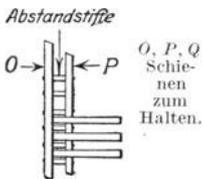
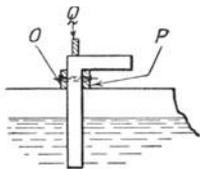


Abb. 49.

Der Halter in Abb. 48 dient zur Aufnahme von 9 Bolzen mit Köpfen, während Abb. 49 einen Halter für winkelförmige, Abb. 50 einen für u-förmige Teile zeigt.

Abb. 51÷54 zeigen Aufnahmen für große Werkstücke

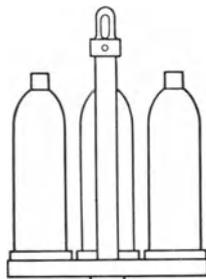


Abb. 51.

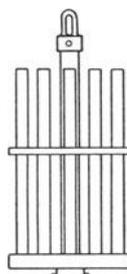


Abb. 52.

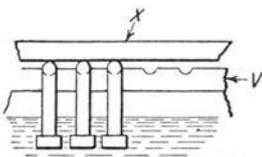
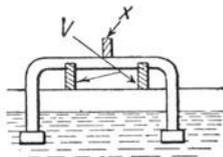


Abb. 50.



V, X Schienen zum Halten. Abb. 49 u. 50. Halter für Einrichtung Abb. 48.

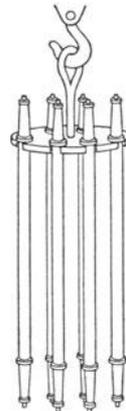


Abb. 53.

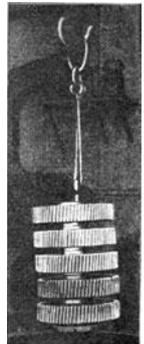


Abb. 54.

Abb. 51÷54. Einrichtungen zur Warmbehandlung mehrerer Werkstücke zugleich.

zum Erhitzen im Zylinderofen (und zum nachfolgenden Abkühlen). In allen Fällen endet die Tragkonstruktion oben in einer Öse für den Kranhaken. In Abb. 51 stehen 12 Stahlflaschen auf der schweren quadratischen Grundplatte, die an dem senkrechten Tragbalken befestigt ist. Die 8 Achsen in Abb. 52 stehen gleichfalls auf der Grundplatte auf, werden aber weiter oben noch durch eine starke Platte gehalten. In Abb. 53 hängen 6 Achsen an einer Platte, während in Abb. 54 5 Zahnräder von einem Bolzen getragen werden. Entsprechende Konstruktionen können auch für kleine Teile, wie Spindeln, Bohrer usw. benutzt werden.

D. Öfen für fließende Fertigung (Fließöfen).

27. Bedeutung der fließenden Fertigung. Wie in den mechanischen Werkstätten, so sucht man auch bei Massenfertigung in der Glüherei und Härterei durch Fließarbeit die Güte und Gleichmäßigkeit des Erzeugnisses zu erhöhen, die Gestehungskosten zu verringern. Trotz der großen Schwierigkeiten, die eine Behandlung bei hohen Temperaturen der Fließarbeit entgegenstellt, ist es im letzten Jahrzehnt in steigendem Maße gelungen, Einrichtungen zu schaffen, die wirtschaftlich arbeiten: ausglühen, erhitzen und abschrecken und auch anlassen. Voraussetzung ist immer: gleichmäßiges Glühgut in stets genügender Menge.

Es ist nicht möglich, hier auf die Einrichtungen für Fließarbeit planmäßig näher einzugehen (dafür sei auf einen Vortrag von Bulle und Flössel vor der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hingewiesen¹, es mag genügen, einen kurzen Überblick über die Konstruktions- und Arbeitsbedingungen zu geben und einige, vielfach verwendbare Öfen zu beschreiben.

28. Konstruktions- und Betriebsbedingungen der Fließöfen. Die Schwierigkeiten, mit denen die Fließöfen zu kämpfen haben, rühren daher, daß die Mittel, die das Glühgut durch den Ofen befördern (Ketten, Bänder, Seile, Rollen, Wagen, Klötze auf Schienen) immer selbst durch den Ofen wandern und der Hitze und den Verbrennungsgasen ausgesetzt sind; selten, daß das Glühgut durch Eigengewicht, von außen oder durch Schüttelbewegung des Ofens, bewegt werden kann. Gutes Arbeiten des Ofens und ausreichende Lebensdauer hängen daher in erster Linie von der Konstruktion und dem Werkstoff des Beförderungsmittels ab.

Der Antrieb — meist Elektromotor — nebst Regulierung und Übersetzung liegt immer draußen. Die Konstruktion des unmittelbaren Beförderungsmittels hat vor allem die große Ausdehnung und den verringerten Verschleißwiderstand durch die hohe Temperatur zu berücksichtigen. Der Werkstoff muß sich nach der Höhe der Temperatur richten: bis 500° genügen Eisen und Stahl ohne besonderen Schutz, für höhere Temperaturen ist Wasserkühlung vorzusehen oder sind hitzebeständige Baustoffe zu verwenden (feuerfeste Steine, Stahl und Gußeisen mit Chrom legiert, Chromnickel u. dgl.). Außen am Ofen sind Wärmeschutzschichten anzubringen. Die Feuerung, die unbedingt sicher und störungsfrei arbeiten muß, wird meist mit Gas oder — gewöhnlich vorteilhafter — mit Öl betrieben. Der elektrische Strom eignet sich sehr gut, sofern er nicht zu teuer ist, dagegen sind feste Brennstoffe nicht zu empfehlen.

Der Fließofen muß sich wie eine Wärmemaschine gut steuern und regeln lassen, sowohl die Wärmezufuhr bzw. die Temperatur wie auch die Geschwindigkeit oder der Rhythmus der Glühgutbewegung. Dann wird der Ofen trotz hoher Anschaffungs- und Instandhaltungskosten wirtschaftlich arbeiten — sofern die oben genannte Bedingung erfüllt ist: genügende Menge gleichmäßiger Werkstücke.

Zum Härten wirft der Fließofen das Glühgut unmittelbar in den Abschreck-

¹ Siehe Stahl und Eisen. 1929, Heft 4.

behälter, aus dem es mit verhältnismäßig sehr einfachen Einrichtungen (endloses Band, Kette o. dgl.) hinaus- und weiterbefördert werden kann.

29. Ausgeführte Konstruktionen. Abb. 55 zeigt eine kleine, behelfsmäßige Einrichtung, um gelegentlich ganz kleine Teile an einem Ende ununterbrochen zu härten:

eine Scheibe, die, von einem kleinen Elektromotor über ein Schneckenvorgelege getrieben, langsam umläuft, hat am Umfang kleine Aufnahmen für die Werkstücke eingearbeitet. Um die Werkstücke zu erhitzen, liegt vor der Scheibe, kreisförmig gebogen, ein Gasrohr mit Löchern nach der Scheibe hin, so daß die Werkstücke beim Durchlaufen des Rohrbogens von den Flammen getroffen werden. Nach dem Erhitzen

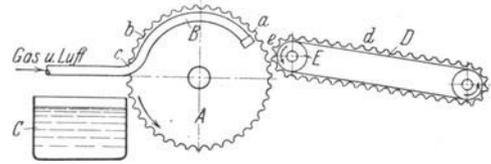


Abb. 55. Behelfsmäßige Einrichtung für ununterbrochenes Härten. A umlaufende Aufnahme, B Gasrohr, C Kühlbehälter, D endloses Ladeband, E angetriebene Scheibe, a-b Erhitzungsbogen, c Abfallstelle, d Beladestelle von D, e Beladestelle von A.

fallen die Werkstücke aus der Scheibe ins Kühlbad. Die Scheibe wird durch ein endloses umlaufendes Band beladen, auf das ein Arbeiter die Werkstücke auflegt.

Abb. 56 zeigt einen Drehofen als Fließofen von einfacher Konstruktion. Er ist für kleine nicht empfindliche Teile, wie Kugeln, Federringe, Kratzstifte geeignet, die er durch eine Förderschnecke durch den Ofen bewegt.

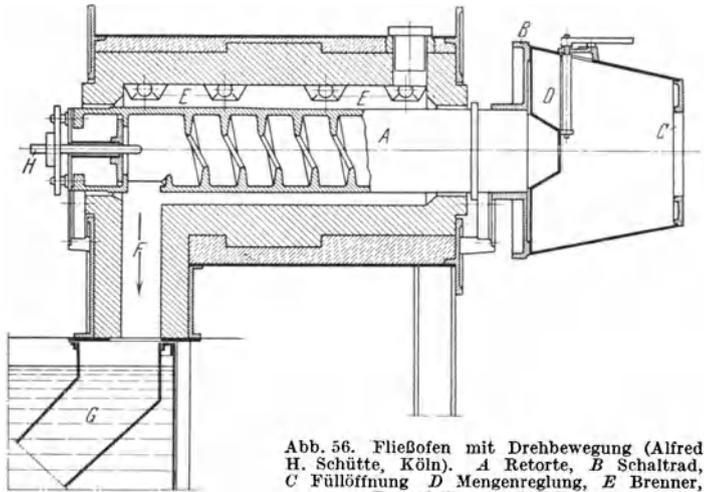


Abb. 56. Fließofen mit Drehbewegung (Alfred H. Schütte, Köln). A Retorte, B Schaltrad, C Füllöffnung, D Mengenreglung, E Brenner, F Ausfallkanal, G Kühlbad.

gut durch den senkrechten Kanal F in das Abschreckbad G.

Die Vorteile dieser Konstruktion sind: die Einfachheit der bewegten Teile, der Abschluß des Glühguts von den Verbrennungsgasen und die Gleichmäßigkeit seiner Erhitzung durch das andauernde Umkanten. Die Nachteile sind: gesteigerter Brennstoffverbrauch infolge der mittelbaren Erwärmung durch die Retorte und die Abnutzung des Schneckengangs durch die durcheinander rutschenden Glühteile, wenn sein Werkstoff in der Hitze nicht sehr widerstandsfähig ist.

Einen sehr bewährten Fließofen für kleine und mittlere Teile jeder Form, wie Kugellageringe, Fahrradnaben u. dgl., bei dem das Glühgut auf einem Kettenherd durch den Ofen bewegt wird, zeigt Abb. 57. Der Kettenherd A ist zwischen den beiden Kettenrädern B_1 , B_2 gespannt, von denen B_1 von außen durch einen Elektromotor über ein Rädervorgelege angetrieben wird, während B_2 mit Hilfe von 2 Seilrollen und Seilen durch ein schweres Gewicht C nach außen gezogen wird.

Die einzelnen Glieder des Herdes führen sich mit den Rollen *D* auf der Fahrbahn *E*. Erhitzt wird der Ofen durch die in beiden Seiten der Längswand versetzt zueinander bei *F* liegenden 4 Ölbrenner. Am Ende des Weges fällt das Glühgut bei *G* aus dem Ofen in das untergestellte Abkühlbad.

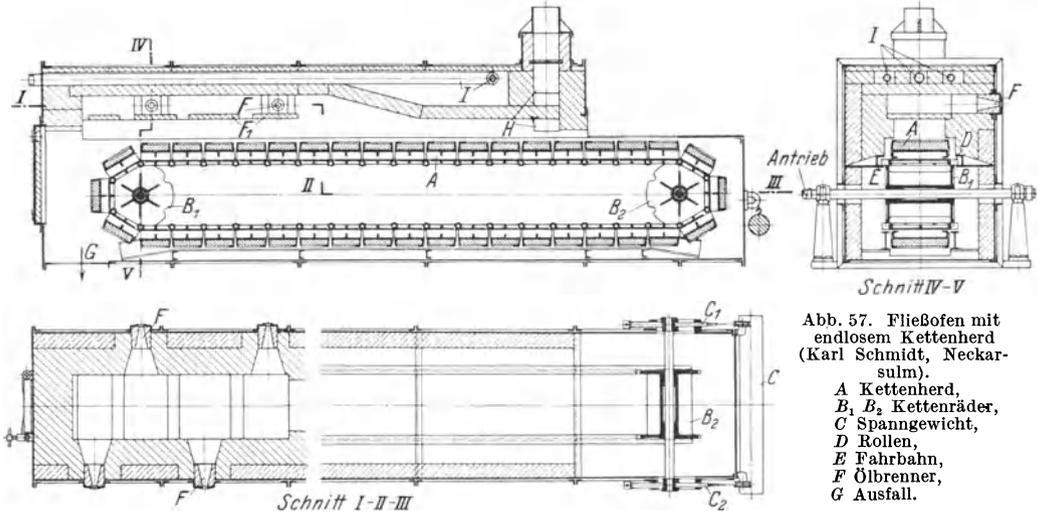


Abb. 57. Fließofen mit endlosem Kettenherd (Karl Schmidt, Neckarsulm).

A Kettenherd,
B, B₂ Kettenräder,
C Spannungswicht,
D Rollen,
E Fahrbahn,
F Ölbrenner,
G Ausfall.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit eines solchen Ofens ist die Lebensdauer des Herdes. Bei der Ausführung Abb. 57 sind Konstruktion und Werkstoff des Herdes besonders sorgfältig gewählt: jedes Glied besteht aus 3 Teilen: dem Unterteil aus Stahlguß, dem Mittelteil aus Temperguß und dem rahmenförmigen Obertheil, das den Stein zum Auflegen des Glühguts hält, aus feuerfestem Guß. Infolgedessen läuft der Herd bei jeder Temperatur ohne Klemmen und Sperren, und der Verschleiß ist so gering, daß in Jahren kein Glied ausgewechselt zu werden braucht.

III. Das Abkühlen.

Je nach dem Zweck der Warmbehandlung und der Natur des Stahles wird mit sehr verschiedener Geschwindigkeit abgekühlt.

A. Langsames Abkühlen zum Ausglühen.

30. Art des Abkühlens. Große Werkstücke aus niedrig gekohltem Stahl (Maschinenstahl, Baustahl) können unbedenklich aus dem heißen Ofen genommen und an irgendeinen trockenen Ort zum Abkühlen in ruhiger Luft gebracht werden. Will man bei Werkzeugstahl sehr langsam abkühlen, läßt man die Werkstücke mit dem Ofen erkalten. Das setzt allerdings voraus, daß der Glühraum keine höhere Temperatur hat als das Werkstück haben soll, weil dieses sonst überhitzt würde. Aber auch, wenn das nicht der Fall ist, hat das Auskühlenlassen im Ofen den Nachteil, daß dadurch die Wärme des Ofens verlorengeht und der Ofen für lange Zeit weiteren Glüharbeiten entzogen wird. Eingepackte Teile erkalten am besten im Kasten; kleinere, lose Stücke schiebt man zum Abkühlen wohl in trockene Asche oder trockenen Kalk und flache Teile zwischen eiserne Platten in einem Kasten mit trockener Asche. Dabei erhitzt man bei dünnen Teilen die Platten auf Kirschrotglut.

B. Das Abkühlen zum Härten.

31. Übersicht. Gewöhnlicher (unlegierter) Kohlenstoffstahl wird fast immer schroff, in Wasser, abgeschreckt, es sei denn, daß man bei hohem Kohlenstoffgehalt nicht Glashärte, sondern nur Federhärte haben will. Niedrig mit Wolfram, Nickel oder Silizium legierte Stähle werden wie die unlegierten abgeschreckt, dagegen mit Chrom oder Mangan legierte milder, in Öl. Hochlegierte Stähle werden immer nur in Öl oder noch milder in Tran, Talg oder Luft abgekühlt.

Meistens wird aus der Hitze des Ofens so rasch wie möglich abgeschreckt, das heißt, man bringt das glühende Stück auf dem kürzesten Weg und schnell in das Abschreckbad. Das hat den Vorzug, daß auch ohne besondere Maßnahmen die Oberfläche wenig Gelegenheit hat, in der Luft zu oxydieren, zu zundern. Der geringe Temperaturverlust dabei schadet nichts. Manche Härter vergrößern ihn sogar absichtlich und kühlen z. B. empfindliche Werkzeuge aus Stahl mit mehr als 1% C, die auf 740÷770° erwärmt wurden, aus Vorsicht erst bei 710÷730° ab. Die Berechtigung dazu gibt die verschiedene Lage der für das Härten maßgebenden „Haltepunkte“ (s. 1. Teil, Abschnitt 19).

Lange dünne Stücke dürfen beim Hinüberführen ins Bad nicht so angefaßt werden, daß sie sich durchbiegen.

32. Wahl des Abschreckmittels. Die wichtigste Regel ist: nicht schroffer abschrecken als für die verlangte Härte durchaus nötig ist. Denn je schroffer man abschreckt, um so größer ist die Gefahr, daß starke Spannungen und Härterisse entstehen. Für die Wahl des Abschreckmittels muß außer der Zusammensetzung des Stahls auch die Form und Größe des Werkstücks berücksichtigt werden, weil das gleiche Abschreckmittel um so stärker wirkt, je dünner das Stück, das heißt je größer seine Oberfläche im Verhältnis zu seinem Gewicht oder seinem Volumen ist. Z. B. kühlt eine Scheibe von 50 mm Durchmesser und 1 mm Stärke in derselben Flüssigkeit etwa 15 mal so schnell ab wie eine Kugel von 50 mm Durchmesser. Deshalb wird ein dünnes, flaches Stück schon in Öl oder zwischen eisernen Platten sehr hart, während ein dickes Stück aus demselben Stahl für die gleiche Härte in kaltem Wasser abgeschreckt werden muß. Deshalb werden auch z. B. kleine Stahlkugeln in Öl, große dagegen in Salzwasser gehärtet.

