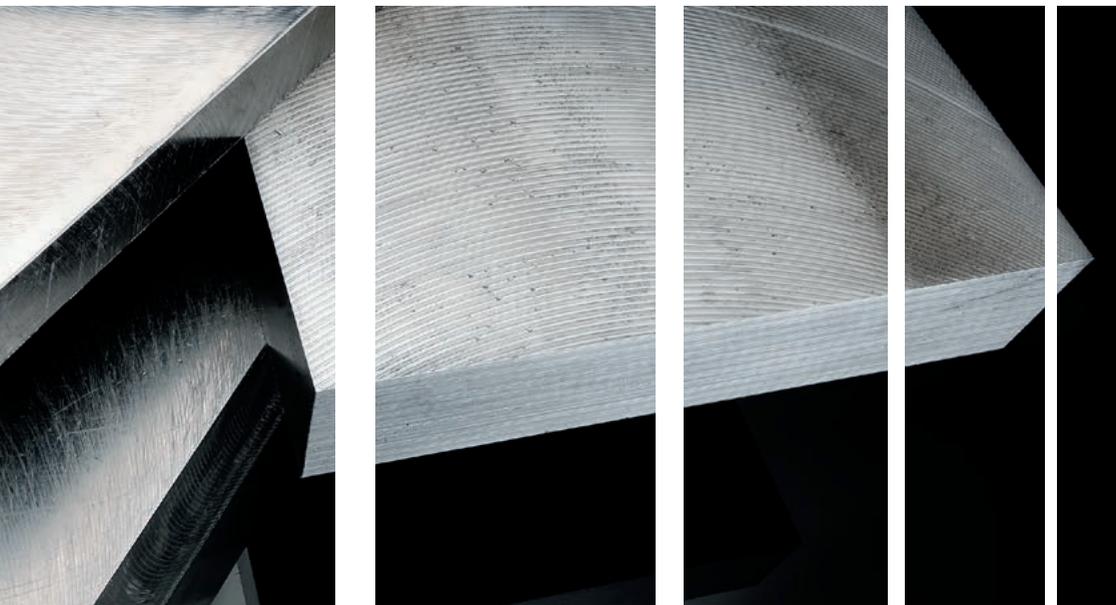


Hertsch AG

Edelstähle/Aciers fins



Stahl-Glossarium

Hertsch AG
Edelstähle
General Wille-Strasse 19
8002 Zürich

Telefon 044 208 16 66
Fax 044 201 46 15
info@hertsch.ch
www.hertsch.ch

Ausgabe 2016

Herausgeber:
Hertsch AG, 8002 Zürich

Druckerei:
FO-Zürisee AG, 8712 Stäfa

Unser

Stahl Glossarium

5. Auflage

wurde überarbeitet und dem heutigen Stand der Stahl- und Wärmebehandlungstechnologie angepasst.

Aufgrund ihrer zum Teil langjährigen Erfahrung mit dem Einsatz von *Edelstählen*, haben unsere technischen Mitarbeiter diese Broschüre neu gestaltet, Bewährtes (auch alte Begriffe) belassen und Neues hinzugefügt.

Die lexikonartige Zusammenstellung von Begriffen, welche mit Stahl und der Wärmebehandlung im Zusammenhang stehen, erleichtert sicher vielen Interessierten die Einführung in eine Fachsprache, welche in der Metallbranche von zunehmender Bedeutung ist. Aus langjähriger Erfahrung im Umgang mit Stahl haben wir aus Praxis und einschlägiger Literatur das Material gesammelt – zum Teil auf einen einfachen Nenner gekürzt – das dem Laien eine rasche Orientierung ermöglichen soll.

Ernsthafte Kritiker werden uns entgegen, dass dieses oder jenes Kapitel zu kurz gehalten oder ausgelassen wurde. Wir dürfen diesem Einwand entgegenhalten, dass wir bewusst vieles nur stichwortartig angedeutet haben. Das tiefeschürfende Spezialwissen auf den verschiedensten Fachgebieten zu vermitteln, bleibt den spezifischen Fachleuten sowie einer umfangreichen Literatur vorbehalten.

Wir freuen uns besonders, wenn wir trotzdem etwas zur Vereinheitlichung der Stahl Terminologie beitragen können und verbleiben

Freundliche Grüsse
Hertsch AG

Abbrand → Zunder

bezeichnet den beim Schmelzen, Schmieden und Walzen entstehenden Materialverlust. Je nach der Verarbeitungsintensität kann er 7 bis 14% des Ausgangsgewichtes betragen.

Auch beim Schweißen kann ein Abbrand der einzelnen Legierungsbestandteile auftreten. Besonders unangenehm ist ein solcher Abbrand beim Legierungsmetall Chrom, weil bei zu geringen Chromgehalten die Beständigkeit der nichtrostenden und säurefesten Stähle bzw. der Schweißnaht herabgesetzt wird. Aus diesem Grunde verwendet man in diesen Fällen für die Elektro- oder Autogenschweißung Schweißdrähte, die etwas höher legiert sind als das zu schweißende Material.

Abdeckpaste

Damit werden am Härtegut gewünschte Partien abgedeckt, die beim Einsatzhärten keine Härte annehmen sollen. Die Kohlenstoffzufuhr wird unterbunden.

Abkühlen

Erniedrigen der Temperatur eines Werkstückes bei der Wärmebehandlung.

Abkühlung

Abnahme der Temperatur eines Werkstückes bei der Wärmebehandlung.

Abkühlungsdauer

Zeitspanne vom Beginn bis zum Ende einer Abkühlung.

Abkühlungsgeschwindigkeit

Temperaturabnahme in der Zeiteinheit beim Durchlaufen eines bestimmten Temperaturbereiches.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit hat erheblichen Einfluss auf die Struktur des Stahles. Schnelle Abkühlung (von der Schmiede- oder Walztemperatur) gibt feines Korn, aber auch Ungleichheiten und Spannungen. Diese können durch nachträgliches Spannungsfreiglühen beseitigt werden.