Manchmal schreckt man weniger schroff ab als erwünscht wäre und verzichtet damit auf höhere Härte, um sicher zu sein, daß die Teile nicht reißen. Das geschieht wohl bei kostbaren Werkzeugen von verwickelter Form, wie Schnitten und Gesenken, die man etwa in Kalkwasser statt in reinem oder gar in angesäuertem Wasser härtet. Neuerdings werden für solche Fälle Blei- oder Salzbäder von einigen Hundert Grad (400÷600) empfohlen.

Während man Konstruktionsteile u. dgl. aus Maschinen- und Baustahl (mit Kohlenstoffgehalt bis etwa 0,6%) im Wasser völlig erkalten läßt, empfiehlt es sich, Teile aus hochgekohltem Stahl (Werkzeugstahl), wenn sehr hohe Härte von ihnen verlangt wird, wie besonders Schneidwerkzeuge (Bohrer, Fräser, Reibahlen usw.), ferner Schnitte u. dgl. in Wasser nur solange abzukühlen, bis die Glut gelöst ist (bis unter 200°) und sie dann in Öl auskühlen zu lassen. Auf diese Weise wird das Stück außen sehr hart und behält doch im Kern, da es hier langsamer abkühlt, genügend Zähigkeit; auch ist während des Auskühlens in Öl die äußere Schicht infolge der langsamer abfließenden Wärme des Kerns etwas weniger starr, so daß die Spannungen nicht leicht übergroß werden und das Stück nicht zerreißen.

Teile, wie Spiralfedern, Spannpatronen u. dgl., die federhart werden sollen, kühlt man bei genügend hartem Stahl am besten in Öl ab, ebenso dünne und flache Teile, wie schmale Kreissägen, kleine Bohrer, Kugeln u. dgl., auch wenn sie sehr

hart werden sollen. Für Teile, für die Wasser zu schroff, Öl zu milde wirkt, und für Teile, die man wegen der Gefahr des Reißens nicht so schroff abschrecken will, empfiehlt sich Kalkwasser (Kalkmilch), Seifenwasser oder eine andere der früher angegebenen milde wirkenden Flüssigkeiten.

Das Abkühlen an eisernen Platten ist wohl für dünne Teile, wie Sägen, Klingen, Bänder bei Massenherstellung üblich.

Auch beim Abkühlen in heißen Salzen (oder Blei) kann man noch eine sehr hohe Härte erhalten und mit Sicherheit ein Reißen vermeiden. Man kann es an Stelle des schroffen Abschreckens mit nachfolgenden Anlassen anwenden, indem man das Salzbad ungefähr so heiß nimmt (z. B. 200°), wie man sonst anlassen würde (z. B. $190 \div 210^{\circ}$). Ob allerdings die Schneidhaltigkeit dabei ebenso günstig wird, darüber ist noch nichts Verlässliches bekannt.

Eine große Zahl legierter Stähle, besonders die Chromstähle können, wie bereits in Abschnitt 31 erwähnt, mit wesentlich geringerer Abkühlungsgeschwindigkeit in Öl gehärtet werden. Dabei ist es für manche der schon höher legierten „Ölhärter“ empfehlenswert, sie in Öl nur bis zur Rotglut und dann völlig in Luft abkühlen zu lassen. Für die hochlegierten „Lufthärter“, besonders die Schnellstähle, eignet sich trockene Gebläseluft, doch benutzt man statt dessen auch wohl Tran, Petroleum, Talg oder auch Öl, manchmal (z. B. für Sägeblätter) auf etwa 120° erwärmt. In Wasser wird die Härte auch nicht größer, wohl aber wächst die Gefahr, daß der Stahl reißt. Das Abkühlen erst in heißen Bädern von $600 \div 650^{\circ}$, dann in Öl, die sogenannte gebrochene Härtung, ist besonders in Amerika viel üblich. Es werden dazu meist Sondersalze benutzt, die sehr günstig einwirken sollen (z. B. auf das Verziehen des Stücks, auf die Gleichmäßigkeit der Härte usw.). Um eine fleckenlose Oberfläche zu erhalten, wird ein Bad aus 40% Chloratrium, 40% Chlorkalzium und 20% gelbem Blutlaugensalz empfohlen.

33. Menge und Einwirkungsdauer des Kühlmittels. Um befriedigende Ergebnisse zu erhalten, müssen 2 Forderungen erfüllt sein: 1. muß das Abschreckmittel in genügender Menge vorhanden sein, 2. muß es lange genug wirken.

Genügende Menge, das heißt ein ausreichend großes Bad ist nötig, damit auch bei häufigem Gebrauch die Temperatur der Flüssigkeit nicht erheblich ansteigt und die Wirkung beeinträchtigt. Außer der Größe hat darauf natürlich die Konstruktion des Bades, nämlich die Einrichtung zur Kühllhaltung, einen großen Einfluß. Bei richtiger Wahl der Größe und der Konstruktion läßt es sich leicht erreichen, daß die Temperatur auch beim stärksten Betrieb die zulässigen Grenzen nicht überschreitet.

Genügend lange Abkühlungszeit ist nötig, weil zunächst nur die äußere Schicht abgekühlt wird, die Abkühlung aber nur langsam nach innen vordringt, das heißt die Wärme aus dem Innern nur langsam durch die äußeren Schichten abgeleitet wird. Daher ist die Abkühlzeit, ebenso wie die Zeit zum Erwärmen, um so länger, je dicker das Stück ist. Kühlt man ein dickes Stück zu kurze Zeit ab, so wird es außen zunächst wohl gut hart, aber die aus dem Innern nachströmende Wärme hält sich in der äußeren Schicht so lange auf, daß diese wieder angelassen, das heißt wieder weicher wird. Für Teile aus wasserhärtendem Werkzeugstahl wird nach schroffem Abschrecken außen die von innen nachströmende Wärme genügend rasch und doch nicht zu rasch vom Ölbad aufgenommen. Deshalb ist das schon oben empfohlene Abschrecken: zunächst in Wasser, dann in Öl, fast immer das beste.

Im Wasser selbst bleiben dabei die Teile zum Abschrecken nur kurze Zeit, die dünnsten kaum 1 Sekunde. Es verlangt viel Erfahrung und Übung, diese Zeit richtig zu bemessen; geringes Fehlgreifen kann gefährlich werden, entweder

Reißen zur Folge haben bei zu langer Zeit, oder ungenügende Härte bei zu kurzer Zeit. Mit dem Aufhören der zitternden Bewegung oder des klingenden Geräusches, das das glühende Stück hören läßt, ist der Augenblick gekommen, es aus dem Wasser in das Öl zu geben. Gesenke sind im Wasser genügend abgekühlt, wenn man einen Finger ein paar Sekunden in die „Figur“ halten kann. Man kann sie dann auf einer Platte anlassen oder in Öl legen.

Damit bei sehr starken Stücken (aus hochgekohltem Stahl) die von innen nachströmende Wärme die äußere Schicht nicht enthärtet, verringert man die Menge der inneren Wärme wohl durch Entfernen der inneren Werkstoffschicht. So bohrt man sehr starke Gewindebohrer, Reibahlen, Stahlwalzen u. dgl. wohl hohl. Man erreicht dadurch auch größere Sicherheit gegen Reißen, weil der Werkstoff nach der Bohrung hin Bewegungsmöglichkeit bekommt.

34. Bewegung zwischen Werkstück und Flüssigkeit im allgemeinen. Die Abkühlung wird außer von den Eigenschaften der Kühlflüssigkeit von der Bewegung zwischen Werkstück und Flüssigkeit bestimmt. Denn, ist keine Bewegung zwischen ihnen, so umgibt sich das Werkstück schnell mit einer Schicht warmer Flüssigkeit bzw. Dampf, die die Abkühlung sehr verlangsamen und eine ausreichende Härtung bzw. Durchhärtung ganz oder stellenweise verhindern.

Die Bewegung hat die Aufgabe, immer von neuem kühle Flüssigkeit an die heißen Flächen heranzubringen und angesetzte Dampfblasen fortzuspülen. Je stärker sie ist, um so rascher die Abkühlung.

Die Bewegung hat aber noch eine andere Bedeutung: sie beeinflusst die Gleichmäßigkeit der Abkühlung. Völlige Gleichmäßigkeit ist weder bei Bewegungslosigkeit, noch bei irgendeiner Bewegung zu erreichen, doch kann unbedachte Bewegung viel verderben.

Warum auch die einfachsten Werkstücke nie völlig gleichmäßig abgekühlt werden können, das mögen die Abb. 58 erläutern, die die Abkühlung eines zylindrischen Stückes darstellen, das ein-

mal mit der Achse waagrecht (*A*), einmal lotrecht (*B*) in Pfeilrichtung im Wasser bewegt wird. In beiden Fällen bildet sich vor der vorangehenden Fläche durch einen Wasserkeil eine Stelle (in Abb. schwarz), an der die Strömungsgeschwindigkeit gleich null, der Druck am größten ist. Bei *A* fließt von dieser Stelle, die über die ganze Länge

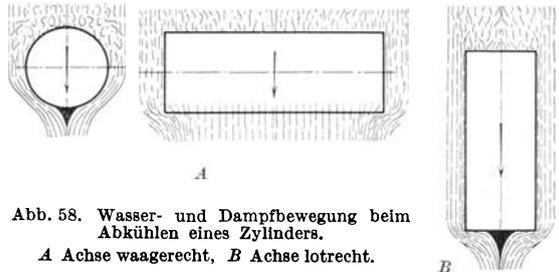


Abb. 58. Wasser- und Dampf bewegung beim Abkühlen eines Zylinders.

A Achse waagrecht, *B* Achse lotrecht.

reicht, das Wasser einmal über die Zylinderfläche ab, indem es von der Mitte an starke Wirbel bildet, an der auch der Dampf teilnimmt, zum andern fließt es nach den Stirnflächen und über diese hin, nicht ohne auch an der Kante etwas Wirbel zu verursachen. Bei *B* ist nur eine kleine Zone der Bewegungslosigkeit in der Mitte der vorangehenden Stirnfläche. Von hier fließt das Wasser nach der Kante, bildet dort wohl kleine Wirbel, strömt dann aber ziemlich ruhig über die Zylinderfläche hin, den Dampf mitreißend. Nur oben über der Stirnfläche entstehen stärkere Wirbel, an denen auch der Dampf teilnimmt. Bei weder einfach geformten noch einfach bewegten Werkstücken ist der Vorgang beim Abkühlen natürlich noch viel ungleichmäßiger und verwickelter.

Ob man zur Erzeugung der Bewegung das Werkstück gegenüber dem ruhenden Bad bewegt oder die Badflüssigkeit gegenüber dem ruhenden Werkstück, ist grundsätzlich gleichgültig. Aus praktischen Erwägungen bewegt man bei kleinen Werk-

stücken, vor allem Werkzeugen, meist diese, bei großen die Badflüssigkeit. Nur wenn bestimmte Flächen, wie Bohrungen, Hohlkehlen u. dgl., besonders kräftig gekühlt werden sollen, bewegt man auch bei kleineren Werkstücken die Kühlflüssigkeit, indem man einen kräftigen Strahl gegen die Fläche bzw. an der Fläche entlang strömen läßt: Strahlhärtung. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist dabei viel größer als beim Bewegen des Werkstückes.

35. Bewegung des Werkstücks. Das Eintauchen ergibt von selbst eine Bewegung zwischen Werkstück und Bad, die dann aber noch planmäßig fortgesetzt wird. Nur kleine einfachste Teile, wie Kugeln, Rollen, Geschößkerne, Schrauben, Ringe, kleine Federn kann man kopfüber ins Bad stürzen, das dann aber tief genug sein muß, damit die Teile ausreichend abgekühlt unten ankommen. Alle anderen Teile, die größer oder empfindlich sind, wie die meisten Werkzeuge, müssen einzeln oder zu wenigen in bestimmter Richtung ins Bad gebracht und einige Zeit darin bewegt werden. Erst nachdem die Glut gelöscht ist, darf man sie hinlegen, sei es in dasselbe, sei es in ein milderes Bad. Aber auch dann muß man oft noch durch Bewegen des Bades dafür sorgen, daß die innere Wärme genügend abgeführt wird.

Eintauchen. Das Werkstück muß schlagartig eingetaucht werden — man spricht deshalb auch wohl von „einschlagen“ — damit die Bewegung zum raschen Abkühlen ausreicht. Weiter aber muß es meist in bestimmter Richtung eingetaucht werden, damit alle Flächen möglichst rasch und gleichmäßig abkühlen. Nur dann wird es überall ausreichend hart und verzieht sich möglichst wenig.

Aus Abschnitt 34 folgen daraus für die Grundformen folgende Regeln:

Alle Teile gerade eintauchen, längliche Teile (zylindrische und andere) in der Längsrichtung, das heißt die

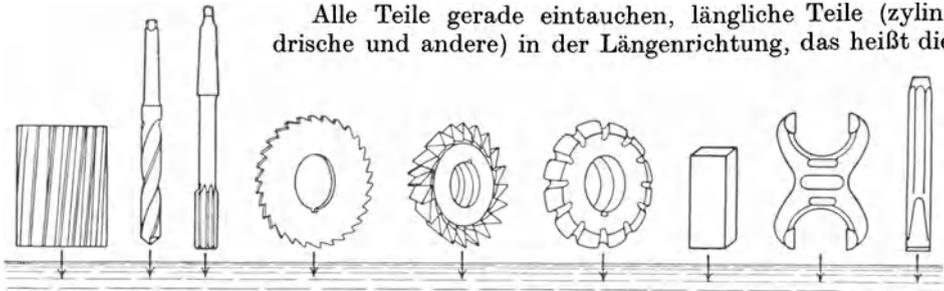


Abb. 59. Eintauchrichtung von Werkzeugen.

Achse lotrecht zum Bad, flache Teile mit der Schmalseite voran, hohle Teile mit

Abb. 59 und 60.
Abkühlen von Formfräsern

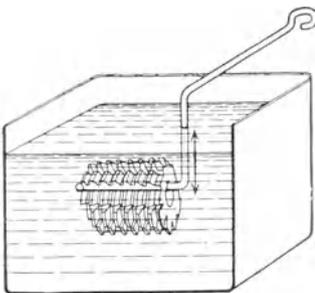


Abb. 60.

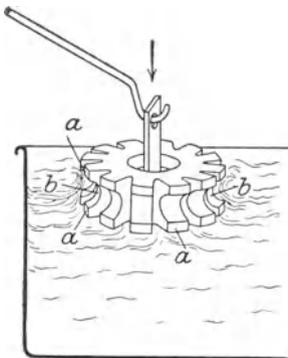


Abb. 61.

der Höhlung nach oben. Für eine Anzahl von Werkzeugen ist die Eintauchrichtung, die sich aus diesen Regeln ergibt, in Abb. 59 angegeben.

Nicht so einfach ist's bei Formfräsern und -stäbchen mit hohlem oder verwickeltem Profil. Dabei geben persönliche Erfahrung und Übung den Ausschlag. Schneckenrad- und Abwälzfräser schlägt man meist mit der Achse waagrecht

ein (Abb. 60), wobei man sie um die Achse zu schwenken sucht, damit die Flanken der oft sehr tiefen Zähne alle gut hart werden. Das gleiche gilt für Halbkreis- und

ähnliche Fräser. Schlägt man einen solchen Fräser mit der Achse senkrecht ins Wasser (Abb. 61), so stößt das Wasser wohl gegen die Kanten bei *aa*, bei *b* aber würden sich leicht Dampfblasen ansetzen. Rollen, Stifte u. dgl. (*a* Abb. 62) läßt man wohl eine schräge Ebene hinunter in einen Siebkorb laufen, mit dem man sie bequem aus dem Bad holen kann.

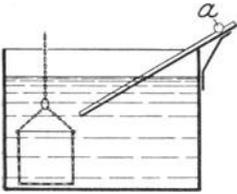


Abb. 62. Abrollen von Zylinderteilen.

Kleine Spiralbohrer rollt man auf einer etwas schrägen Ebene im Ölbad mit einer Handhabe hin und her, damit sie sich nicht verziehen können und läßt sie dann abrollen (Abb. 63).

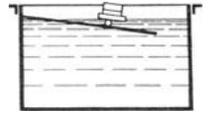
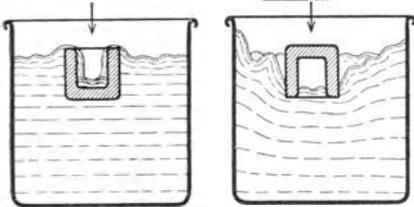


Abb. 63. Einrollen von Spiralbohrern.

Kleine Werkzeuge u. dgl., deren Bohrungen hauptsächlich hart werden müssen, wie Schneideisen, Gewindelehrmuttern, Zieheisen, Schnittplatten, schlägt man — soweit man sie nicht mit dem Strahl härtet (siehe Abb. 34) — mit der Achse lotrecht oder bogenförmig ein (Abb. 35), damit die Kühlflüssigkeit sogleich durch die Bohrung strömen kann.

Bei Sacklöchern u. dgl., die hart werden sollen, muß die Öffnung darum nach oben sehen, damit das Wasser herein, Luft- und Gasblasen heraus können (Abb. 64).



richtig Abb. 64.

falsch

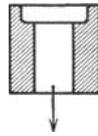


Abb. 65.

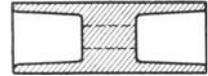


Abb. 66.



Abb. 67.

Abb. 66 und 67.

Werkstücke mit 2 Bohrungen.

Das gleiche gilt für Aussenkunnen (Abb. 65). Teile mit 2 Bohrungen machen Schwierigkeiten, sofern man sie nicht durchbohren kann (gestrichelt in Abb. 66): man härtet sie am besten mit 2 Strahlen. Schwierigkeiten machen deshalb auch die beiden Körner im Drehdorn (Abb. 67). Am besten härtet man erst den Dorn ohne Rücksicht auf die Körner mit der Achse lotrecht und härtet dann nacheinander die Körner, indem man jeden kurz erhitzt und im Strahl abkühlt.

Bewegen in der Flüssigkeit. Meist wird die Einschlagrichtung ungefähr beibehalten (*a* Abb. 35), doch führt man manche Teile auch im Kreise umher wie Gewindebohrer (*b* Abb. 35) oder zieht sie hin und her wie Sägen (*c* Abb. 35). Auch T-Nuten-, Scheibenkeil- und ähnliche Fräser, die beim Auf- und Abbewegen starke Wirbel erzeugen, führt man im Kreis umher (Abb. 68).

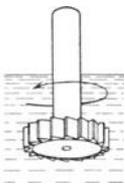


Abb. 68.

Lange Werkzeuge mit verhältnismäßig schwachem Querschnitt, wie Stehbohrer, Räumnadeln, abnorm lange Reibahlen u. dgl. dreht man während der Abkühlung wohl um ihre Achse, damit alle Kanten ganz gleichmäßig mit dem Wasser in Berührung kommen. Abb. 69 zeigt eine dafür konstruierte Einrichtung. Die Zange unten, die das



Abb. 69.

Umlaufende Härtezange.

Werkzeug aufnimmt, wird durch einen kräftigen Schwung am Handrad in Umdrehung versetzt. Da über dem Handrad ein Kugellager eingebaut ist, so hält

die Drehbewegung während des ganzen Abkühlens an; zweckmäßiger ist es jedoch, einen Motor einzubauen. Schneidwerkzeuge sollen mit den Schneiden voran gedreht werden. Unabhängig von dieser Drehung wird dann der Apparat mit dem Werkstück noch langsam im Kreise umhergeführt.

Durch die Art der Bewegung kann man immer die Stärke der Härtung abstimmen: bewegt man langsam und in enger Bahn, so wirkt das Kühlmittel milder, als wenn man schnell und in weiter Bahn bewegt.

36. Bewegung der Badflüssigkeit. Große und schwere Teile, besonders Konstruktionsteile wie Achsen, Schubstangen, Geschützrohre läßt man ruhig hängen und bewegt die Flüssigkeit. Dazu benutzt man die Bäder, in die kühle Flüssigkeit unten stetig eintritt und oben durch einen Überlauf ausfließt. Öl läßt man dabei einen geschlossenen Kreislauf durchlaufen.

Strahlhärtung wird viel für größere Werkzeuge benutzt, wenn einzelne Stellen, besonders Bohrungen gut hart werden sollen, der übrige Teil dagegen möglichst zäh bleiben soll. So kühlt man die Bohrungen und Durchbrüche von Zieh- und Kaliberringen, Schnittplatten u. dgl., aber auch die Figuren der Gesenke und die Bahn von Hämmern usw.

Abb. 70 zeigt eine Einrichtung für Gesenke. Das erhitzte Gesenk wird mit der Arbeitsfläche nach unten auf die Stäbe *J* gelegt, das Ventil *G* geöffnet, so daß ein starker Wasserstrahl gegen die Arbeitsfläche geschleudert wird. Dabei steigt der Wasserspiegel im Gefäß allmählich von *H* bis *L* in Höhe des Überlaufes. Kurz bevor er die Rückenfläche erreicht, öffnet man Ventil *F* und läßt einen Sprühregen auf das Gesenk von oben fallen. Dadurch verhindert man, daß zu große Abkühlungsspannungen entstehen und das Gesenk sich wirft.

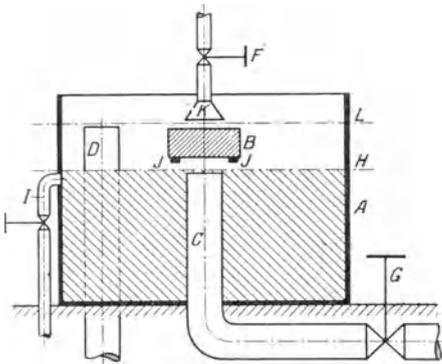


Abb. 70. Strahlhärtung von Gesenken. *A* Behälter, *B* Gesenk, *C* Zuleitung, *D* Überlauf, *F*, *G* Ventile, *I* Ableitung, *H* unterer Wasserstand, *L* oberer Wasserstand, *K* Brause, *J* Auflagestäbe.

Nach etwa 2 Minuten sind alle nicht ungewöhnlich großen Gesenke abgekühlt, und zwar reicht die hohe Härte der Arbeitsfläche bis zu 20 mm tief.

Abb. 71 ist eine ganz einfache, in der Werkstatt behelfsmäßig zusammengebaute Einrichtung zum Härten von Hammerbahnen u. dgl. Abb. 72 ist eine Brauseeinrichtung, um Werkstücke außen ringsherum abzuschrecken, sei es, daß sie zu schwer sind, um sie zweckentsprechend zu bewegen, sei es, daß man an einzelnen Stellen (Lagerstellen, Hohlkehlen u. dgl.) eine besonders kräftige Wirkung erzielen will.

Abb. 73 zeigt eine Strahleinrichtung zum sicheren Härten der Bohrung von Ziehringen, Kaliberringen u. dgl., die besonders dann

am Platze ist, wenn die Bohrung lang ist. Der Wasserstrahl strömt an der Wandung der Bohrung des Werkstückes entlang und wird durch den Rand des Trichters so in das Bad geleitet, daß er die Außenfläche des Werkstückes nicht berührt.

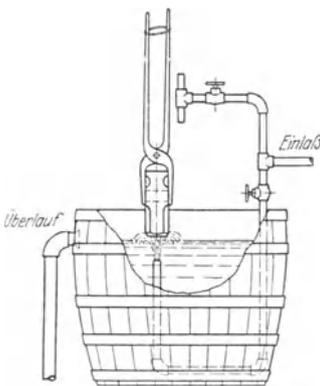


Abb. 71. Behelfsmäßige Strahlhärtung.

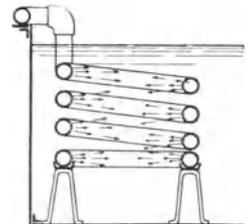


Abb. 72. Brause für Außenhärtung.

Hat die zu härtende Bohrung an jedem Ende eine Erweiterung, die beide gut hart werden müssen, wie z. B. bei Kaltmatrizen, so muß die Vorrichtung am Austritt des Wasserstrahls einen Verteiler *a* (Abb. 74) haben.

Eine gut durchgearbeitete, vielseitig verwendbare Vorrichtung zur Strahlhärtung innen zeigt Abb. 75. Auf einer Säule, durch die innen das Wasser zu- und abgeleitet wird, liegt in einer Aufschale ein aus-

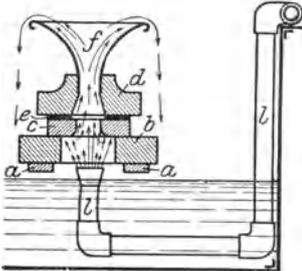


Abb. 73. *a* Schienen, *b* Unterlage, *c* Werkstück, *d* Belastungsring, *e* Asbestscheibe, *f* Trichter, *l* Zuleitung.

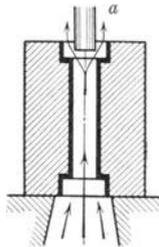


Abb. 74. *a* Verteiler.

Abb. 73 und 74. Strahlhärtung von Bohrungen.

wechselbarer Aufnahmering. Das erhitzte Werkstück wird darauf gelegt und schnell durch eine vorklappbare Spindel gespannt; damit stößt zugleich ein Stift gegen das Einlaßventil und öffnet es.

Will man in einem Bad die Temperatur immer schnell wieder ausgleichen, so bewegt man die Flüssigkeit durch eingeleitete Preßluft (siehe Abb. 26). Das ist besonders empfehlenswert für Teile, die man in das Bad stürzt bzw. hineinlegt. Behelfsmäßig kann man auch einfach einen an die Luftleitung angeschlossenen Gummischlauch ins Bad legen. Gelegentlich bewegt man das Bad auch wohl mechanisch durch ein einfaches Rührwerk.

37. Besondere Mittel für Schnellstahl. Zum Abkühlen von Schnellstahl werden dieselben Hilfsmittel benutzt wie für die weniger hoch zu erhaltenden Stähle; nur wenn Schnellstahl in Luft abgekühlt wird, sind besondere Mittel in Gebrauch. Es sind das meist sehr einfache Aufnahmen, die das Werkstück an allen vorzugsweise zu härtenden Flächen der austretenden Preßluft aussetzen, wozu allerdings noch zu bemerken ist, daß vielfach die geringe Luftbewegung als ausreichend erachtet wird, die das ruhig hingestellte glühende Werkstück dadurch hervorruft, daß es die umgebende Luft erhitzt, so daß sie aufsteigt und kalte nachströmt.

Für gelegentliches Härten richtet man einfach mit dem Schlauch den Luftstrahl auf das Werkzeug, so daß die Schneide zuerst getroffen wird (Abb. 76). Das einfachste, vielseitig verwendbare Hilfsmittel ist ein Rost oder eine gelochte Blechplatte (Abb. 77), auf die die abzukühlenden Teile gestellt werden, während von unten durch Düsen Luft durchgeblasen wird. Will man Teile von oben abblasen, kann man einfache Kästen nach Abb. 78 benutzen, zum Abblasen von vorn Kästen nach Abb. 79. Schaftwerkzeuge, die wie Reibahlen, Spiralbohrer usw. hängend gekühlt werden sollen, legt man mit dem Halter, an

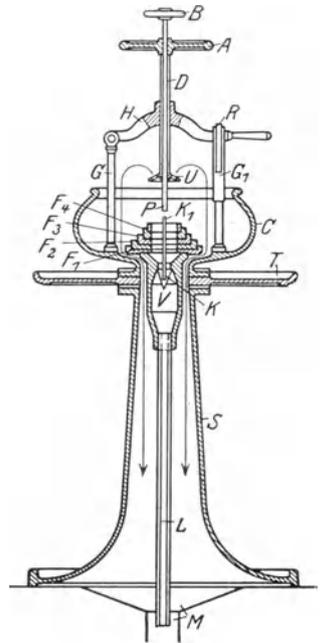


Abb. 75. Vorrichtung für Strahlhärtung. *A, B* Handräder, *C* Aufnahmschüssel, *D* Spindel zum Andrücken, *F*₁—*F*₄ Aufnahmringe, *G* Stütze, *G*₁ Gabelstütze, *H* Hebel, *K* Ventilkegel, *K*₁ Ventilspindel, *L* Zuleitungsröhre, *M* Ablauf, *P* Stift zum Öffnen des Ventils, *R* Fangregel, *S* Säulenfuß, *T* Tisch, *U* Druckteller, *V* Einlaßventil.



Abb. 76. Abblasen eines Drehstahls.

dem sie erhitzt wurden, auf einfache Rahmen (Abb. 80). Für größere Fräser und andere Schnellstahlwerkzeuge mit Bohrung benutzt man gern einen kleinen Drehtisch, der entweder durch den Luftstrom selbst oder durch ein besonderes mecha-

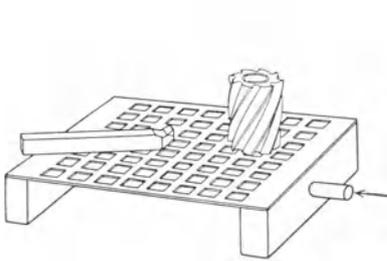


Abb. 77.

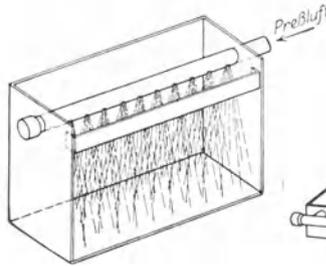


Abb. 78.

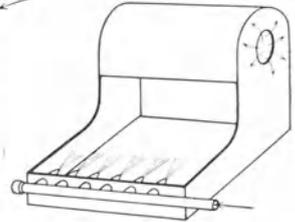


Abb. 79.

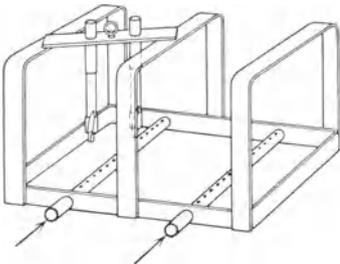


Abb. 80.

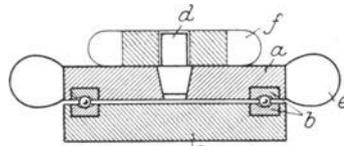


Abb. 81. a Drehteller, b Kugellager, c Aufnahme, d Dorn, e Blechflügel, f Werkstück.

Abb. 77 ÷ 81. Aufnahmen zum Abblasen von Werkzeugen.

nisches Getriebe gedreht wird. Abb. 81 zeigt eine sehr einfache Anordnung der ersten Art mit Kugellager. Der Luftstrom wird ein wenig tangential so gerichtet, daß er das Werkzeug und auch die Blechflügel des Drehtellers trifft, so daß dieser rasch gedreht wird und die Luft alle Zähne des Werkzeuges gut abbläst.

38. Teilweise Härtung. Viele Werkstücke sollen nur teilweise hart werden, wie Schaftwerkzeuge, manche Lehren, ferner Backen, Ziehringe, Matrizen u. dgl. Liegt der zu härtende Teil an einem Ende, so ist es das Beste, nur diesen zu erwärmen und abzukühlen. Das läßt sich, wie früher schon erwähnt, am einfachsten im Schmelzbad ausführen. Auf diese Weise härtet man in der Massenherstellung fast immer: Schaftfräser, Gewindebohrer, Spiralbohrer, Reibahlen u. dgl., indem man sie am Schaft hält und in das Bad taucht (Abb. 35 b). Ebenso kann man mit Backen, Lehren usw. verfahren. Zu beachten ist, daß das Erwärmen stets etwas weiter zu geschehen hat als das Abkühlen und durch Bewegen im Abkühlbad dafür zu sorgen ist, daß keine scharfe Grenze zwischen abgeschrecktem und nicht abgeschrecktem Teil entsteht. In

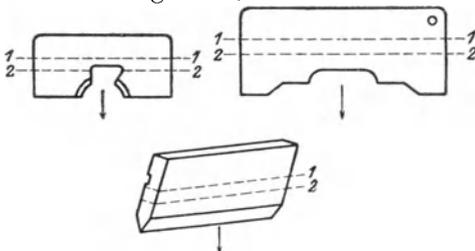


Abb. 82. Teilweise zu härtende Werkzeuge.

Abb. 82 zeigen die Linien 1-1 die Ebenen an, bis zu denen die Backe, die Flachlehre, der Gewindestahl erhitzt, die Linien 2-2 die Ebenen, bis zu denen sie abgeschreckt werden müssen.

Sollen Teile der Werkstücke weich bleiben, die nicht an einem Ende liegen, oder werden die Werkstücke in Mengen zugleich im Glühofen erwärmt, so hat man 2 Mittel, das Ziel zu erreichen. 1.: Man erwärmt die Teile vollständig ohne irgendeine besondere Maßnahme, kühlt aber nur die Stellen kräftig ab, die hart werden sollen. 2.: Man umgibt die Stellen, die weich bleiben sollen (meist auch, damit sie

nicht reißen) mit Lehm, Asbest, eisernen Platten, Ringen o. dgl. und erwärmt und kühlt die ganzen Teile.

Zu 1.: Teilweises Abkühlen kann man durch Strahlhärtung erreichen, über die Näheres im Abschnitt 36 gesagt ist, oder durch eine Vorrichtung, in die das Werkstück nach dem Erhitzen gelegt wird, und die beim Abkühlen die nicht zu härtenden Stellen vor der Kühlflüssigkeit mehr oder weniger schützt. Abb. 83 u. 84 zeigen

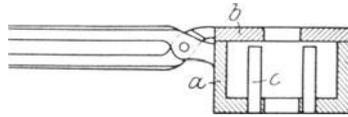


Abb. 83. Härtezange für Schneideisen.
a Kapsel, b Stifte, c Deckel.