Als kritische Abkühlungsgeschwindigkeit gilt die Mindest-Abkühlungs-

geschwindigkeit ($^{\circ}\text{C}/\text{Sekunde}$) von Temperaturen oberhalb A_{c1} , um das Härtegefüge → (Martensit) zu erhalten. Sie beträgt für Kohlenstoffstähle etwa $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ in der Sekunde.

Abschreckdauer

Zeitspanne vom Beginn der Abschreckung des Werkstückes bis zu seiner Entnahme aus dem Ofen- oder Überführung zur Anlassoperation.

Abschrecken

Rasches Abkühlen eines Werkstückes von Glüh-, Härte- oder Anlasstemperatur. Das rasche Abkühlen austenitischer Stähle (meist INOX – Qualitäten) von hohen Temperaturen (meist über $1'000^{\circ}\text{C}$), um ein möglichst homogenes austenitisches Gefüge guter Zähigkeit zu erzielen, wird auch Abschrecken (Lösungsglühen) genannt.

Bei den Härtevorschriften sollten die Abschreckbedingungen genau angegeben werden, z.B. Abschrecken im Öl, Abschrecken im Vakuum usw.

Abschreckmittel

Die Abschreckmittel bewirken, dass der auf Härtetemperatur gebrachte Stahl so rasch abgekühlt wird, dass in der Perlitstufe kein Zerfall des Austenits stattfinden kann und somit die Umwandlung des Austenits direkt in Martensit stattfindet. Die wichtigsten Abschreckmittel sind:

1. kaltes Wasser (ohne Zusatz)

Diese Methode ist nicht zu wählen, da starke Dampfblasenbildung auftritt (unterschiedliche Härteannahme).

2. Salzwasser, 9–10% Salz

wird wegen seiner hohen Verdampfungswärme als Abschreckmittel für unlegierte Stähle verwendet.

Hohe kritische Abkühlungsgeschwindigkeit.

3. Öl, Temp. $50\text{--}70^{\circ}\text{C}$

die Gefahr der Rissbildung und des Verzuges ist geringer als beim Abschrecken im Salzwasser.

Mittlere kritische Abkühlungsgeschwindigkeit.

4. ruhige oder trockene Gebläseluft
die Rissgefahr ist sehr gering. Nur für Stähle mit einer kleinen kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit verwendbar.

5. Warmbadhärten
ist das schonendste Härteverfahren, da die Härtung nahezu gleichzeitig über den ganzen Querschnitt erfolgt. Diese Methode ist für Stähle mit einer kleinen kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit verwendbar.

6. Abschrecken im Vakuum
In der Schutzgasatmosphäre kann das Abschrecken gesteuert werden. Die Abkühlgeschwindigkeit ist ungefähr gleich gross wie an der Luft. Mit Gasüberdruck kann die Abkühlung beschleunigt werden. Die Oberflächen sind nach dem Vakuumhärten völlig blank.

Abschrecktemperatur

Temperatur, von der ein Werkstück abgeschreckt wird.

Abtragung

Als «gleichmässige Abtragung» wird eine über die ganze Oberfläche stattfindende Zerstörung des Werkstoffes durch «Korrosion» (Rosten) bezeichnet. Aus dem im Versuch ermittelten Gewichtsverlust kann bei dieser Korrosionsart auf die voraussichtliche Lebensdauer des betreffenden Teiles geschlossen werden.

Ac₁, Ac₂, Ac₃, Ac_{cm}, Ac₄ Haltepunkte.

AFNOR-Normen = französische Standard-Normen.

AISI-NORMEN aufgestellt vom American Iron and Steel Institute.

Aktivieren

Im «passiven Zustand» erleiden bestimmte Metalle und Legierungen gegen

angreifende Chemikalien keinen Angriff. Im «aktiven Zustand» kann dagegen ein Angriff erfolgen.

Die unvorhergesehene Aktivierung eines Stahles kann z. B. durch → Fremdst, unter einer Zunderschicht und in sehr engen Zwischenräumen zweier – auch völlig gleicher – Stahlteile auftreten. In solchen Fällen ist eine gründliche Reinigung der Oberfläche, z. B. durch Schleifen, und ein anschliessendes Eintauchen in eine etwa 10%ige Salpetersäure erforderlich, um den passiven Zustand wieder herzustellen.

Durch geeignete konstruktive Massnahmen und durch regelmässige Pflege lassen sich solche Gefahrenstellen meist vermeiden.

Alpha-Eisen (α) → Gitter kubisch raumzentriertes Kristallgitter. Die Gitterkonstante des Alpha Eisens beträgt 2,90 Å.

$$1 \text{ \AA (Angström)} = 10^{-10} \text{ m} = \frac{1}{10'000'000} \text{ mm}$$

Altern

Durch Altern verlieren die gehärteten Werkstücke innere Spannungen, ohne dass die Härte vermindert wird. Wir unterscheiden zwischen natürlicher- und künstlicher Alterung.

Natürliche Alterung: Dieser Vorgang erstreckt sich bei normaler Lufttemperatur über mehrere Jahre.

Künstliche Alterung: das Altern geschieht bei Temperaturen im Ofen von 100–200 °C während 100–200 Stunden. Vielfach werden hochpräzise Teile, z. B. Messwerkzeuge gealtert.

Altern durch Tiefkühlung

→ Tiefkühlen.

Aluminium / Symbol: Al / Schmelzpunkt: 658 °C, DIN-Multiplikator 10. Für die Gewinnung wichtig ist hauptsächlich Bauxit (mit 50–60% Aluminiumoxyd und 20–30% Eisenoxyd), der in Südfrankreich, Italien, Ungarn, Dalmatien, Australien, Indonesien und Nordamerika gefunden wird.