2 Beispiele dafür. Bei der Härtezange für Schneideisen (Abb. 83) wird das Eisen in die Kapsel gelegt, so daß die Stifte die Löcher zwischen den Zähnen ausfüllen. Bei der Zange für Schnittplatten (Abb. 84) bleibt rings um den Durchbruch der Schnittplatte ein Streifen von etwa 3 mm für die Berührung mit der Kühlflüssigkeit frei. In beiden Fällen wird durch ausreichendes Schwenken dafür gesorgt, daß die Kühlflüssigkeit kräftig durch die Bohrungen fließt. Eine andere Art teilweiser Abkühlung zeigt Abb. 85: das Zahnrad (Kettenrad o. dgl.) wird nach dem Erhitzen auf einen Dorn geschoben, und der Zahnkranz dann durch die Kühlflüssigkeit gedreht. (Über Vorrichtungen, die zugleich die Aufgabe haben, ein Werfen zu verhindern siehe Abschnitt 39.)

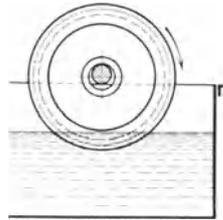


Abb. 85. Abkühlen der Zähne eines Rades.

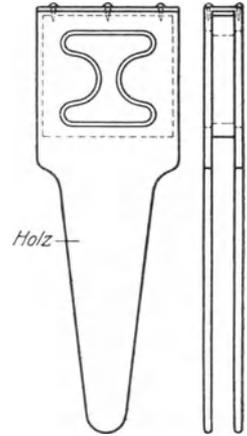


Abb. 84. Härtezange für Schnitte.

Zu 2: Durch die Abdeckung kühlt die geschützte Stelle so langsam ab, daß sie gar nicht oder nur wenig hart wird. Abb. 86 zeigt einen Spitzsenker, dessen Bohrung mit Lehm ausgefüllt ist. Kleine Bohrungen, wie Schraubenlöcher, füllt man mit Asbest aus oder mit einem Gemisch aus Asbest, Öl und Graphit, das leicht wieder zu entfernen ist. Will man große Bohrungen schützen, wie Walzenfräser oder andere Aufsteckwerkzeuge sie haben, deckt man sie zweckmäßig ab (Abb. 87).

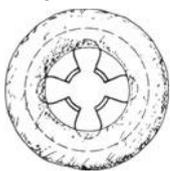


Abb. 88.

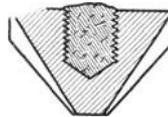


Abb. 86.

Abb. 87. →
a Bolzen, b Loch zum Halten, c Unterlegscheiben, d Asbestscheiben, f Fräser

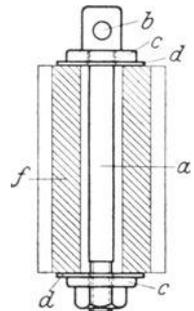


Abb. 86 u. 87. Bohrungen vor Hartwerden geschützt.

Will man große Bohrungen schützen, wie Walzenfräser oder andere Aufsteckwerkzeuge sie haben, deckt man sie zweckmäßig ab (Abb. 87).

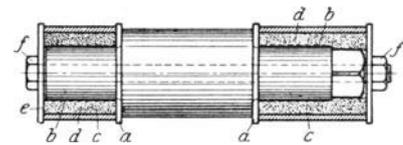


Abb. 89. a Scheiben, b Asbest, c Rohrstücke, d Lehm, e Scheiben, f Bolzen.

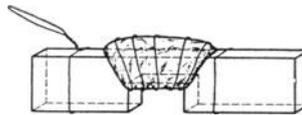


Abb. 90.

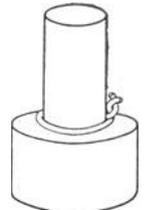


Abb. 91.

Abb. 89 ÷ 91. Einzelne Stelle vor Hartwerden geschützt.

Sacklöcher sollte man, wenn irgend zugänglich, stets ausfüllen, da sie sonst leicht Anlaß zum Reißen geben.

Abb. 88 ÷ 90 zeigen, wie man äußere Flächen oder irgendwelche Stellen eines flachen Werkstücks abdeckt: Abb. 88 ein Schneideisen rings am Rande abgedeckt,

damit nur die Zähne hart werden, Abb. 89 eine Stahlwalze mit sorgfältig verpackten Zapfen, Abb. 90 ein Riegel, an der Ausklinkung wegen ihrer scharfen Ecken geschützt. Zur Not kann man eine scharfe Eindrehung schon durch einen umgewundenen Draht etwas schützen (Abb. 91). In andern Fällen, bei Gesenken, Schnitten u. dgl. bestreicht man wohl derartige Stellen vor dem Abschrecken schnell mit Seife o. dgl.

39. Verziehen und Mittel es zu mildern. Ein gewisses Maß von Volum- und Formänderung ist beim Abschrecken unvermeidlich (über die Gründe siehe Teil 1 Abschnitt 67 u. f.). Die Größe des „Verzugs“ ist abhängig von der Vorbehandlung des Werkstücks, seiner Form, der Abkühlgeschwindigkeit und der Stahlsorte: je spannungsloser das Werkstück vor dem Härten ist, je einfacher seine Form und je geringer die Abkühlgeschwindigkeit, um so weniger verzieht es sich. Die Stahlsorte beeinflusst den Verzug vor allem durch die zum Härten nötige Abkühlgeschwindigkeit: Öl- und Lufthärter verziehen sich weniger als Wasserhärter. Darüber hinaus haben auch besondere Legierungsmetalle einen günstigen Einfluß, während im allgemeinen der Verzug mit dem Kohlenstoffgehalt wächst. Schnellstähle und besonders hochlegierte Chromstähle (etwa 12% Chrom bei 1,5÷2% Kohlenstoff) verhalten sich sehr günstig.

Bei Kohlenstoffstählen ergeben sich folgende Änderungen: Querschnitte länglicher Körper werden meist größer, wobei sich gerade Seiten zwischen Ecken etwas auswölben. Die Längen nehmen meist, doch nicht immer, zu. Bohrungen von Hohlkörpern (Fräser, Aufsteckreibahlen, Ziehringe usw.) werden meist kleiner, Steigungen von Gewinden kürzer. Verzahnte zylindrische Oberflächen (Reibahlen, Schafffräser, Gewindebohrer) wölben sich etwas, meist nach der freien Stirnfläche abfallend; bei ungleicher Zahnung wölben sich die dünnen Zähne nach außen, die dicken nach innen. Lochentfernungen in Schnitten werden meist größer.

Soweit nun sachgemäßes Abkühlen das Werfen nicht hindert, kann man es in geeigneten Fällen durch besondere Maßnahmen weiter einschränken, manchmal bis fast zum völligen Verschwinden. Diese Maßnahmen sind: das Werkstück vor dem Abkühlen in eine Vorrichtung spannen, die das Werfen mit Gewalt verhindert oder die Form des Werkstückes so abgeändert ausführen, daß sie erst durch das Verziehen angenähert richtig wird.

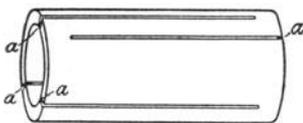


Abb. 92.

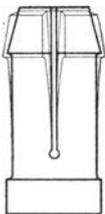


Abb. 93.

Abb. 92 und 93.
Zum Härten vorbereitete federnde Teile.

Dieses zweite Mittel ist nur dann anwendbar, wenn man erfahrungsgemäß die Art und Größe des Verziehens kennt (was allerdings immer nur bis zu einem gewissen Grade der Fall ist). Weiß man z. B., daß ein Gewinde sich in der Steigung um etwa $\frac{4}{100}$ mm auf 1'' verkürzt, so kann man es vorher um soviel verlängert schneiden. Oder weiß man, daß ein längliches Werkstück (z. B. Feile oder Stempel mit unsymmetrischem Querschnitt) sich nach einer Seite ausbiegt, so kann man es vorher entsprechend nach der anderen durchbiegen.

Gewisse Vorbereitungen am weichen Stück sind auch sonst wohl üblich. So läßt man z. B. bei Werkstücken, wie Schneideisen und Spreizbuchs, die um des guten Federns willen geschlitzt werden, den Schlitz durch einen kleinen Steg (a Abb. 92) geschlossen, damit das Werkstück sich nicht viel verziehen kann. Der Steg wird dann nach dem Härten fortgesprengt oder durchgeschliffen. Anders vorbereitet wird die Spannpatrone Abb. 93, damit sie gut federt. Man biegt sie vorher auseinander (dünn ausgezogen), indem man sie unten erwärmt und oben einen kegeligen Dorn eindrückt.

Häufiger als solche Vorbereitung ist das gewaltsame Verhindern des Werfens

in Vorrichtungen. Dabei dürfen die Werkstücke natürlich nur an solchen Stellen bzw. so gefaßt werden, daß die Härtung nicht behindert wird.

Sehr dünne Teile kann man durch ein Gewicht oder eine Feder spannen, wie das Blatt in Abb. 94. Im Gegensatz dazu zeigt Abb. 95 eine Vorrichtung, mit der

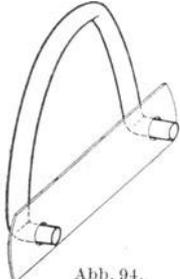


Abb. 94.

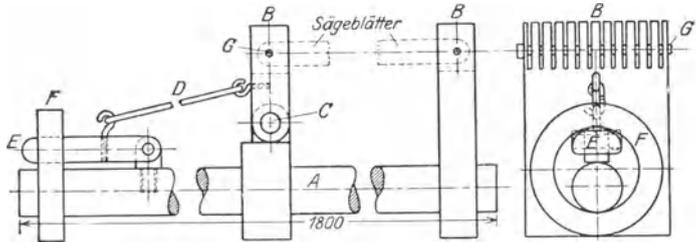


Abb. 95. Härtevorrichtung für Sägeblätter. A Stange, B Rahmen, C Schwenkbolzen, D Zugstange, E Spannhebel, F Spannring, G Stifte.

12 Sägeblätter zugleich gespannt gehalten werden. Auf einer Stange sitzen zwei Rahmen, der eine fest, der andere verschieb- und schwenkbar, um die Sägen, die durch Stifte in dem Rahmen gehalten werden, bequem spannen zu können. In dieser Vorrichtung werden die Sägen sowohl im Bleibad erhitzt, als auch im Ölbad abgekühlt. Auch für Sägen aus Schnellstahl ist der Rahmen brauchbar, besteht dann aber zweckmäßig aus hitzebeständigem Werkstoff.

In die Sonderzange Abb. 96 werden dünne Metallkreissägen erst nach dem Erhitzen gelegt. Die vielen dünnen Stifte hindern die Säge, sich zu werfen, halten andererseits jedoch die Kühlflüssigkeit nicht ab.

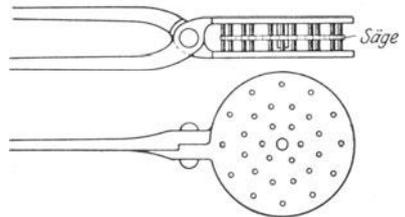


Abb. 96. Härtezange für Sägen.

Die Vorrichtung Abb. 97 soll das Werfen und zugleich das Hartwerden des inneren Steges des Ringes *f* dadurch verhindern, daß sie ihn zwischen 2 Platten (*a* u. *b*) festspannt.

Abb. 98 zeigt schematisch eine doppelt wirkende Presse zum Härten von dünnen Kupplungscheiben, Sägen u. dgl. Die Preßplatten *a* und *b* stehen fest; zwischen ihnen geht, durch das Gestänge *e f* mittels Preßluft bewegt, die Preßplatte *d* auf und ab. Wird das Werkstück *k* zwischen der Platte *a* und der unteren Fläche von *d* abgekühlt, so hat der Arbeiter Zeit, das vorher abgekühlte Stück oben fortzunehmen und ein neues auf die Platte *d* zu legen. Ein Tritt auf einen Hebel läßt dann *d* nach oben gehen, so daß das eben eingelegte Stück gegen *b* gepreßt und das untere freigegeben wird. So geht das Härten fast ohne Unterbrechung von statten. Die 3 Preßplatten werden von innen durch umlaufendes Wasser gekühlt, oder man läßt Öl von außen durch Nuten in den Preßplatten oder

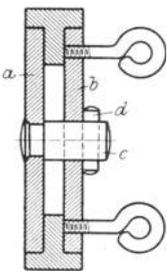


Abb. 97. Härtevorrichtung für Ringe. *a, b* Spannplatten, *c* Bolzen, *d* Spannkeil, *e* Haken zum Halten, *f* Ring (Werkstück).

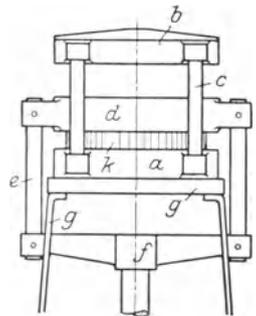


Abb. 98. Doppelt wirkende Härtepresse. *a, b* feste Preßplatten, *d* bewegte Preßplatte, *c* Säulen, *e, f* Gestänge, *g* Tisch, *k* Werkstück.

aus dem Innern der Preßplatten durch kleine Ventile über die Werkstücke treten.

Als Härtemaschine wird die Einrichtung Abb. 99 bezeichnet, die dazu dient, Kreissägen, Zahnräder und vor allem Kegeltellerräder, besonders für Automobilgetriebe, ohne Werfen zu härten.

Die Maschine leistet zweierlei: Erstens spannt sie das Werkstück zwischen Preßmatrizen — die natürlich der Form des Werkstückes angepaßt sein müssen — fest, so daß kaum eine Verzugsbewegung möglich wird; zweitens kühlt sie das Werkstück sehr gleichmäßig, dadurch, daß gekühltes Öl über alle Stellen hinweggepreßt wird, so daß keine große Neigung zum Verzug entsteht. Da die Geschwindigkeit des Ölstromes bis zu erheblicher Größe einstellbar ist, kann milder oder schroffer abgekühlt werden.

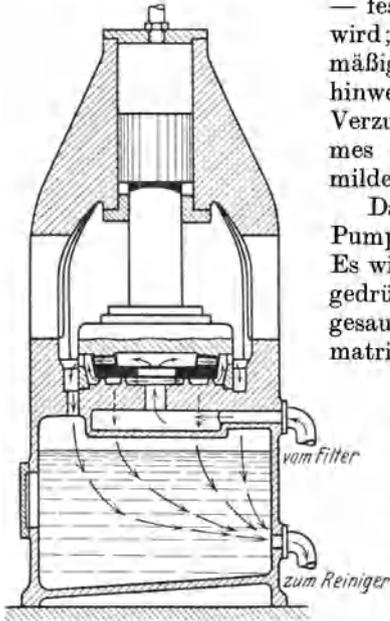


Abb. 99. Härtemaschine (W. Ferd. Klingelberg, Remscheid).

Das in der Maschine wirksame Öl macht, durch eine Pumpe getrieben, einen Kreislauf wie in Abb. 28 S. 21: Es wird durch einen Kühler hindurch in die Maschine gedrückt und durch einen Reiniger hindurch zurückgesaugt. Das Öl, das den Stempel mit der oberen Preßmatrize bewegt, wird auch von der Pumpe geliefert.

Ein Verziehen schadet selbst Werkstücken, die sehr genau sein müssen, dann nicht, wenn sie hinterher geschliffen werden. Das ist üblich bei ebenflächigen und zylindrischen Körpern; darüber hinaus hat man aber gelernt, auch recht vielgestaltige Teile, wie Gewindebohrer und -lehren, gerade und runde Formstähle, Stempel u. dgl. an der Formfläche zu schleifen, z. B. ein Profil nach Abb. 100. Das Schleifen solcher Formteile hat trotz der Kosten große Vorzüge: Die Genauigkeit wird größer als bei Verwendung noch so verzugsfesten Stahles.



Abb. 100. Stempelprofil, nach dem Härten geschliffen.

Man braucht die Form vor dem Härten nicht genau (oder gar nicht) auszuarbeiten, so daß der Verlust gering ist, wenn das Werkstück beim Härten Ausschuß wird. Etwaige entkohlte Stellen der Oberfläche werden beseitigt.

Gelegentlich wird aus der Formänderung Nutzen gezogen: So härtet man wohl Teile mit zu großer Bohrung, weil diese sich zusammenzieht (Ringe u. dgl. läßt man dabei wohl auf einer geneigten Fläche ins Wasser rollen.).

IV. Das Anlassen.

40. Übersicht. Zum Vergüten von Baustahl gehört als 2. Teil der Warmbehandlung unbedingt das Anlassen auf hohe Temperaturen, da es erst dem Werkstoff die hohe Schlagzähigkeit und Dehnung gibt. Dem Abschrecken von Werkzeugstahl, Federstahl usw. folgt auch fast immer ein Anlassen, jedoch, soweit Glashärte erforderlich ist, nur auf geringe Temperaturen, um die Sprödigkeit zu mildern und die Werkstücke zu entspannen, soweit Federhärte nötig ist, auf mittlere Temperaturen, um die nötige Elastizität zu geben. An Stelle von schrofferem Abschrecken und Anlassen kann in geeigneten Fällen milderes Abschrecken ohne Anlassen treten. Andererseits erwärmt man unmittelbar nach schroffem Abschrecken, also vor dem eigentlichen Anlassen, Werkstücke aus hartem Stahl wohl leicht über dem Feuer oder in kochendem Wasser, damit die inneren Spannungen das Werkstück nicht zerreißen. Die geringe Erwärmung nimmt dem Stahl schon so viel von seiner Starrheit, daß ein gewisser Ausgleich der Spannungen möglich wird. Löscht man,

wie früher geschildert, die Teile in Wasser nur ab und läßt sie in Öl langsam auskühlen, so ist das Erwärmen vor dem Anlassen nicht nötig.