Ammoniakgas

Wird beim Gasnitrieren verwendet
→ Nitrieren.

Analyse

Der Gehalt an den einzelnen Legierungsbestandteilen bestimmt die Eigenschaften des Werkstoffes. Um diesen Gehalt zu messen, bedient man sich der Analyse. Zu diesem Zwecke werden z.B. bei der Stahlherstellung aus der flüssigen Schmelze Proben geschöpft oder vom bereits erstarrten Stahl feste Proben entnommen. Die analytische Untersuchung erfolgt meistens in Schnellbestimmungsverfahren, unter Ausschaltung der Zerstörung des Werkstückes (Spektralanalyse).

Analysenabweichungen

sind innerhalb gewisser Grenzen (Toleranzfeld der Richtanalyse) nur dann als Fehler anzusprechen, wenn sie erfahrungsgemäss die Verarbeitungs- oder Gebrauchseigenschaften des Werkstoffes beeinträchtigen.

Anfeilprüfverfahren

ist in einzelnen Fällen ein *ausreichendes Mittel zur Bestimmung der Festigkeit des Stahls*. Mit diesem Verfahren kann gehärtetes und ungehärtetes Material unterschieden werden.

Für Härteprüfungen in engeren Grenzen sind Rockwell- Vickers- oder Brinellmessungen anzuwenden.

Anlassbeständigkeit

ist eine gewisse Beständigkeit gehärteter Stähle gegen Härte- bzw. Festigkeitsabnahme nach Erwärmen auf bestimmte Anlass- oder Arbeitstemperaturen.

Eine gute Anlassbeständigkeit wird hauptsächlich bei Warmarbeitsstählen gefordert.

Anlassdauer

Zeitspanne vom Erreichen der Anlass-temperatur im Kern des Werkstückes bis zum Beginn der Abkühlung. Die Durchwärmdauer ist also nicht inbegriffen.

Anlassen

Erwärmung nach vorangegangener Härtung auf eine Temperatur unterhalb A_{c1} , mit nachfolgender langsamer Abkühlung. Damit werden die durch das Härten entstandenen Spannungen und die hohe Sprödigkeit der Werkstücke beseitigt. Mit dem Anlassen kann die gewünschte Härte erreicht werden.

Bei einmaligem Anlassen wandelt sich ein Teil des Restaustenit während der Abkühlung in Martensit um. Der neu gebildete Martensit liegt dann in unangenehmem Zustand vor. Das bedeutet, dass bei hochlegierten Stählen ein zweites, drittes oder gar ein viertes Mal angelassen werden muss. Mit mehrmaligem Anlassen im Sekundärbereich, kann der Restaustenit fast ganz eliminiert werden. Das Werkstück muss zwischen den einzelnen Anlassoperationen durchgreifend auf Raumtemperatur gekühlt werden, da sonst der Restaustenitgehalt nicht abgebaut wird.

Anlassfarben

Wenn Stahl bei Zutritt von Sauerstoff angelassen wird, treten Anlassfarben auf. Sie werden durch oxydische Schichten hervorgerufen, deren Farbton von ihrer Dicke abhängt. Zeitdauer der Entwicklung und die Höhe der Temperatur bestimmen die Dicke der Schichten und damit den Farbton. Zu beachten ist ferner, dass bei nichtrostenden Chromstählen die Anlassfarben erst bei höheren Temperaturen auftreten als bei anderen Stählen. Die ersten Anlassfarben bilden sich hier im Bereich von 200 bis 300 °C; sie haben eine gelbliche Färbung. Bei höheren Temperaturen treten bräunliche bis schwarze Farben hervor. Diese Anlassfarben müssen bei nichtrostenden Stählen entfernt werden, sei es auf mechanischem Wege durch Überschleifen, Abdrehen oder chemisch durch → Beizen, da lediglich metallblanke Stellen vollkommene Passivität, also höchste Rost- und Säurebeständigkeit besitzen. Die Anlassfarben finden Sie in unserer Lagerliste.

Anlasssprödigkeit

Verminderung der Zähigkeit beim Anlassen in einem bestimmten Temperaturbereich oder bei langsamem Abkühlen durch diesen Temperaturbereich nach dem Anlassen. Die Anlasssprödigkeit liegt je nach Stahlqualität im Temperaturbereich von 350–530 °C, also höher als der Bereich der → Blaubruchsprödigkeit. Die Anlasssprödigkeit tritt meistens bei Cr-Ni oder Mn-Stählen auf. Sie ist auf eine Karbidausscheidung an den Korngrenzen zurückzuführen, die beim Halten in diesem Temperaturbereich oder während der Abkühlung (Abschrecken) durch diesen gebildet wird. Molybdängehalte von 0,2–0,3% und ein beschleunigtes Abkühlen durch den kritischen Temperaturbereich verhindern eine Versprödung grösstenteils.

Anlasstemperatur

Temperatur, auf der das Werkstück beim Anlassen gehalten wird.

Anoden = Positive Elektroden bei der Elektrolyse.

Antimagnetischer Stahl

Austenitische Stähle sind praktisch antimagnetisch (z. B. rost- und säurebeständige Cr-Ni-Stähle).

Antimon – Sb

Ist ein Stahlschädling, welches die Zähigkeitseigenschaften des Stahles herabsetzt.

Anwärmdauer

Zeitspanne vom Beginn des Erwärmens bis zum Erreichen der angestrebten Temperatur an der Oberfläche des Werkstückes.

Ar₁, Ar₂, Ar₃, Ar₄, → Haltepunkte

Arsen – As

Ist ein Stahlschädling. Es zeigt eine starke Seigerungsneigung ähnlich Phosphor. Die Beseitigung der Seigerungen durch Diffusionsglühen ist jedoch schwieriger als beim Phosphor. Arsen erhöht die

Anlasssprödigkeit und verringert die Zähigkeit.