41. Verschiedene Anlaßverfahren. Man kann 2 grundsätzlich verschiedene Anlaßverfahren unterscheiden: gleichmäßiges Anlassen und ungleichmäßiges.

a) Gleichmäßiges Anlassen. Dabei werden die Werkstücke überall gleichmäßig, das heißt auf dieselbe Temperatur angelassen. Das geschieht beim Anlassen zum Vergüten, geschieht aber auch oft beim Anlassen von Werkzeugen, besonders bei der Fertigung im großen von Fräsern, Bohrern, Reibahlen usw. Für die hohen Temperaturen beim Vergüten benutzt man im allgemeinen dieselben Öfen wie zum Glühen, während man für die niedrigen Temperaturen für Werkzeugstahl, Öl- oder auch wohl Salz- oder Luftbäder benutzt, für die mittleren Temperaturen Blei- (seltener Salz-) -bäder oder Glühöfen. Tabelle 2 (Seite 16) gibt an, welche Flüssigkeiten für die verschiedenen Temperaturen in Betracht kommen.

Empfindliche größere Werkstücke verlangen beim Anlassen in den Bädern Vorsicht: am besten werden die Werkstücke in die abgekühlte Flüssigkeit gegeben, mit ihr erhitzt und dann auch wieder abgekühlt. Ist das nicht durchführbar, legt man sie zum Abkühlen in Sägespäne o. dgl.

b) Ungleichmäßiges Anlassen. Dabei wird das Werkstück verschieden hoch angelassen, und zwar meist so, daß die arbeitende Stelle die höchste Härte bekommt und die Stellen dahinter eine um so geringere Härte, dafür um so größere Zähigkeit, je weiter sie von der arbeitenden entfernt sind. Das Verfahren ist für Werkzeuge wie Meißel, Stempel, Schneidstähle, Matrizen u. dgl., die hart und zäh sein müssen, sehr geeignet und viel üblich; die Ausführung ist aber umständlicher und für Massenherstellung weniger geeignet, auch ist man mehr vom Urteil und der Zuverlässigkeit des Härters abhängig, da die Temperatur nicht objektiv gemessen werden kann, sondern meist nach den „Anlaßfarben“ bestimmt wird. Diese Farben, die sich stets auf der Oberfläche gehärteter Teile bilden, wenn sie in der Luft (oder auch in gewissen Salzen) wieder erwärmt werden, sind die Folge von dünnen Oxydschichten und erscheinen stets in bestimmter Reihenfolge, entsprechend der fortschreitenden Erwärmung. Den Zusammenhang zwischen Farbe und Temperatur gibt Tabelle 3 rechts (Seite 23), wobei jedoch zu beachten ist, daß die Farbe nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Anlaßzeit abhängt. Damit die Farben klar und deutlich erscheinen, muß die Stelle trocken und blank gerieben werden und darf vor allem nicht fettig sein. Zwei Ausführungsarten sind zu unterscheiden: „Anlassen von innen“ und „Anlassen von außen“.

Anlassen von innen. Es ist üblich, bei einfachen Werkzeugen wie Schneidstählen, Meißeln u. dgl., die nur an einem Ende gehärtet werden. Es geschieht folgendermaßen: man schreckt nur den Kopf des Werkzeuges ab, wie beim Schneidstahl in Abb. 101, reibt ihn rasch mit Bimsstein, Schmirgel o. dgl. blank und läßt ihn von der im Innern, bzw. im hinteren Teil noch vorhandenen Wärme anlaufen. Sobald an der Schneide oder Arbeitsfläche die gewünschte Farbe erscheint (meist strohgelb), kühlt man in Wasser ab. Will man vorsichtig sein, kühlt man in Öl oder doch in heißem Wasser.

Anlassen von außen, d. h. durch von außen zugeführte Wärme. Dazu benutzt man wohl eine offene Flamme (Vorsicht!) oder besser ein Sandbad oder eine Metallplatte, die von unten oder neuerdings auch elektrisch geheizt werden. Dabei erwärmt man diejenigen Stellen unmittelbar im Sand, an der Platte u. dgl., die am wenigsten hart zu sein brauchen und hört mit dem Erwärmen auf, sobald

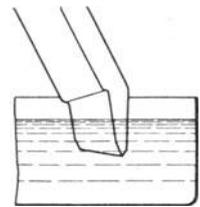


Abb. 101. Abschrecken eines Schneidkopfes.

die Stellen am anderen Ende die richtige Anlaßfarbe zeigen; alle anderen Stellen sind dann höher angelassen, sind weicher und zäher.

Abb.102 zeigt Stempel, Meißel u. dgl. im Sandbade, mit den arbeitenden Flä-

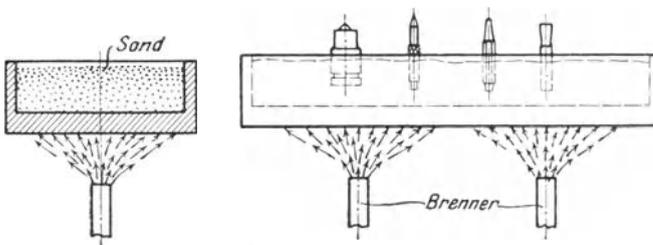


Abb. 102. Anlassen im Sandbad.

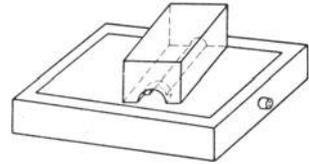


Abb. 103. Anlassen auf elektrisch geheizter Platte.

chen nach oben. Abb.103 zeigt eine Klemmbacke (Hälfte einer geteilten Matrize) für eine Kaltstauchpresse auf einer elektrisch geheizten Platte. Die obere Fläche, die zum Abschneiden von der Stange dient, muß glashart sein und wird gelb (etwa 220°) angelassen, während die untere Fläche mit dem eingearbeiteten Kaliber, das die Stauchstöße aufzunehmen hat, wesentlich höher angelassen wird.

Das Anlassen auf Platten hat noch den Vorzug, daß man die Härte der obern Fläche während des Anlassens bequem, z. B. mit dem Skleroskop, messen und das Anlassen beenden kann, z. B. durch Aufspritzen von Öl, sobald die Härte die richtige Höhe hat (für Schnittplatten, Gesenke usw. meist zwischen 50 und 80 Skleroskopunkten).

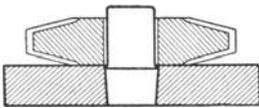


Abb. 104. Anlassen auf heißem Dorn.

der größten Härte an der Arbeitsfläche, anläßt und dann die eine oder andere Stelle, die zäher sein muß, nochmals höher erwärmt. So läßt man z. B. wohl Meißel, Stempel u. dgl. zuerst ganz in Öl auf etwa 220° an und dann den Kopf hinterher noch auf etwa 320° , oder Sägenblätter im ganzen auf 220° und läßt dann die Enden mit den Befestigungslöchern *a* (Abb.105) in der Gasflamme blau anlaufen. Ebenso läßt man den Vier-

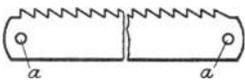


Abb. 105.

kantdorn (Abb.106) zuerst ganz auf etwa 180° an, läßt diesen Anlaßzustand aber nur für den Schneidenteil *a* bestehen, läßt hinterher das Schaftende *b* gelb und die Ansatzstelle des Schaftes *c*, da hier die Kerbwirkung gefährlich werden könnte, blau anlaufen.

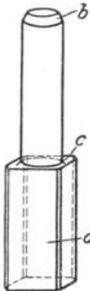


Abb. 106.

Die Härtung erfordert ein Anlassen um so mehr, je schroffer abgeschreckt wurde. Die Temperaturangaben oben gelten zunächst nur für gewöhnlichen (Kohlenstoff-) Werkzeugstahl. Für niedrig legierten Stahl sind die Temperaturen

42. Anlaßtemperatur. Zum Vergüten von Konstruktionsteilen geht man auf Anlaßtemperaturen bis 700° , je nach der Stahlorte und den Anforderungen an die mechanischen Güterwerte der Werkstücke. Für federnde Teile geht man bis auf 500° und mehr und für auf Schlag beanspruchte, wie Meißel, bis auf 300° , für ruhig arbeitende Schneidwerkzeuge nur bis wenig über 200° , für Meßwerkzeuge herunter bis auf 100° . Dabei bestimmt aber nicht nur der Verwendungszweck die Temperatur, sondern auch die Härtung, die Stahlorte, die Anlaßzeit und besondere Umstände.

nicht wesentlich anders, wohl aber für hochlegierten. So wird Schnellstahl zum Entspannen zwar auf $200 \div 275^\circ$ angelassen, jedoch hochwertige Sorten zur Erhöhung der Anlaßhärte auf $550 \div 600^\circ$. Hochhaltige Stähle für Warmpreßmatrizen u. dgl. werden je nach der Legierung auf $400 \div 650^\circ$ angelassen, während wieder manche Sonderstähle zum Bearbeiten sehr harter Werkstücke gar nicht angelassen werden.

In allen Fällen hat die Anlaßzeit einen erheblichen Einfluß in der Richtung, daß mit der Zeit die Wirkung des Anlassens steigt. Dicke Stücke, wie z. B. Gesenke sollen immer mehrere Stunden angelassen werden. Lange Anlaßzeit ist unersetz-

Tabelle 6. Anlaßtemperaturen für Werkzeuge.

Werkzeug	Anlaßtemperatur in $^\circ$
Dreh-, Hobel- usw. Stähle aus gewöhnlichem Schnellstahl	nicht angelassen
Meßwerkzeuge, Stahlwalzen	$100 \div 150$
Stahlkugeln	$150 \div 170$
Schneidstähle aller Art, Fräser, Reibahlen, Spiralbohrer, Kreissägen, Sägeblätter, Schaber usw. aus Kohlenstoffstahl	$160 \div 200$
Gewindebohrer, Gewindegewindbacken, Schneideisen, Gesenke aus Kohlenstoffstahl	$200 \div 260$
Werkzeuge für Holzbearbeitung	$220 \div 260$
Fräser, Bohrer usw. aus gewöhnlichem Schnellstahl	$220 \div 275$
Alle Schneidwerkzeuge aus hochwertigem Schnellstahl	$580 \div 600$
Stempel, Meißel u. dgl. an der Schneide	$220 \div 250$
„ „ „ am Kopf	$300 \div 350$
Schraubenzieher, Schnitte, Nadeln, Bandsägen	$280 \div 360$
Warmgesenke aus Kohlenstoffstahl	$350 \div 400$
Federn und federnde Teile	$350 \div 550$
Schnitte, Stempel usw. aus Sonderstahl	$400 \div 650$

lich für das Entspannen von Parallelendmaßen und anderen Meßwerkzeugen, die glashart sein müssen und daher nicht auf hohe Temperaturen angelassen werden dürfen. Man hält sie 10 Stunden und länger bei $110 \div 150^\circ$.

Auch in anderen Fällen macht man von der entspannenden Wirkung langer Anlaßzeit Gebrauch: große Kaltmatrizen läßt man statt auf höhere Temperatur wohl auf nur 200° an, dafür aber 12 Stunden lang.

Von besonderen Umständen, die auf die Anlaßtemperatur Einfluß haben können, sei erwähnt die Notwendigkeit, ein Werkzeug eben noch feilen zu können, wie es z. B. für Schneideisen zum Nachschärfen erforderlich ist.

Daß bei diesen Verhältnissen die Anlaßtemperaturen, die in Tab. 6 zusammengestellt sind, nur als Anhalt dienen sollen und können, ist selbstverständlich. Es kann daher auch nötig werden, über die dort angegebenen Grenzen nach oben oder unten hinauszugehen.

V. Das Einsatzhärten.

Im ersten Teil sind Bedeutung und Wesen der Einsatzhärtung ausführlich besprochen worden. Es handelt sich darum, Werkstücke aus niedrig gekohltem, weichem, legiertem oder unlegiertem Stahl außen mit einer kohlenstoffreichen Schicht zu versehen, die gehärtet werden kann wie Werkzeugstahl. Auf diese Weise erhält man Werkstücke, die außen überall oder stellenweise glashart, innen aber weich und zäh sind.

Die zu härtenden Stellen der Oberfläche werden durch Glühen in kohlenstoff-abgebenden Mitteln mit Kohlenstoff angereichert (einsetzen, zementieren). Dem Härten der eingesetzten Flächen geht meist noch ein Vergüten voraus.

A. Einsetzen (Zementieren).

43. Einsatzmittel. Man unterscheidet feste, flüssige und gasförmige Mittel.

a) Die festen Mittel. Sie werden in Kästen oder dgl. fest um die Werkstücke gestampft; sie müssen deshalb immer kleinstückig sein, um so feiner, je kleiner das einzusetzende Werkstück ist. Altbekannt und bewährt sind: gepulverte Lederkohle und Knochenkohle, die beide neben Kohlenstoff auch Stickstoff enthalten. Holzkohle allein wird nicht benutzt, da sie nur schwach und sehr langsam zementiert; wohl aber dient sie vielen Zementationsmitteln als wesentlicher Bestandteil. Sehr bewährt hat sich ein Gemisch aus Holzkohle, Lederkohle und Knochenkohle zu etwa gleichen Teilen. Auch Hornmehl, Salz, Soda u. dgl. werden zugesetzt. Sehr kräftig und ausgiebig zementieren Gemische aus Holzkohle und Bariumkarbonat (oder Kaliumkarbonat oder Natriumkarbonat), und zwar im Verhältnis von 2 : 1 bis 3 : 1 (Gewichtsteilen), auch gemischt mit anderen Stoffen. So hat sich ein Gemisch aus 84 Holzkohle, 10 Kalziumkarbonat und 6 Bariumkarbonat gut bewährt. Gelbes Blutlaugensalz zementiert sehr kräftig; es wird wohl in geringen Mengen den Gemischen zugesetzt.

Im Handel sind Einsatzmittel unter den verschiedensten Namen zu haben; die richtige Auswahl ist schwierig (siehe Abschnitt 41).

b) Die flüssigen Mittel. Wo sie anwendbar sind, sind sie sehr bequem. Sie sind auf die Einsatztemperatur erhitzte Salzbäder, in die die Werkstücke eingetaucht werden. Als Salz wird Zyankali oder besser der Zyanhärtefluß der Durferritgesellschaft benutzt. Sie führen dem Stahl außer Kohlenstoff auch Stickstoff zu. Da sie auf jedem Fall giftig sind, dürfen sie nur unter den in Abschnitt 9 erörterten Schutzmaßnahmen benutzt werden. Die Teile bleiben in den Bädern ganz sauber.

Möglich ist es auch, Kalziumzyanamid in irgendein neutrales Salzbad zu geben.

c) Die gasförmigen Mittel. Benutzt wird vor allem Leuchtgas, das ein vorzügliches und bequemes Einsatzmittel ist. In Betracht kommen ferner: Teerölgas, Azetylen und Kohlenoxyd, dem man auch wohl des Stickstoffs wegen Ammoniak beimischt. Azetylen kann ohne besonderen Ofen zum örtlichen Kohlen benutzt werden mit dem Azetylen-Sauerstoff-Schweißbrenner (beim autogenen Schweißen tritt nicht selten eine Kohlung unbeabsichtigt ein). Zum Nitrieren dient nur Ammoniak (siehe 1. Teil Abschnitt 55). Auch die Gase verschmutzen die Werkstücke nicht.

44. Anforderungen und Auswahl. An ein gutes Einsatzmittel sind folgende Anforderungen zu stellen:

1. es muß zuverlässig und gleichmäßig aufkohlen,
2. es muß den verlangten Kohlenstoffgehalt und die nötige Schichtdicke bei mäßiger Temperatur (nicht über 900°) und bei nicht zu langer Glühzeit geben,
3. es soll die aufgekohlte Schicht nicht spröde machen, die außerdem allmählich in den nicht aufgekohlten Kern übergehen muß,

4. es darf dem Stahl keine schädlichen Stoffe, wie z. B. Schwefel zuführen und soll die Oberfläche des Stahls möglichst wenig verschmutzen,
5. es soll einfach, bequem und sauber zu handhaben sein,
6. es soll sich nicht zu leicht erschöpfen, bzw. es soll, Preis und Leistung berücksichtigt, wirtschaftlich sein.

Vorwiegend werden feste Mittel gebraucht. Für kleine Teile nimmt man viel Lederkohle, Gemische von Leder- und Knochenkohle u. dgl., die aber verhältnismäßig teuer sind. Für große Teile bei starker Schichtdicke werden mehr die Gemische von Holzkohle mit Bariumkarbonat u. dgl. benutzt, wenn man nicht vorzieht, irgendwelche Gemische fertig zu kaufen, was bequemer und oft auch billiger ist.

Die flüssigen Mittel werden für kleine und mittlere Teile in steigendem Maße benutzt, wenn die Schicht nur einige Zehntel Millimeter stark zu sein braucht¹ und genügend Teile einzusetzen sind. Man erspart das Einpacken und spart an Durchwärmungszeit (da Kästen und Pulver nicht mit zu erwärmen sind).