Artgleiche Schweissung

liegt vor, wenn das Schweißmaterial annähernd die gleiche Zusammensetzung besitzt wie das Grundmaterial. Diese Schweissung muss z.B. bei austenitischen Stählen angewendet werden. Ferritische Stähle dagegen schweisst man meist mit der austenitischen 18/8-Elektrode.

ASEA-STORA-Prozess (ASP)

zur Erzeugung verbesserter Schnellstahlqualitäten (Pulverstahl-Metallurgie = PM – Stähle).

Schnellstahl neigt stark dazu, nach dem Vergiessen im Block Seigerungen zu bilden, d.h. es entstehen im Block örtliche Schwankungen der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges. Diese sind umso grösser, je langsamer die Abkühlung erfolgt, d.h. je grösser der Block ist.

Beim ASP-Verfahren wird der flüssige Stahl mit Gas zerstäubt. Dabei bilden sich kleine Metalltropfen, die sehr schnell erkalten und daher vollkommen homogen sind. Auch die Karbide bleiben äusserst klein und sind regelmässig verteilt.

Die so erhaltenen Mini-Gussblöcke werden in eine Kapsel gebracht, die luftleer gepumpt, zugeschweisst wird. Die Kapsel und ihr Inhalt wird nun heissisostatisch warmverdichtet, dabei entsteht ein absolut kompakter und porenfreier Stahlblock, der weiter verschmiedet und gewalzt werden kann. Das Umschmieden und Warmwalzen steigert zusätzlich die Zähigkeit. Die kleinen Karbidkörner und die Legierungselemente sind in der Stahlmatrix gleichmässig verteilt.

PM-Stähle zeichnen sich durch ihre gute Zähigkeit, hohe Verschleissbeständigkeit, problemlose Bearbeitbarkeit und geringen Härteverzug aus.

PM-Stähle werden heute mit guten Erfolgen bei der Kaltarbeit (Stanzwerkzeuge, Feinschneidwerkzeuge, Kaltfliesspresswerkzeuge usw.) und bei der spanabhebenden Bearbeitung (Fräser, Drehlinge usw.) verwendet.

Atome

sind die kleinsten, durch normale chemische Verfahren nicht mehr zerlegbaren Baueinheiten aller Elemente.

Ätzen

a) Behandlung der Metalloberfläche durch chemische Mittel zur Sichtbarmachung des Gefüges.

b) zum Beschriften von Werkstücken.

Es besteht in einer kürzeren oder längeren Einwirkung der Ätzflüssigkeit, welche die einzelnen Gefügebestandteile nach ihrer Natur und Lage verschieden stark angreift oder verfärbt. Für makroskopische Stahluntersuchungen werden meist wässrige Lösungen, für mikroskopische meist alkoholische Lösungen verwendet. Schwefellegierte Stähle sind schlecht ätzbar.

Ätzprobe

Um das Gefüge sichtbar zu machen, schafft man sich durch Schleifen an dem betreffenden Stahlstück eine ebene Fläche, die poliert wird. An dieser Fläche kann man schon ohne weiteres manche Mängel wie Risse, Seigerungen, grobe Schlackeneinschlüsse und dergleichen erkennen. Um das Gefüge aber zu entwickeln, wird der «Schliff» noch geätzt. Das so entstandene Bild wird unter dem Mikroskop studiert und analysiert.

Aufbauschneide

bildet sich gerne an Schneidwerkzeugen bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten. Kleine Spanstücke verschweissen sich mit der Werkzeugspitze, so dass nur kleine oder keine Spanabnahme erfolgen kann. Abhilfe: höhere Schnittgeschwindigkeit und Sorge für richtigen Spanabfluss durch zweckentsprechende Formgebung der Werkzeuge.

Aufhärbarkeit

In einem Werkstoff durch Härten unter optimalen Bedingungen erreichbare höchste Härte.

Aufhärtung

Höchste in einem Werkstück nach dem Härten erreichte Härte. Darunter kann auch unbeabsichtigte Aufhärtung, z.B. nach dem Schweißen oder Brennschneiden verstanden werden.

Aufkohlung

Die Werkstückoberfläche wird mit kohlenstoffabgebenden Mitteln (ca. 0,9%C) → Einsatzmittel durch Halten bei Temperaturen oberhalb der Umwandlungspunkte A_{c1} oder A_{c3} aufgekühlt.

Je nach Art des Aufkohlungsmittels sprechen wir von Gas-, Salzbad-, Pulver- oder Pastenaufkohlung.

Aufkohlungstiefe

Senkrechter Abstand von der Oberfläche bis zu einer die Dicke der mit Kohlenstoff angereicherten Schicht kennzeichnenden Grenze.

Aufsticken → Nitrieren

Auftragschweissung

dient nicht nur zur Erneuerung verschlissener Arbeitsflächen, sondern wird vielfach vorgesehen, um besonders gute Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiss zu schaffen.

Ausgleichsdauer

Zeitspanne vom Erreichen der Solltemperatur an der Oberfläche bis zur Erreichung der Solltemperatur im Kern.

Aushärtung

Härtesteigerung eines Eisenwerkstoffes durch Ausscheidung eines Legierungsbestandteiles in einer übersättigten Lösung.

Aushärten

Wärmebehandlung, bestehend aus Lösungsglühen und Auslagern.

Das Aushärten von martensitisch umwandelnden Stählen (Maraging-Stählen) wird auch als «Martensitaushärten» bezeichnet.

Auslagern

Wärmebehandlung der ein lösungsgeglühtes Werkstück unterworfen wird, um die gewünschten Werte für bestimmte Eigenschaften zu erhalten. Sie besteht aus einem Erwärmen auf vorgeschriebene Temperatur, Halten auf dieser Temperatur und anschliessendem zweckentsprechendem Abkühlen.

Auskohlung → Entkohlung

Austenit

ist die Bezeichnung für die γ -Eisen-Mischkristalle, die bei Kohlenstoffgehalten bis 1,75% C und bei legierten Stählen auch andere Legierungselemente in fester Lösung enthalten können. Bildet sich in allen Stählen bei Temperaturen über A_{c1} , Lösung vollkommen über A_{c3} .

Austenitische Schweißung

bezeichnet das Schweißen eines nicht-austenitischen Stahles oder auch der rostbeständigen ferritischen Stähle mit einem Schweißdraht, der ein austenitisches Gefüge ergibt. Schweisst man z.B. einen ferritischen Stahl mit einer 18/8-Elektrode, erhält man eine weit zähere Schweißverbindung, als wenn Schweißdraht und Grundwerkstoff aus der gleichen Legierung wären.

Dieses Verfahren wird auch mit Vorteil bei der Verbindung von nichtrostendem Stahl mit unlegiertem Stahl verwendet. Auch gelegentliche Schweißungen an martensitischen Stählen führt man zweckmässig mit der austenitischen 18/8-Elektrode durch.

Austenitisieren

Erwärmen und Halten des Härtegutes auf einer Temperatur oberhalb A_{c1} um → Austenit zu bilden.

Austenit-Stabilität

Die austenitischen Stähle sind in ihrer Legierung so abgestimmt, dass nach einer Abschreckbehandlung von der Glühtemperatur (über 1'000°C) reiner Austenit im Gefüge vorliegt → Abschrecken.

Austenitische Stähle

(A_{r1} Punkt unter Raumtemperatur) weisen auch bei Raumtemperatur ein austenitisches Gefüge auf. Sie sind unmagnetisch und nicht härtbar. Bekannt sind die korrosionsfesten Chrom-Nickel und Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle, z.B. unsere Qualitäten 1.4301, 1.4305 und 1.4435.

Autogen Schweißen

→ Gasschweißen

Automatenstähle

sind Stähle, die sich mit hoher Schnittgeschwindigkeit zerspanen lassen. Die gute Bearbeitbarkeit ist durch höhere Schwefel- und Bleigehalte bedingt.

Badnitrieren

→ Nitrieren durch Stickstoffaufnahme in Stickstoff abgebenden Salzbädern unterhalb Ac → Tenifer-Verfahren.

Badpatentieren → Patentieren.

Bainit

Beim Halten in Abschreckbädern von etwa 200–400 °C wandelt sich in verhältnismässig kurzer Zeit ein grosser Teil des Austenits um. So verschwinden bei einer Temperatur von etwa 300 °C in 4 Stunden 60% des Austenits. Es entsteht hierbei nicht Martensit, sondern «Bainit». Diesem Bainit wird grössere Zähigkeit als dem Martensit zugeschrieben, weil er bei höherer Temperatur entsteht, bei der der Stahl noch plastischer ist als bei 200 °C, der Temperatur der Martensitbildung.

Bainitisieren

Wärmebehandlung, bestehend aus Austenitisieren und anschliessendem Abschrecken auf eine Temperatur oberhalb Ms mit hoher Geschwindigkeit, dass die Bildung von Ferrit oder Perlit vermieden wird. Halten auf dieser Temperatur, um den Austenit teilweise oder vollständig in Bainit umzuwandeln.

Bandstahl

wird unterschieden in warmgewalzten oder kaltgewalzten Bandstahl. Er kann in Rollen oder auf Wunsch in gerichteten Streifen geliefert werden.

Warmgewalzter Bandstahl wird in der Regel mit Naturwalzkanten geliefert. Seine Oberfläche ist verzundert.

Kaltgewalzter Bandstahl kann je nach Verwendungszweck in verschiedenen Legierungen, Härtegraden und Kantenausführungen geliefert werden (Naturwalzkanten, beschnittenen, runden, abgeschrägten oder anders bearbeiteten Kanten; gehärtet oder gegläht; blau-, gelb-, grau- oder weisspoliert; verzinkt, verzinkt, verbleit, lackiert usw.).

Baustähle

Sind Konstruktions-, Vergütungs- und Einsatzstähle.

Beizen

Durch das Beizen soll eine auf der Oberfläche des Stahles vom Walzen oder der Wärmebehandlung vorhandene Zunderhaut entfernt werden.

Dieses Verfahren ist für die nichtrostenden und säurebeständigen Stähle besonders wichtig, weil diese Stähle ihre höchste Korrosionsbeständigkeit nur bei metallisch sauberer Oberfläche besitzen.

Beruhigter Stahl

ist ein mit Desoxydationsmitteln (Silizium oder Aluminium) vergossener Stahl. Wegen dieser Zusätze erstarrt er in der Kokille ohne Kochen und Funksprühen. Der Stahl hat über den ganzen Querschnitt eine annähernd gleiche Zusammensetzung, ein regelmässiges Gefüge und weist weniger Seigerungen auf. → Unberuhigter Stahl.

Berührungs-Korrosion → Korrosion

Beryllium / Symbol: Be / Schmelzpunkt: 1'280 °C, DIN-Multiplikator 10
Reines Be ist ein sehr sprödes und auch sehr teures Leichtmetall. Es erhält zunehmende Bedeutung als Legierungsmetall. Senkt die Zähigkeit.

Bessemer- oder Thomas-Stahl

benannt nach den englischen Chemikern Sir Henry Bessemer (1813–1898), der 1855 die Bessemer-Birne erfand, und Sidney Gilchrist Thomas (1850–1885), Erfinder des Thomas-Verfahrens. Die Arbeitsweise ist bei beiden Verfahren die gleiche, der Ablauf des Frischprozesses → Frischen jedoch unterschiedlich. In die 4–8 m hohe Birne aus dickem Eisenblech (auch Konverter genannt) mit einem Fassungsvermögen von 10–80 Tonnen wird in Kippstellung flüssiges Roheisen (→ Hochofen) eingebracht.