Auch das Einsetzen mit Gas gewinnt an Boden, da es alle die Vorteile der flüssigen Mittel hat, außerdem aber auch für Teile jeder Größe von den kleinsten bis zu den größten (Panzerplatten) geeignet ist. Weiche Stellen, wie sie bei festem Einsatzpulver leicht mal entstehen, kommen beim Einsetzen mit Gas nicht vor. Es verlangt jedoch einen besonderen Ofen, der sich nur bei großer Fertigung lohnt. Für lange Teile wie Spindeln, Lokomotivgleitstangen u. dgl. werden die Öfen so ausgeführt, daß die Werkstücke hängen können.

45. Das Einpacken in feste Mittel. Die Werkstücke werden im Kasten mit dem Mittel fest umstampft, so daß es überall gut an der Oberfläche anliegt. Die Kästen sollen nicht zu groß sein, damit nicht unnötig viel Einsatzpulver einzustampfen ist, sie sollen aber auch nicht zu klein sein, damit die Pulverschicht überall stark genug sein kann, und die Teile nirgends zu nahe an die Kastenwand kommen. Große Teile werden einzeln oder zu wenigen in einen Kasten gepackt, der der Form der Teile entspricht, kleinere in mehreren Lagen geschichtet; jedoch empfiehlt es sich nicht, sehr viele kleine Teile in einen großen Kasten zu packen, weil sonst die außen liegenden Teile bereits hoch erhitzt sind, während die innen liegenden noch kaum warm sind, und schließlich so entweder die außen liegenden Teile zu viel oder die innen liegenden zu wenig Kohlenstoff aufnehmen. Frisches Pulver braucht nur unmittelbar an den einzusetzenden Flächen zu sein, an den Kastenwänden und oben zum Ausfüllen bis zum Deckel genügt schon gebrauchtes Pulver. Der Deckel muß luftdicht verschlossen werden, damit die Einsatzgase nicht hinaus und die Ofengase nicht hinein können. Man benutzt zum Verschließen meist Lehm, dem man wohl etwas Salz zusetzt. Abb. 108÷113 zeigen verschiedene zum Einsetzen eingepackte Teile.

Wird das Pulver an einer Stelle nicht gut an das Werkstück angestampft, wird hier die Kohlenstoffaufnahme unzureichend, außerdem entsteht beim Glühen leicht ein Hohlraum, der langen Stücken die Möglichkeit gibt sich durchzubiegen.

Die Einsatzkästen sind aus Stahlblech gezogen, genietet oder geschweißt. Temperguß oder Stahlguß sind zu brauchen, während Grauguß seiner Durchlässigkeit wegen wenig geeignet ist. Hitzebeständiger Stahl und Chromnickel haben die in

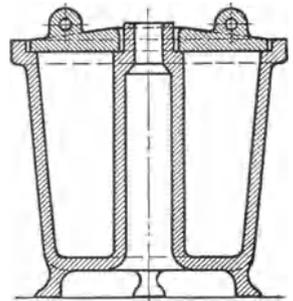


Abb. 107. Einsatztopf.

¹ Neuerdings wird von der Durferrit-Gesellschaft ein Salz angeboten, mit dem man Einsatztiefen über 1½ mm erzielen kann.

Abschnitt 7 erwähnten Vor- und Nachteile. Die Kästen sind im Querschnitt meist rechteckig, doch oft auch rund, wenn die Form des Arbeitsstücks es verlangt. So dient der Topf Abb. 105 zum Einsetzen von Zahnkränzen. Die Füße unten und das Loch in der Mitte gestatten den Heizgasen, den Topf überall gut zu umspülen und sichern dadurch eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung. Für Spindeln u. dgl. werden auch Rohre benutzt, an beiden Enden gut verschlossen.

46. Örtliches Kohlen. Sollen nur bestimmte Teile der Oberfläche aufgekohlt werden, so kann man das auf dreierlei Weise erreichen:

1. dadurch, daß man die Stellen der Oberfläche, die weich bleiben sollen, durch einen Überzug schützt,

2. dadurch, daß man zunächst die ganze Oberfläche aufkohlt und dann hinterher die gekohlte Schicht an den Stellen, die weich bleiben sollen, entfernt — was voraussetzt, daß an diesen Stellen bei der vorhergegangenen Bearbeitung eine Zugabe stehengeblieben ist, etwas stärker als die aufgekohlte Schicht,

3. dadurch, daß man nur den einzusetzenden Teil einpackt, die andern Teile des Werkstücks ganz aus der Packung herausläßt — was praktisch allerdings nur in seltenen Fällen möglich ist.

Zu 1: eine gute Deckschicht darf nicht reißen, nicht abbröckeln, nicht schwinden, sich nicht ausdehnen, sich nicht einfressen und muß billig sein. Es werden sehr verschiedene Stoffe als Schutzschichten benutzt:

a) Lehm und Gemische mit Lehm. Gewöhnlicher Lehm allein ist wenig geeignet. Auch wenn man ihn langsam trocknen läßt, reißt er leicht; doch ist er sehr billig. Damit der Lehm nicht abplatzt, umwickelt man ihn wohl mit Draht oder gibt einige Drahtwindungen unmittelbar auf die zu schützende Stelle (siehe Abb. 108). Auch

Abb. 108 ÷ 112. Teile zum Einsetzen gepackt.

 Einsatzpulver, Lehm,



Abb. 108.

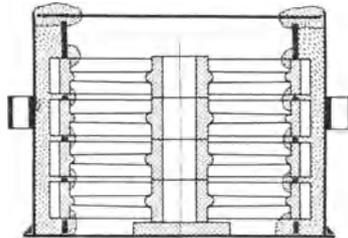


Abb. 109.

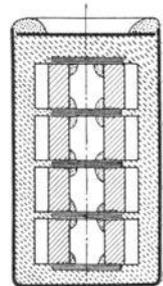


Abb. 110.

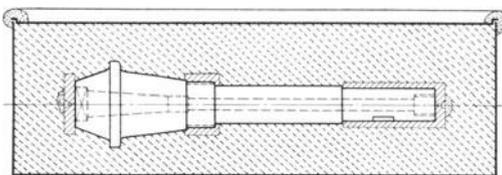


Abb. 111.

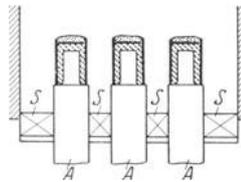


Abb. 112. A Achsen,
S Schamottesteine.

wickelt man gelegentlich wohl Asbest unter den Lehm, damit das Werkstück nicht verschmiert. Vorzüglich bewährt sind folgende Gemische: 1 Teil Wasserglas und 2 Teile Sand zu 4 Teilen Ton oder: je 1 Teil Bleioxyd und Natronsalpeter mit 3 Teilen Borax zu je 10 Teilen Sand und Ton. Es gibt auch gute Gemische zu kaufen. Fraglich ist immer nur die Wirtschaftlichkeit.

b) Kupfer, das galvanisch in dünner Schicht von 0,025 ÷ 0,05 mm aufgebracht wird. Dabei werden die Stellen, die nicht verkupfert werden sollen (die beim Einsetzen aufgekohlt werden), mit Email oder dgl. überzogen, oder es wird hinterher der

Kupferüberzug dort wieder entfernt. Das Verkupfern verlangt glatte, sorgfältig gereinigte Flächen, auch ist der Schutz zeitlich begrenzt und für große Werkstücke schwierig herzustellen.

c) Eiserner Teile, die als Ringe (für Wellen und Räder), Dorne (für Bohrungen), Platten (für ebene Flächen) usw. bei Reihen- und Massenfertigung gern benutzt werden, manchmal allein, öfters zusammen mit Lehm. Das Verspannen der eisernen Teile durch Schrauben wie in Abb. 113 ist nicht ganz befriedigend, weil die Mutter im Gewinde leicht festbrennt. Sehr geschickt ist die Verwendung der eisernen mit Lehm gedichteten Ringe zwischen, über und unter den Radkränzen in Abb. 109, die Nabe und Arme ganz frei zu lassen gestatten, während in Abb. 110 zwischen den Ritzeln Blechscheiben, beiderseits mit Lehm best bedeckt, abdichten.

Zu 2: Das Verfahren ist immer dann zweckmäßig, wenn die Stellen der Werkstücke, die nicht aufgekohlt werden sollen, sowieso bearbeitet werden müssen und nach dem Einsetzen bequem bearbeitet werden können, wie z. B. Spindeln, bei denen man dann nur die Körner etwas mit Lehm verschmiert (Abb. 111). Die schraffierten Flächen geben das Übermaß an, das nach dem Einsetzen abgedreht wird.

Zu 3: Dieses Verfahren kommt nur dann in Frage, wenn eine einzelne, möglichst am Ende gelegene Stelle eines langen Werkstücks einzusetzen ist, wie z. B. die Laufzapfen von Wagenachsen. Man setzt ein Rohr über den Zapfen, stampft es mit Pulver aus und deckt mit Lehm ab (Abb. 112). Dann legt man die Achsen nebeneinander in den Ofen, aber nur so weit, daß die Zapfen gut erhitzt werden. Die zwischen den Achsen unter der herabgelassenen Ofentür sich bildenden Zwischenräume füllt man mit Schamottesteinen aus, damit die Ofengase hier nicht ausströmen.

47. Das Glühen in festen Mitteln. Wenn die Kästen eingebracht werden, sollte der Ofen nicht heißer als $400 \div 500^\circ$ sein.

a) Glüh-temperatur. Je nach dem Stahl und dem Einsatzpulver beträgt sie zwischen etwa 800 und 920° . Sie muß unbedingt dauernd durch Pyrometer kontrolliert werden. Eine möglichst hohe Temperatur verkürzt wohl die Glühzeit, kann aber für den Stahl und auch die Aufkohlung erhebliche Nachteile haben; außerdem leiden Ofen und Einsatzkasten zunehmend mit der Temperatur. Niedriggekohlter Stahl ist gegen hohe Temperatur weniger empfindlich als höher gekohlter, legierter weniger als unlegierter. Auch das Pulver hat einen Einfluß: Bariumkarbonat z. B. verlangt eine höhere Temperatur als Lederkohle oder Knochenkohle.

b) Glüh-dauer. Die Zeit zunächst, bis die Werkstücke im Kasten völlig durchgeglüht sind, beträgt mehrere Stunden (bis 20 und mehr) je nach der Stärke der Werkstücke; man bestimmt sie am besten dadurch, daß man einige Drähte mit in den Kasten gibt (siehe Abb. 31 S. 25).

Die Zeit sodann für das eigentliche Aufkohlen hängt von der Schichtdicke und dem Werkstoff ab: sie ist um so größer, je dicker die Schicht sein muß und ist für Nickel- und Nickelchromstahl $2,5 \div 4$ mal so groß wie für unlegierten Stahl. Wenn man die richtige Glühzeit aus der Erfahrung nicht einigermaßen genau kennt, so ist es zu empfehlen, kleine Probestücke aus demselben Stahl an Bindedraht mit einzusetzen (siehe Abb. 113). Zieht man dann von Zeit zu Zeit ein Stück mit dem

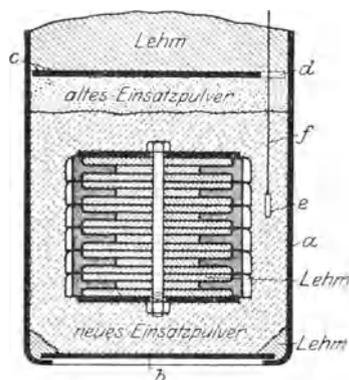


Abb. 113. Automobilzahnrad zum Zementieren. a Rohr, b Bodenblech, c Deckel, d Öffnung für e-f, e Probe-stäbchen, f Draht.

Draht aus dem Kasten, schreckt es ab und bricht es durch, so kann man an der Bruchfläche leicht die Tiefe der Zementation erkennen. Die Betriebe schaffen sich auch wohl für ihre Bedürfnisse Faustformeln für die Einsatzzeit, die natürlich nicht ohne weiteres in anderen Betrieben zu verwenden sind. So hat sich für Spindeln u. dgl. für Werkzeugmaschinen folgende Formel bewährt:

Eigentliche Einsatzzeit = $a \times \varnothing$ des Werkstücks in cm, wobei $a = 1$ ist für gewöhnlichen Stahl und $= 2,5$ für den üblichen Nickel- und Chromnickelstahl. Man erreicht mit geeignetem Einsatzpulver ohne Schwierigkeiten Schichtdicken bis 3 mm, die für fast alle Fälle genügen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Einsatzschicht zunächst um das Maß stärker sein muß, das hinterher abgeschliffen wird.

48. Einsetzen im Zyanbad. Größte Vorsicht ist nötig: der Härter trägt am besten Schutzkleidung mit Maske, die Werkstücke müssen gut trocken sein oder besser noch auf einige Hundert Grad im Glühofen vorgewärmt werden, und die Halter sollen so konstruiert sein, daß der Härter nicht zu nah an das Bad braucht (siehe Abb. 48 S. 35).

Einzelne Stellen der Oberfläche der Werkstücke abzudecken, ist nicht möglich. Liegen die Stellen, die nicht aufgekohlt werden sollen, am Ende, so bleiben sie einfach außerhalb des Bades, liegen sie aber irgendwo sonst, so bleibt nur übrig, sie zunächst mit einzusetzen und dann die Schicht wieder zu entfernen.

Im Zyanbad wird jetzt auch vielfach eingesetzt an Stelle des primitiven „Abbrennens mit Kali“ (gelbes Blutlaugensalz), das man benutzt, um kleinen Teilen wie Schraubenköpfen oder -enden eine geringe Härte zu geben.

Die gekohlte Schicht wird nicht über einige Zehntel Millimeter stark und bleibt in jedem Fall auch bei stundenlangem Einsetzen erheblich unter 1 mm.

49. Zementieren mit Leuchtgas. Beim Einsetzen mit Gas kommen die Werkstücke in eine Art Muffel oder Retorte, die von außen, auch meist mit Leuchtgas, geheizt wird. In die Muffel wird dauernd ein Strom von Leuchtgas geleitet, das nach Abgabe von Kohlenstoff u. dgl. wieder aus der Muffel austritt und zweckmäßig gleich angezündet wird.

Abb. 114 zeigt einen Leuchtgas-Einsatzofen mit Retorte für kleine Werkstücke. Die Retorte läuft langsam um, damit die Werkstücke recht gleichmäßig erwärmt

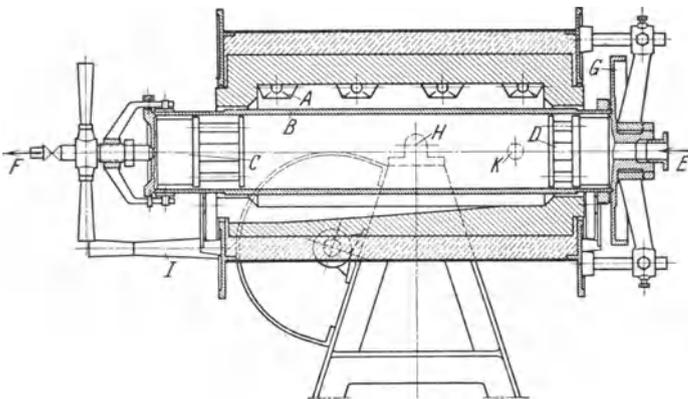


Abb. 114. Gas-Einsatzofen mit umlaufender Retorte (Alfred H. Schütte, Köln). A Brenner, B Retorte, C Verschuß, lösbar, D Verschuß, fest, E Gaseintritt, F Gasaustritt, G Schaltscheibe für Drehbewegung, H Kippachse, I Kippvorrichtung, K Temperaturmeßstelle.

und gekohlt werden. Der ganze Ofen ist um eine waagerechte Achse kippbar, damit man die Werkstücke nach dem Einsetzen in ein untergestelltes Bad stürzen kann. Die Werkstücke dürfen nicht empfindlich, auch nicht stellenweise durch Lehm abgedeckt sein, da sie beim Umlaufen der Retorte ständig durcheinanderfallen. Will man Spindeln oder dgl. einsetzen, so benutzt man eine einfache Aufnahme, die in die Retorte paßt

und die Spindeln stets auseinander und waagrecht hält.

Beim Einsetzen mit Leuchtgas kann man leicht Einsatz Tiefen von 4 mm er-

reichen, ohne daß ein spröde machender Gefügebestandteil (Eisenkarbid) auftritt. Auch kann man bei vielen Stählen bis nahe an 1000° Einsatztemperatur gehen, ohne daß der Stahl besonders grobkörnig wird.

An Stelle von Leuchtgas (oder anderen Gasen) kann man auch Vergasungspulver benutzen, aus dem sich in der Hitze ein kohlendendes Gas entwickelt.

B. Zwischenbehandlung und Härten.

50. Warmbehandlung nach dem Einsetzen. Das früher allgemein übliche Verfahren: gleich aus der Einsatzhitze endgültig zu härten, ist heute nur noch für kleinere Teile üblich, an deren Zähigkeit keine großen Ansprüche gestellt werden. Für größere und höher beanspruchte Teile folgt dem Einsetzen noch eine Zwischenbehandlung (Glühen nach langsamem Abkühlen, oder Glühen nach Abschrecken, oder Abschrecken nach langsamem Abkühlen) zur Erhöhung der Zähigkeit bevor die eingesetzten Flächen von etwa 780° gehärtet werden, bei den unlegierten Stählen in Wasser (oder etwas milder in Kalkwasser oder dgl.), bei den legierten Stählen in Öl. Schließlich läßt man die Teile besonders bei legiertem Stahl auch auf etwa 200° an. Näheres über diese Zwischenbehandlung ist in Abschnitt 50 des 1. Teils gesagt.

51. Mechanische Behandlung. Nach dem Einsetzen, vor dem Härten, müssen die Werkstücke oft auch mechanisch behandelt werden: In festen Mitteln eingesetzte Werkstücke und besonders mit Lehm abgedeckte Stellen werden gereinigt. Die aufgekohlte Schicht wird von Stellen, die weich bleiben sollen, entfernt. Weiche Stellen werden zuweilen zum Schleifen vorgedreht usw. Längliche Stücke müssen vor dem Drehen gerichtet werden.

Nach dem Härten werden ebene Flächen sehr oft, aber auch Zahnflanken, Lagerzapfen von Spindeln und Achsen usw. geschliffen, wobei wieder längere Teile erst gerichtet werden müssen.

C. Besondere Arten des Einsatzhärtens.

52. Abbrennen. Kleine Teile sollen oft stellenweise eine leichte Einsatzhärtung erhalten, wie z. B. die Köpfe und Druckenden von Schrauben, die Körner von Dornen usw. Hat man ein Zyanbad, so ist es für diesen Zweck sehr geeignet (siehe Abschnitt 43), hat man aber keins, so brennt man die Stellen mit „Kali“, das ist Ferrozyankali (gelbes Blutlaugensalz), in folgender Weise ab: man erhitzt, am besten im Bleibad, die zu härtende Stelle kirschrot, gibt reichlich Kali auf, erhitzt nochmals und schreckt dann ab. Man wiederholt diese Behandlung mehrere Male. Statt Kali verwendet man auch käufliche Aufstreupulver. Die harte Schicht wird nur sehr dünn, auch nicht sehr gleichmäßig, genügt aber für diese Zwecke.

53. Bunthärten. Teile wie Schraubenschlüssel, Griffe, Muttern, Knöpfe usw. pflegt man zu einer leichten Einsatzhärte an der Oberfläche noch buntwolkig zu färben, sowohl für das hübsche Aussehen wie für den Rostschutz. Man erzielt die Härtung und Färbung in folgender Weise: die Teile werden sorgfältig entfettet und blank geputzt und, ohne sie mit der Hand anzufassen, in einen Kasten eingepackt. Als Einsatzpulver dient gemahlene Knochenkohle oder ein Gemisch aus Knochenkohle und Holzkohle. Die Teile werden 4÷6 Stunden bei nicht mehr als 900° geglüht und dann unmittelbar mit dem Einsatzpulver aus dem Kasten in ein Wasserbad gestürzt, so daß sie mit der Luft nicht in Berührung kommen. In das Wasserbad wird ein Sieb eingehängt, das die Teile aufnimmt, das Einsatzpulver aber auf den Boden des Bades hindurchfallen läßt. Empfehlenswert ist es für manche Teile, in das Sieb Stäbe einzusetzen, wie in Abb. 115 angedeutet. Die Teile stoßen dann beim Sinken gegen die Stäbe, geben das anhaftende Einsatzpulver ab und

werden gedreht, so daß sie gleichmäßig abgekühlt und rein unten ankommen. Um das Bad in Bewegung zu halten, läßt man immer Wasser zulaufen, oder man leitet Preßluft ein. Nach diesem Abschrecken läßt man die Teile am besten 5 Minuten in kochendem Wasser an und fettet sie etwas ein oder bestreicht sie mit Zaponlack.

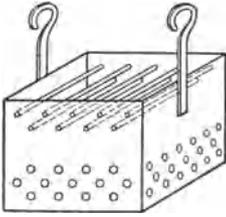


Abb. 115. Siebkorb für
Bunthärten.

Beliebige Farben von hellgelb bis dunkelpurpur kann man in folgender Weise erzielen: nach dem Abschrecken poliert man die Teile sauber und blank und erhitzt sie in einem Gasofen oder in einer Gasflamme, bis die gewünschte Farbe erscheint, dann kühlt man sie in kaltem Wasser ab.

Am einfachsten und sichersten härtet man in einem Bad von reinem Zyankali bunt bei etwa 780° , indem man die Teile nach dem Durchwärmen noch etwa $8 \div 10$ Minuten im Bad läßt und sie dann in Wasser abkühlt.

54. Einsetzen von Werkzeug- und Vergütungsstahl. Das Erhitzen von Werkzeugstahl in zyanhaltigen Salzbadern, das schon erwähnt wurde, hat nur den Zweck, ein Entkohlen beim Erhitzen zu verhindern bzw. ganz wenig Kohlenstoff zuzuführen und besonders, leicht entkohlte Stellen wieder aufzukohlen. Man wendet es an, wenn man sonst Schwierigkeiten hat, überall gute Glashärte zu erzielen oder wenn man, um Verziehen und Reißen zu verhindern, in Öl statt in Wasser abkühlen will. Bedingung ist, daß man den Stahl nicht höher und länger erhitzt als zum gewöhnlichen Härten gut ist, denn sonst wird er spröde, sei es durch das Aufkohlen, sei es durch das überhitzte Härten.

Daß man ohne Zyanbad — wenn auch umständlicher — Werkzeuge wie Feilen und kleine Bohrer bzw. Mitnehmer, Vierkante u. dgl. an Werkzeugen durch Aufstreichen oder Aufstreuen geeigneter Mittel etwas aufkohlen kann, wurde schon im Abschnitt 23 erwähnt.

Leichtes Einsetzen von Vergütungsstahl hat den Zweck, den Werkstücken, z. B. Zahnrädern, bei der Vergütung zugleich eine, wenn auch sehr dünne, harte Schicht zu geben, um die Abnutzung zu verringern. Man erhitzt wieder im Zyanbad auf etwa 850° , kühlt in Öl ab und läßt auf ungefähr 250° an. Höhere Anlaßtemperatur ist nicht zugänglich, da die Härte der äußersten Schicht sonst erheblich abnähme.

VI. Reinigen und Richten.

55. Reinigen. Wie dem Härten oft ein Reinigen vorauszugehen hat, so ist es in vielen Fällen auch hinterher nötig oder doch erwünscht.

In neutralem Salz erhitzte, in Wasser abgeschreckte und in Salz angelassene Werkstücke sind ohne weiteres fast völlig blank, so daß für das Aussehen irgendeine Nachbehandlung unnötig ist. Anders, wenn im Glühofen erhitzt, in Öl abgeschreckt oder in Öl angelassen wird. Die Werkstücke sind dann mehr oder weniger dunkel, fleckig, unsauber, ölig.

Manchmal werden Teile, die beim Härten sehr schmutzig geworden sind, vor dem Anlassen gebürstet oder in verdünnter Schwefelsäure gebeizt. Das vom Abschrecken oder Anlassen anhaftende Öl kann man sehr gut mit Sägemehl absaugen; der dunkle Farbton vom Öl bleibt dabei erhalten. Gründlicher entfernt man das Öl durch Abkochen in Sodawasser. Das hat, gleich nach dem Anlassen ausgeführt, noch den Vorteil, daß es ein stufenweises Abkühlen ergibt. Vor dem Abkochen in Sodawasser taucht man die Teile wohl in Petroleum von 50° , um das Aufschäumen des Sodawassers zu vermeiden.

Das eigentliche Blankputzen (üblich für Werkstücke, die verkauft werden sollen) geschieht bei größerer Fertigung am einfachsten durch Abblasen im Sandstrahlgebläse, das der Oberfläche einen gleichmäßig silbergrauen Ton gibt. Das Aussehen wird noch schöner (silbriger und glatter), wenn man zum Abblasen nicht gewöhnlichen Sand, sondern den — allerdings teureren — Stahlsand nimmt, der aus feinen Stahlkörnern besteht. Überflüssig ist das Abblasen natürlich für solche Teile, die nach dem Härten auf der ganzen Oberfläche geschliffen werden, wie z. B. Endmaße, Flachlehren, Kugeln, Laufringe. Werkzeuge mit empfindlichen Schneiden, wie Gewindebohrer, Gewindefräser, Backen usw. für Spitzgewinde, ferner feingezahnte Formfräser u. dgl., werden besser nicht abgeblasen; sie können mit umlaufenden Drahtbürsten, Schleifscheiben usw. geputzt werden. In Öl abgekühlte Werkzeuge aus Schnellstahl blank zu putzen ist weniger nötig, weil der dunkle Ton bei ihnen sehr gleichmäßig ist.

Kleine einfache Teile werden bei Massenherstellung mit Zunder, Sand oder dgl. blank getrommelt (in sich drehenden Scheuertrommeln).

Will man durch das Abkühlen in Öl eine gleichmäßig dunkle Oberfläche haben, z. B. für Schraubenschlüssel u. dgl., rauht man die Fläche vor dem Härten im Sandstrahlgebläse auf.

56. Richten. Längliche Teile, wie Achsen, Spindeln, Reibahnen, Bohrer, ferner flache Teile, wie Sägeblätter, Ringe, Messer, die sich beim Härten geworfen haben, müssen gerichtet werden. Bei flachen Teilen kann das einfach mit dem Hammer auf der Richtplatte geschehen. Die aufgebogene Stelle wird dadurch zurückgeholt, daß man mit der Finne eines nicht zu schweren Hammers ($\frac{3}{4} \div 1$ kg) auf die hohle Seite schlägt und sie dadurch streckt.

Zylindrische Teile können auch so gerichtet werden, doch zieht man meist vor, sie durchzudrücken. Handelt es sich, wie bei eingesetzten Spindeln, um nur teilweise harte Werkstücke, so besteht keine Schwierigkeit: man drückt die erhabene Stelle in der üblichen Weise unter der Hand- oder hydraulischen Presse durch. Anders, wenn die Teile völlig hart sind, muß besonders die durchzudrückende Stelle erwärmen. $150 \div 200^\circ$ dürften ausreichen und schaden auch der Härte des Werkstücks nicht (sie können als ein zweites Anlassen angesehen werden). Abb. 116 zeigt schematisch eine geeignete Anordnung: das Werkstück liegt in 2 (in ihrer Entfernung verstellbaren) Prismen oder auch zwischen Spitzen, von vorn drückt ein flaches Stahlstück, das mit einem Schlitten vorgekurbelt wird, während von unten ein Bunsenbrenner erwärmt. Nach dem Richten soll das Werkstück langsam abkühlen.

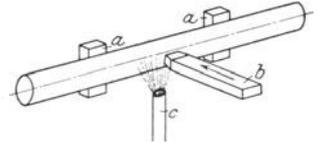


Abb. 116. Richten zylindrischer Teile. *a*, *a* Auflageprismen, *b* Durchdruckstahl, *c* Bunsenbrenner.

Werkstücke aus Schnellstahl kann man unmittelbar nach dem Abkühlen verhältnismäßig leicht ohne Erwärmen richten, da sie erst nach längerer Zeit ihre volle Härte annehmen.

Bei Werkzeugen, wie Fräsern u. dgl., ist ein Richten meist nicht möglich. Etwaige Verzerrungen kann man nur durch Schleifen bzw. zweckmäßige Aufnahme beim Schleifen wieder gut machen.

VII. Ursache und Vermeidung der Fehler. Kontrolle.

Ist ein Werkstück gerissen, ist es zu weich oder entspricht es sonst den Anforderungen nicht, so sollte man immer versuchen, die Ursache dafür zu finden, schon, damit man das nächstemal den Fehler vermeiden kann. Manchmal ist es

allerdings selbst für den erfahrenen Fachmann nicht leicht, sie zu finden. Es muß dann vor allem die Behandlung, die das Werkstück erfahren hat, möglichst genau festgestellt werden; doch geht es oft auch ohne mikroskopische Untersuchung des Gefüges und ohne chemische Analyse der Zusammensetzung des Stahls nicht ab.

57. Spannungen und Sprödigkeit. Daß sie bis zu einem gewissen Grade beim Abschrecken unvermeidlich sind, aber auch, wie sie möglichst hintanzuhalten sind, das ist im 1. Teil (Abschnitt 77 u. f.) ausführlich erörtert.

Die Spannungen können so gering sein, daß sie gar nicht hervortreten und stören, sie können unangenehm werden und das Werkstück verzerren, sie können schließlich so groß werden, daß sie das Werkstück zerreißen. Daran hat dann oft die Sprödigkeit soviel Anteil wie die Spannungen. Deshalb ist auch das überhitzte Härten, das beide fördert, besonders nachteilig. Es kommt jedoch recht häufig vor, besonders in schlecht eingerichteten Härtereien, durch Benutzung des Schmiedefeuers oder zu heißer Öfen, durch Fehlen von Pyrometern, durch unmittelbar einfallendes Sonnenlicht, das die Glühfarben nicht richtig abschätzen läßt.

Ein Fehler anderer Art, kaum seltener, ist es, wenn die Spannungen, die durch die Bearbeitung entstanden sind, nicht vor dem Härten durch Glühen aufgehoben werden. Ein solches Entspannen ist bei hochgekohltem, unlegierten und niedrig legierten Werkzeugstahl am nötigsten und immer dann unerlässlich, wenn die Werkstücke sich beim Härten möglichst nicht verziehen sollen. Dabei kann Schleifen gefährlicher sein als Drehen und Hobeln. Von flachen Teilen z. B., wie Schnittplatten, Ziehmatrizen, Messer u. dgl., wird oft die entkohlte oder verzünderte Schicht abgeschliffen, womöglich noch an einer verschmierten Scheibe; erhebliche Spannungen in der äußersten Schicht sind die Folge.

Alle Spannungen im gehärteten Werkstück können durch Anlassen — möglichst hoch und möglichst lang — gemildert werden.

58. Ursache der Risse. Oft kann man aus dem Aussehen der frischen Bruchfläche oder aus der Form und dem Verlauf des Risses auf die Ursache schließen.

a) Ist die Bruchfläche rostig, so ist der Riß beim Abschrecken im Wasser entstanden, und seine Ursache ist entweder Überhitzung (siehe unter c) oder ungleiches und zu schroffes Abkühlen.

b) Ist die Bruchfläche dunkel und oxydiert oder „grobfaserig“ (Holzfaserstruktur), so hat man es mit einem Fehler im Stahl zu tun.

c) Zeigt die Bruchfläche grobes Korn, so ist der Stahl überhitzt, ist sie weiß glänzend, ist der Stahl verbrannt, und dadurch seine Widerstandsfähigkeit gegen Spannungen vermindert worden.

d) Risse an vorspringenden, dünnen Teilen der Werkstücke, oft bogenförmig (Kugelrisse), sind die Folge von zu schnellem, ungleichem Erhitzen oder ungleichem Abkühlen.

e) Risse, die von scharfen Ecken oder eingeschlagenen Buchstaben ausgehen, sind die Folge der durch die Kerbwirkung sehr gesteigerten Spannungen.

f) Feine Risse auf der Oberfläche, oft muschelartig verlaufend, in den Schneiden oder in ihrer Nähe, sind nicht beim Härten entstanden, sondern bei dem darauf folgenden Schleifen. Sie sind die Folge von starker örtlicher Erwärmung.

59. Kontrolle der Risse. Ganz feine Risse sind nicht ohne weiteres nach dem Abschrecken zu erkennen; hingegen werden sie sichtbar nach dem Abblasen im Sandstrahlgebläse. Deutlich treten sie auch hervor, wenn man das Werkstück in Petroleum taucht, trocknet und mit gepulverter Kreide einreibt. Sie erscheinen dann dunkel auf hellem Grund. Auch Ätzen in verdünnter Säure macht sie erkennbar, ist aber weniger zu empfehlen.

Ein ganz anderes Verfahren, Risse zu finden, beruht auf dem Gehör. Schlägt man mit einem Metallstück gegen das frei gehaltene Werkstück, so gibt es, wenn heil, einen hellen, scharfen, klangvollen Ton, wenn gerissen, dagegen einen matten, klanglosen. So prüft man vielfach Fräser, Kreissägen usw. Auf dieser Tatsache beruht auch die planmäßige Prüfung von Kugellagerringen, die man eine geneigte Ebene herunterrollen und gegen einen Gußklotz stoßen läßt.

60. Ursache ungenügender Härte. Es kann entweder die ganze gehärtete Oberfläche des Werkstückes zu weich sein oder nur eine einzelne Stelle.

a) Ist die ganze Oberfläche zu weich, so kann das liegen:

am Werkstoff: es kann ein Stahl mit zu geringem Kohlenstoffgehalt gewählt sein, der überhaupt keine genügende Härte annehmen kann. Es kann auch die entkohlte Schicht, die fast jeder angelieferte Stahl hat, nicht entfernt sein, oder es kann sich beim Erhitzen eine neue derartige Schicht gebildet haben. In diesem Fall wird der Stahl unter der Schicht gut hart sein.

am Erhitzen: Es kann die Glühtemperatur nicht hoch genug oder zu hoch gewesen sein. Die Härte ist dann meist auch recht ungleich, das Korn nicht gleichmäßig fein.

am Abschrecken: Es kann das Abschreckmittel nicht schroff genug gewesen sein oder nicht lange genug gewirkt haben. Härte wieder ungleichmäßig (an Ecken und Kanten höher), ebenfalls das Korn.

b) Ist die Oberfläche stellenweise weich, so kann das (außer an den unter a) angegebenen Ursachen) liegen:

am Werkstoff: er kann stellenweise entkohlt sein oder z. B. Phosphor aufgenommen haben.

am Abschrecken: es können einige Stellen vom Abschreckmittel nicht stark genug bespült sein. Es können angesetztes Blei, Schmutz oder Gasblasen die Abkühlung beeinträchtigt haben; oder es kann die Stelle an der Gefäßwand angelegen haben. Vielfach werden die mittleren Stellen ebener oder gekrümmter Flächen nicht gut hart, weil die Wärmeableitung hier schlechter ist als an den Ecken und Kanten.