Darauffin wird die Birne aufgerichtet und gleichzeitig von unten durch einen düsenförmigen Boden Wind mit einem Druck von 2–3 bar geblasen (Windfri-

schen). Dabei verbrennt der Kohlenstoff mit dem Luftsauerstoff, und das gebildete Kohlenoxyd verlässt mit dem Stickstoff der Luft unter mächtiger Flammen- und Rauchentwicklung den Konverter als Abgas. Die anderen unerwünschten Begleitelemente des Roheisens werden durch den Luftsauerstoff unter starker Wärmeentwicklung oxydiert und bilden eine flüssige Schlacke. Der Frischprozess ist in 15–20 Minuten beendet. Durch Kippen des Converters wird die Schlacke entfernt. Nach Zusetzen von Ferrolegerungen und Desoxydationsmitteln, die überschüssigen Sauerstoff abbinden, wird der Konverterinhalt in eine mit feuerfestem Material ausgekleidete Pfanne gekippt. Durch eine im Boden der Pfanne angeordnete und mit einem Stopfen verschliessbare Öffnung fließt der flüssige Stahl (daher auch Flussstahl genannt) in aus Gusseisen bestehende Kokillen, in denen der Stahl zu Blöcken erstarrt.

Der Unterschied zwischen Bessemer- und Thomas-Verfahren liegt einmal in der Ausmauerung der Birne und zum anderen in der Verwendung von Kalk beim Frischen von Thomas-Roheisen begründet. Die Ausmauerung der Bessemer-Birne besteht aus tonhaltigem Klebsand und die der Thomas-Birne aus Dolomit. Das aus phosphorarmen Erzen erzeugte siliziumreiche Roheisen wird im Bessemer-Konverter, das aus phosphorreichen Erzen erzeugte siliziumarme Roheisen im Thomas-Konverter gefrischt. Phosphor, ein unerwünschtes Begleitelement, kann nur auf einem basischen Futter und unter Anwesenheit einer basischen Schlacke aus dem Roheisen entfernt werden.

Bestellmass

Bei der Zugabe des Bestellmasses zum Fertigmass ist die beim Schmieden und Walzen von Stahl nicht zu vermeidende Randentkohlung angemessen zu berücksichtigen.

Beta-Eisen β

Kubisch-raumzentriert wie Alpha α -Eisen, jedoch nicht magnetisierbar.

Biegefestigkeit → Festigkeit

Blankglühen

Glühverfahren, in einer kontrollierten Atmosphäre (Schutzgas) oder im Vakuum, das keine Oxydschicht auf der Werkstückoberfläche entstehen lässt oder eine vorhandene Oxydschicht beseitigt.

Blaubruch (Blaubruchsprödigkeit)

Zu hoher Stickstoffgehalt im Stahl verringert sein Verformungsvermögen stark. Werden Stähle mit zu hohem Stickstoffgehalt bei Temperaturen zwischen 200–350 °C verformt, besteht die Gefahr des Blaubruchs. Die blaue Anlauffarbe der Bruchfläche ist der Grund für diese Bezeichnung.

Die Blaubruchsprödigkeit kann bei gehärteten Werkzeugstählen im Anlassbereich von 250–375 °C auftreten. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich auf eine besondere Karbidausscheidung zurückzuführen, ausgenommen sind Stähle mit einem höheren Siliziumgehalt.

Bläuen

Blaufärben von Stahl, z.B. Bandstahl durch:

a) Anlassfärben durch reine Erhitzung des Materials

b) Behandlung in einem oxidierenden Mittel, um auf der sauberen Oberfläche eines Werkstückes eine sehr dünne blaue Oxydschicht zu erzeugen.

Bleche

Man unterscheidet:

Grobbleche mit einer Mindestdicke von 4,76 mm, walzroh und mit Schere oder Schneidbrenner auf Mass geschnitten. Mittelbleche mit einer Dicke von 3 mm bis unter 4,76 mm, walzroh und mit Schere oder Schneidbrenner auf Mass geschnitten.

Feinbleche mit einer Dicke unter 3 mm, mit Schere auf Mass geschnitten. Kalt-

oder warmgewalzt, dekapiert (entzundert), geschliffen, poliert, gebürstet, mit einer Plastikschiicht überzogen, verzinkt, verzinkt usw.

Blei / Symbol: Pb / Schmelzpunkt: 327 °C, DIN-Multiplikator 10.

Wird Automatenstählen in Gehalten von 0,2–0,5% zulegiert. Die feine Verteilung von Blei (ist im Stahl unlöslich), führt zur Bildung von kurzen Spänen, was die Bearbeitbarkeit deutlich verbessert. Bleigehalte beeinflussen die mechanischen Eigenschaften der Stähle praktisch nicht.

Bleianlassbad

wird für das Anlassen häufig Salzbädern vorgezogen, weil infolge der besseren Wärmeleitfähigkeit im Bleibad ein schnellerer Wärmeübergang erfolgt als im Salzbad. Anwendungsbereich von 350–900 °C.

Bleibad

(Schmelzpunkt 330 °C, Anwendungsbereich 350–900 °C) Blei- wie auch Salzbäder bieten, infolge ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit, den Vorteil einer verhältnismässig raschen Wärmeübertragung an das Werkstück und lassen auch eine genaue Temperaturmessung zu. Gleichzeitig ist eine hohe Temperaturgleichmässigkeit des Bades zugesichert, weil durch Badströmungen Temperaturunterschiede sofort ausgeglichen werden. Bei Temperaturen über 800 °C oxydieren Bleibäder an der Oberfläche. Blei wird besonders zum Patentieren von Stahldraht benutzt.

Blindhärtungsversuch

Härten nicht aufgekohlter Proben, um die im nicht aufgekohlten Bereich einsetzgehärteter Werkstücke erreichbaren mech. Eigenschaften annähernd zu ermitteln.

Bor / Symbol: B / Schmelzpunkt: 2'030 °C, DIN-Multiplikator 10
Bor spielt im Zusammenhang mit der Ausscheidungshärtung, insbesondere

bei austenitischen Stählen, eine gesteigerte Rolle.

In Baustählen verbessert Bor die Durchhärtung und bewirkt damit z. B. in Einsatzstählen eine Erhöhung der Kernfestigkeit.

Bor setzt die Schweissbarkeit von Stählen herab.

Borieren

Ist ein thermochemisches Diffusionsverfahren. Bei Behandlungstemperaturen im Bereich von 800–1'000 °C wird die Randschicht eines Werkstückes mit Bor angereichert; es bilden sich geschlossene Borschichten. Die hohe Härte, aber auch die besondere Struktur der Schicht bringen einen ausserordentlich guten Verschleisswiderstand.

Brinell (HB)-Prüfung

Eine Hartmetallkugel wird auf die glatte Oberfläche des Prüfstückes eingedrückt.

Der Kugeldurchmesser D und die Prüflast P richten sich nach Art und Härte des Werkstückes. Der entstandene Eindruck der Kugel kann auf der Brinell-Presse auf eine Mattscheibe übertragen werden und auf 1/100 mm genau ausgemessen werden.

Die Härtezahl wird nach der Formel

$$HB = \frac{P}{F}$$

(P = Prüflast, F = Oberfläche des Eindruckes) errechnet.

Normalerweise beträgt der Kugeldurchmesser 5 oder 10 mm. Belastungsdauer je nach Härtebereich zwischen 5 und 20 Sekunden.

Die Brinellprüfung eignet sich speziell für geglühte und vergütete Stähle mit einer Zugfestigkeit von max. ~1'520 N/mm² (450 HB).

Bruchdehnung A

Die Bruchdehnung ist das Mass der bleibenden Verlängerung der gebrochenen Probe.

Vor dem Versuch werden auf dem Probestab zwei Marken angebracht. Der

Abstand dieser Marken ist die Messlänge L_o . Werden nach dem Bruch die beiden Stücke zusammengeführt, ist der Abstand zwischen den beiden Marken auf L_u angewachsen. Die bleibende Verlängerung beträgt somit $L_u - L_o$.

$$\text{Bruchdehnung } A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \cdot 100\%$$

Brucheinschnürung Z

Der gebrochene Probestab zeigt in der Bruchebene einen verengten Querschnitt S_u (mm^2). Bezieht man die Querschnittsverminderung $S_o - S_u$ auf den Ursprungsquerschnitt S_o , dann erhält man die prozentuale

$$\text{Bruchdehnung } Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100\%$$

Brünieren

Metalteile werden auf chem. Wege zum Schutz der Oberfläche mit einer dünnen bräunlichen Oxydschicht überzogen.

BS-Normen englische Standard-Normen

Bürsten

verbessert die Oberfläche fertiger Teile aus nichtrostenden Stählen. Zweckmäßig verwendet man hierfür Bürsten aus Fibre, arbeitet mit Schleifpasten oder Bimsmehl. Durch die Wahl entsprechender Körnung erreicht man feineren oder gröberen Bürstenstrich.

Carbonitrieren

Thermochemische Behandlung in austenitischem Zustand zur Anreicherung der Randschicht mit Kohlenstoff und Stickstoff.

Nach dieser Behandlung erfolgt unmittelbar ein Abschrecken, um eine Härtung zu erzielen.

Centerless-Schleifen → spitzenlos Schleifen

Cer

Symbol: Ce / Schmelzpunkt: 775 °C, DIN-Multiplikator 100.

Cer hat ein silberglänzendes Aussehen und wird bei hochlegierten Stählen zur Verbesserung der Warmverformbarkeit- und bei hitzebeständigen Stählen zur Steigerung der Zunderbeständigkeit zulegiert.

Charpy-Pendelhammer

Der Charpy-Pendelhammer erlaubt auf einfache Art durch Messung der Steighöhe nach dem Schlag die nicht verbrauchte, lebendige Kraft zu errechnen. → Kerbschlagarbeit.

Chemische Analyse

ist die chemische Zerlegung eines Stoffes (einer chemischen Verbindung, eines mechanischen Gemenges) unter Feststellung und mengenmässiger Bestimmung seiner Einzelbestandteile → Analyse.

Chemische Elemente

sind nach der heutigen Auffassung einfache, mit gewöhnlichen chemischen Hilfsmitteln nicht weiter zerlegbare chemische Grundstoffe.

Chemische Synthese

ist der direkte Aufbau einer chemischen Verbindung aus den chemischen Elementen oder aus anderen chemischen Verbindungen.

Chemische Verbindungen

sind einheitliche Stoffe, die aus zwei oder mehreren Elementen aufgebaut

sind. Die chemische Verbindung hat vollkommen andere spezifische Eigenschaften als die Ausgangselemente und kann auf chemischem Wege wieder zerlegt werden.

Chrom / Symbol: Cr / Schmelzpunkt: 1'890 °C, DIN-Multiplikator 4

Chrom erhöht die Festigkeit und setzt die Dehnung nur sehr wenig herab, verbessert die Warmfestigkeit und Zunderbeständigkeit sehr. Bei höheren Cr-Gehalten werden die Stähle rostbeständig und verschleissfest. Die Schweißbarkeit nimmt bei reinen Chromstählen mit zunehmendem Cr-Gehalt ab. Chrom ist ein starker Karbidbildner. Die Zugfestigkeit des Stahles steigt um 80–100 N/mm² je % Cr; die Streckgrenze wird ebenfalls erhöht, jedoch nicht in gleichem Masse, die Kerbschlagzähigkeit wird verringert. Chrom macht Stahl oel- bzw. lufthärtbar.