61. Beseitigen und Vermeiden ungenügender Härte. Oft ist ungenügende Härte durch ein wiederholtes Härten, das die anfänglichen Fehler vermeidet, zu beseitigen. Vorhergehen muß ihm ein Ausglühen des Werkstückes oder doch ein sehr vorsichtiges und langsames Erhitzen. Entkohlte Schicht ist vorher zu entfernen.

Ganz geringe, besonders auch stellenweise, Entkohlung kann man auch dadurch unschädlich machen, daß man das Werkstück in etwas kohlenden, zyanhaltigen Salzen erhitzt (siehe Abschnitt 54), oder daß man es vorher in eine kohlende zähflüssige Masse taucht bzw. sie aufstreicht. Oder man kann das Werkstück nach dem Erhitzen etwas aufkohlen.

Dicke Werkstücke, wie Stahlwalzen, starke Gewindebohrer, Reibahlen u. a. m., werden manchmal erst dann gut hart, wenn man ihren Vorrat an innerer Wärme durch Hohlbohren oder dgl. verringert.

62. Kontrolle der Härte. Ungenügende Härte ist verhältnismäßig leicht festzustellen. Das einfachste Verfahren ist die Feilprobe: greift eine feine, scharfe Feile nicht an, so ist die Oberfläche glashart, „klebt“ sie dagegen, so ist die Stelle nicht glashart. Ogleich nun diese Prüfung, und mehr noch die Feststellung feinerer Unterschiede, ganz vom Gefühl und Urteil des Prüfenden und gleichmäßig guten Feilen abhängt, gibt es in vielen Fällen kein einfacheres und besseres Verfahren. Daher werden Schneidwerkzeuge, Meßwerkzeuge, ferner Lehren, Lagerzapfen, überhaupt fast alle Teile mit glasharter Oberfläche, in der Werkstatt vorwiegend mit der Feile geprüft, wenn auch oft nicht ausschließlich mit der Feile.

Die neuerdings in den Handel gebrachten Härteprüfstäbe (Richard Weber & Co. und Excentric-Gewindeschneider, Berlin) machen es möglich, bei der Feilenprobe das persönliche Urteil zu einem erheblichen Teil auszuschalten: Ein Stahlstab hat eine ganze Reihe verschiedener Härten bis zur Glashärte und trägt auf einer Seite an etwa 10 Stellen die entsprechende Härteangabe nach Rockwell, Brinell oder nach dem Skleroskop. Feilt man nun erst das Werkstück an und sucht dann auf dem Stab die Stelle, die sich in etwa gleicher Weise feilen läßt, so kann man dort die Härte des Werkstückes unmittelbar in Zahlen ablesen.

Die Feilprobe hat den großen Vorzug, daß sie durch eine übergelagerte, dünne weiche Schicht nicht beeinflußt wird, da die Feile hindurchfaßt; dagegen kann die Feile nicht feststellen, ob die harte Schicht nur sehr dünn ist. Die Feilprobe arbeitet schneller als irgendein anderes Verfahren, zumal das Werkstück meist mit der Hand gehalten werden kann. Aber auch, wenn es gespannt wird, kann das sehr einfach sein. So kann man z. B. Ringe in der Weise prüfen, daß man eine größere Zahl, über einen Dorn gesteckt, zusammen in einen Schraubstock spannt und nun alle hintereinander anfeilt. Mit der Feile kommt man auch an Flächen gut heran, die durch ihre Form und Lage, wie z. B. Hinterschleifflächen von Spiralbohrern, Bohrungen von Ringen, jeder anderen Prüfung große Schwierigkeiten bereiten.

Von den im 1. Teil (Abschnitt 5) besprochenen objektiven Härteprüfgeräten werden für Glashärte verwendet: das Skleroskop und der Rockwellprüfer.

Beim Skleroskop muß das Werkstück satt aufliegen oder fest im Schraubstock gespannt sein; aber auch dann ist die Anzeige noch abhängig von der Größe des Werkstücks und besonders von der Beschaffenheit seiner Oberfläche. Die muß daher immer sauber und glatt sein (geschliffen oder poliert); eine dünne, entkohlte Schicht z. B. ergibt sehr geringe Anzeige.

Die Rockwell- (bzw. Testor-)Prüfung hat diesen Nachteil nicht (es genügt, die Prüffläche abzublasen), sie ist daher meist sicherer und bequemer.

Die Ergebnisse der Prüfungen untereinander wie auch gegenüber der Feilenprobe sind widerspruchsvoll. So hat z. B. Kohlenstoffstahl und auch Schnellstahl, der stark überhitzt wurde, eine verhältnismäßig geringe Skleroskophärte, während die Feile nicht angreift. Auch bei sehr feiner dichter Gefügebeschaffenheit, wie gewisse legierte Stähle sie haben, und auch bei geringer Stärke wird die Härte vom Skleroskop sehr niedrig angezeigt, während die Feile nicht angreift. Zur richtigen Beurteilung ist es daher manchmal recht empfehlenswert, verschiedene Härteproben auszuführen.

Sehr zweckmäßig ist es, besonders bei der Prüfung recht verschiedener Stähle, gut gehärtete Musterstücke zum Vergleich bereit zu haben.

Um schnell die ganze Oberfläche eines gehärteten Werkstücks prüfen zu können, ist neuerdings ein englisches Verfahren (Herbert) bekannt geworden, bei dem man kleine Stahlkugeln auf die Prüffläche „regnen“ läßt. Weiche Stellen werden dadurch sichtbar, daß sie sich aufräumen, während harte Stellen ungeändert bleiben. Will man deren Härtegrad bestimmen, vergrößert man die Fallhöhe der Kugeln und mißt ihre Eindrücke in die Oberfläche mit dem Mikroskop. (Durch das „Regnen“ kann man die Härte der Oberfläche auch steigern.)

Ein ganz anderes Verfahren zur Feststellung der Härte, das sich unter Umständen für Massenuntersuchung eignet, beruht auf der Färbung verschieden harter Stellen durch Säure. Legt man die Stücke in eine Lösung aus: 11 Alkohol, 11 destilliertes Wasser und 0,11 reine Salpetersäure, so werden die ganz harten Stellen (Martensit) braun oder hellblau, die weniger harten (Troostit) dunkelblau oder dunkelgrau und die weichen Stellen (Perlit) gar nicht gefärbt. Damit die

Teile nicht rosten, ist es nötig, sie nach dem Ätzen sorglich abzuspülen, am besten in heißem Sodawasser.

Weniger stark, aber dem Geübten unverkennbar, zeigt sich die andere Färbung der weichen Stellen nach dem Abblasen im Sandstrahlgebläse und nach dem Schleifen und Hochglanzpolieren, wie es für viele Meßwerkzeuge (Kaliberdorne und -ringe, Endmaße usw.) nötig ist. Diese Erkennungsmöglichkeiten haben den großen Vorzug, daß sie keine besondere Behandlung verlangen, den Nachteil, daß sie erst bei der Fertigbearbeitung sich zeigen.

Bei einsatzgehärteten Oberflächen muß die Härteprüfung auf die Schichtdicke Rücksicht nehmen: die Rockwellprüfung, an sich sehr empfehlenswert, gibt richtige Werte nur, wenn die Schicht mindestens 1 mm stark ist.

Die Dicke der Schicht kann in geeigneten Fällen sehr einfach an der Stirnfläche (z. B. bei Zahnrädern) ermittelt werden, indem man hier die Schicht an einem Zahn abschleift und dann ätzt.

63. Bedeutung der Härteprüfung. Die „Naturhärte“, das ist die Härte des unbehandelten bzw. ausgeglühten Stahls, wird geprüft, um die Gleichmäßigkeit und Bearbeitbarkeit (zuweilen auch um die Festigkeit) des Stahls festzustellen. Die „Abschreckhärte“ und die „Anlaßhärte“, das ist die Härte nach dem Abschrecken bzw. nach dem Anlassen (bei hochgekohltem Stahl meist Glashärte), wird geprüft, um die Gleichmäßigkeit der Warmbehandlung und die Eignung des gehärteten Werkstücks für einen bestimmten Verwendungszweck festzustellen.

Für die erste Aufgabe, die Kontrolle der Gleichmäßigkeit, ist die Härteprüfung sehr geeignet sowohl für verschiedene Stellen desselben Werkstücks wie für die verschiedenen Werkstücke untereinander. Anders die zweite Aufgabe: die Verwendbarkeit des Werkstücks festzustellen. Das vermag die Härteprüfung nur in beschränktem Maße, weil für die Abnutzung, die hauptsächlich den Anlaß zum Härten gibt, nicht allein die Härte maßgebend ist, sondern weil auch Zähigkeit und anderes mitsprechen, und weil außerdem Abnutzung unter verschiedenen Umständen etwas recht Verschiedenes bedeutet. So kommt es, daß die höchste Härte nicht durchaus das günstigste Verhalten garantiert, weder bei Meßgeräten, noch bei Schneiden, noch bei Lagerzapfen u. dgl. Auch ist Härte bei verschiedenen Stahlsorten nicht einfach gleich zu beurteilen. Daraus erklärt es sich, daß man erfahrungsgemäß nur gewisse Grenzen für die geeignete Abschreck- und Anlaßhärte angeben kann, und zwar in Abhängigkeit vom Verwendungszweck und der Stahlsorte. Am sichersten ist es, wenn man die Härte eines Werkzeuges oder dgl., das sich bewährt hat, mißt und sie für dieselben Werkzeuge aus demselben Stahl als Norm nimmt.

Prüfbuch für Werkzeugmaschinen (Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen). Von Dr.-Ing. G. Schlesinger, Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 18 Einzelfiguren und 34 Figurengruppen. VII, 56 Seiten. 1931.

Gebunden RM 12.—; mit Schreibpapier durchschossen und gebunden RM 13.—

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch von Prof. Fr. W. Hülle, Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern sowie 15 Tafeln. VIII, 611 Seiten. 1919. Unveränderter Neudruck 1923. Gebunden RM 24.—

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Professor Fr. W. Hülle, Dortmund. In zwei Bänden.

Erster Band: **Der Bau der Werkzeugmaschinen.** Sechste, vermehrte Auflage.

Mit 512 Textabb. IX, 269 Seiten. 1928. RM 6.50; gebunden RM 7.75

Zweiter Band: **Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen.** Vierte, vermehrte Auflage. Mit 580 Abb. im Text und auf einer Tafel sowie 46 Zahlentafeln. VIII, 309 Seiten. 1926. RM 9.—; gebunden RM 10.50

Werkzeuge und Einrichtung der selbsttätigen Drehbänke.

Von Obergeringieur Ph. Kelle, Berlin. Mit 348 Textabbildungen, 19 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. V, 154 Seiten. 1929. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen. Mit Benutzung des Buches „Punches, dies and tools for manufacturing in presses“ von Joseph V. Woodworth von Professor Dr. techn. Max Kurrein, Charlottenburg. Zweite, völlig neubearbeitete Auflage. Mit 1025 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 49 Tabellen. IX, 810 Seiten. 1926. Gebunden RM 48.—

Elemente des Werkzeugmaschinenbaues. Ihre Berechnung und Konstruktion. Von Professor Dipl.-Ing. Max Coenen, Chemnitz. Mit 297 Abbildungen im Text. IV, 146 Seiten. 1927. RM 10.—

Mechanische Technologie für Maschinentechniker. (Spanlose Formung.) Von Dr.-Ing. Willy Pöckrandt, z. Zt. komm. Oberstudiendirektor bei der Staatlichen Maschinenbau- und Hüttenschule Gleiwitz. Mit 263 Textabbildungen. VII, 292 Seiten. 1929. RM 13.—; gebunden RM 14.50

Die Schmiermittel, ihre Art, Prüfung und Verwendung. Ein Leitfaden für den Betriebsmann. Von Dr. Richard Ascher. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 66 Abbildungen im Text. VIII, 302 Seiten. 1931. Gebunden RM 16.—

Härten und Vergüten. Von Dr.-Ing. Eugen Simon. Erster Teil: Stahl und sein Verhalten. Dritte, völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage. (Werkstattbücher, Heft 7.) Mit 91 Abbildungen im Text und 8 Tabellen. 70 Seiten. 1930. RM 2.—

Die Konstruktionsstähle und ihre Wärmebehandlung. Von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Mit 205 Textabbildungen und einer Tafel. VIII, 370 Seiten. 1923. Gebunden RM 15.—

Die Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung. Berechtigte deutsche Bearbeitung der Schrift: „The Heat Treatment of Tool Steel“ von Harry Brearley, Sheffield, von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 226 Textabbildungen. X, 324 Seiten. 1922. Gebunden RM 12.—

Brearley-Schäfer, Die Einsatzhärtung von Eisen und Stahl. Berechtigte deutsche Bearbeitung der Schrift „The Case Hardening of Steel“ von Harry Brearley, Sheffield, von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Mit 124 Textabbildungen. VIII, 250 Seiten. 1926. Gebunden RM 19.50

Lehrgang der Härtetechnik. Von Studienrat Dipl.-Ing. Joh. Schiefer † und Fachlehrer E. Grün. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 175 Textabbildungen. VI, 211 Seiten. 1927. RM 7.50; gebunden RM 8.75

Die moderne Stanzerei. Ein Buch für die Praxis mit Aufgaben und Lösungen. Von Ingenieur Eugen Kaczmarek. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 186 Textabbildungen. VIII, 209 Seiten. 1929. RM 13.—; gebunden RM 14.40

Blöcke und Kokillen. Von A. W. und H. Brearley. Deutsche Bearbeitung von Dr.-Ing. F. Rapatz. Mit 64 Abbildungen. IV, 142 Seiten. 1926. Gebunden RM 13.50

Schmieden und Pressen. Von P. H. Schweißguth, Direktor der Teplitzer Eisenwerke. Mit 236 Textabbildungen. IV, 110 Seiten. 1923. RM 4.—

Spanlose Formung. Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen. Bearbeitet von Dipl.-Ing. M. Evers, Dipl.-Ing. F. Großmann, Dir. M. Lebeis, Dir. Dr.-Ing. V. Litz, Dr.-Ing. A. Peter. Herausgegeben von Dr.-Ing. V. Litz, Betriebsdirektor bei A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel. (Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, Band IV.) Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.60

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

Bisher sind erschienen (Fortsetzung):

Heft 35: Der Vorrichtungsbau.

II: Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmässig konstruierter Vorrichtungen. Typische Einzelvorrichtungen.
Von Fritz Grünhagen.

Heft 36: Das Einrichten von Halbautomaten.
Von J. van Himbergen, A. Bleckmann, A. Waßmuth.

Heft 37: Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei.
Von Fr. und Fa. Brobeck.

Heft 38: Das Verzichnen im Kessel- und Apparatebau. Von Ing. Arno Dorl.

Heft 39: Herstellung roher Schrauben.
I. Anstauchen der Köpfe.
Von Ing. J. Berger.

Heft 40: Das Sägen der Metalle.
Von Dipl.-Ing. H. Hollaender.

Heft 41: Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle).
Von Dr.-Ing. A. Peter.

Heft 42: Der Vorrichtungsbau.
III: Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen.
Von Fritz Grünhagen.

In Vorbereitung bzw. unter der Presse befinden sich:

Lichtbogenschweißen. Von Dipl.-Ing. Ernst Klosse (erscheint im Frühjahr 1931).

Nichteisenmetalle I. Von Dr. Reinh. Hinzmann.

Stanztechnik I und II. Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.

Stanztechnik III. Von Dr.-Ing. Walter Sellin.

Fellen. Von Dr.-Ing. Bertold Buxbaum.

Werkstoffprüfung (Metalle). Von P. Blebensahn und L. Traeger. (Werkstattbücher, Heft 34.) Mit 92 Figuren im Text. 68 Seiten. 1928. RM 2.—

Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente. Elastizität und Festigkeit von Stahl, Stahlguß, Gußeisen, Nichteisenmetall, Stein, Beton, Holz und Glas bei oftmaliger Belastung und Entlastung sowie bei ruhender Belastung. Von Otto Graf. Mit 166 Abbildungen im Text. VIII, 131 Seiten. 1929. RM 14.—; gebunden RM 15.50

Hilfsbuch für Metalltechniker. Einführung in die neuzeitliche Metall- und Legierungskunde, erprobte Arbeitsverfahren und Vorschriften für die Werkstätten der Metalltechniker, Oberflächenveredlungsarbeiten u. a. nebst wissenschaftlichen Erläuterungen. Von Chemiker Georg Buchner. Dritte, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 14 Textabbildungen. XIII, 397 S. 1923. Geb. RM 12.—

Technisches Hilfsbuch. Herausgegeben von Schuchardt & Schütte A.-G. Siebente, verbesserte Auflage. Mit 500 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. X, 526 Seiten. 1928. Gebunden RM 8.—

Leitfaden der Werkzeugmaschinenkunde. Von Prof. Dipl.-Ing. Herm. Meyer, Magdeburg. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 330 Textfiguren. VI, 198 Seiten. 1921. RM 4.—