Ck = nach DIN Kennzeichen für unlegierten Edelstahl (C = Kohlenstoff, k = kleiner Phosphor- und Schwefelgehalt)

CSN – Tschechische Normen

Curie-Punkt 768 °C

Unter dieser Temperatur ist das Alpha-Eisen (α) ferromagnetisch, also stark magnetisierbar, darüber paramagnetisch, d.h. es wird technisch als unmagnetisierbar oder antimagnetisch angesehen. Der Verlust des Ferromagnetismus beim Curie-Punkt erfolgt nicht plötzlich, sondern allmählich, weshalb man auch vom Curie-Gebiet spricht.

Dampfhaut

bildet sich beim Beginn der Abschreckung in reinem Wasser, um das zu härtende Werkstück. Dadurch liegen die Abkühlungsgeschwindigkeiten in diesem Bereich niedriger («Leidenfrost-Phänomen»). Durch Bewegung des Werkstückes in der Kühlflüssigkeit wird die Dampfhaut leicht zerstört, so dass dadurch eine erhebliche Steigerung der Abkühlungsgeschwindigkeit erzielt wird. Unebenheiten an der Werkstück-Oberfläche bedingen ein stärkeres und ungleichmässiges Haften der Dampfhaut, so dass dadurch ungleichmässige Härtung verursacht werden kann. Bei Wassertemperaturen von über 60 °C ist die Dampfhaut sehr stabil und kann auch durch heftige Bewegungen nicht zerstört werden. Die Abkühlungsgeschwindigkeit kann durch Zusatz von 9% Kochsalz erhöht werden → Abschreckmittel.

Dauerbeanspruchung

Als Dauerbeanspruchung bezeichnet man eine Beanspruchung, die sich wiederholt zwischen einer Oberspannung und einer Unterspannung verändert. Die grösste derartige Beanspruchung, die ein Werkstoff eben noch dauernd erträgt, ohne zu Bruch zu gehen, heisst → Dauerstandfestigkeit.

Dauerbruch (Ermüdungsbruch)

ist in der Regel daran zu erkennen, dass er, von einem oder einzelnen Punkten ausgehend, allmählich bogenförmig mit glattem oder muschelförmigem Bruchaussehen fortschreitet, bis der Querschnitt so weit geschwächt ist, dass der Restquerschnitt plötzlich mit oder ohne stärkere Verformung bricht. Dauerbrüche werden verursacht durch:

- allgemein oder örtlich zu hohe Beanspruchung des Werkstoffes
- ungeeignete Formgebung des Werkstückes (scharfe Querschnittübergänge, scharfe Kanten usw.)

c) schlechte Oberflächenbearbeitung (Schleif- und Drehriefen, mechanische Verletzungen, Stempelanschläge).

Dauerstandfestigkeit

Ist die höchste Spannung, bei der auch nach «unendlich» langer Versuchszeit kein Bruch eintritt.

Dehnung (ϵ)

Verhältnis der durch Einwirkung einer Kraft hervorgerufenen Längenänderung ΔL eines stabförmigen Körpers zur ursprünglichen Messlänge L_0 .

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dekapieren

ist eine intensive chemische Oberflächenbehandlung zwecks Entzunderung, z. B. von Tiefziehblechen usw. → Beizen.

Delta-Eisen (δ -Eisen)

Bei der Erwärmung des reinen Eisens verwandelt sich bei 1'392 °C das kubisch-flächenzentrierte γ -Eisen in das kubisch-raumzentrierte δ -Eisen. Die Gitterkonstante, die beim α -Eisen 2,90 Å beträgt, hat sich durch Wärmeausdehnung auf 2,93 Å erweitert.

Desoxydation

Bindung von gelöstem Sauerstoff in der Schmelze bei der Stahlerzeugung. Flüssiger Stahl enthält nach dem Frischen einen gewissen Anteil Sauerstoff. Solche Stähle erstarren unruhig. Um diesen Überschuss abzuführen, setzt man der Schmelze bestimmte Stoffe mit Verbindungsneigung zu Sauerstoff zu.

Dichte

ist im allgemeinen jene Verhältniszahl, welche angibt, wievielfach grösser das Gewicht eines Körpers ist als das Gewicht eines gleich grossen, anderen Körpers. Die Dichte von festen und flüssigen Stoffen wird auf Wasser von 4 °C = 1 bezogen. Da das spezifische Gewicht von Wasser = 1 g/cm³, (kg/dm³) ist, sind die Zahlen für das spezifische Gewicht und die Dichte gleich gross.

DIN

DIN bedeutet *Deutsche Industrie-Norm* (Bezeichnung der Normenblätter des deutschen Normenausschusses).

Diffusionsglühen

Glühen bei sehr hoher Temperatur oberhalb A_{c3} mit langzeitigem Halten auf dieser Temperatur, um örtliche Unterschiede der chemischen Zusammensetzung, infolge Seigerungen, durch Diffusion zu verringern.

Diffusionsschicht

Ist die bei einer thermochemischen Behandlung gebildete Randschicht, in der das oder die eindiffundierte(n) Elemente in fester Lösung, oder teilweise als Ausscheidungen, enthalten sind.

Die Ausscheidungen in der Diffusionsschicht können Nitride, Carbide usw. sein.

DIN-Kurznamen sind auf der Grundlage der chemischen Zusammensetzung gebildet.

Bei den *unlegierten Stählen* beginnen diese Kurznamen im allgemeinen mit C, dem chemischen Symbol für Kohlenstoff, dem in der Regel arabische Zahlen entsprechend dem mittleren Kohlenstoffgehalt in Hundertstel Gewichtsprozent folgen: z. B. C 15.

Bei den *legierten Stählen* kennzeichnet man durch die erste Zahl den mittleren Kohlenstoffgehalt – wieder in Hundertstel Gewichtsprozent – wobei, da Missdeutungen unmöglich sind, auf das Vorsetzen des Buchstabens C verzichtet wird. Dann folgt eine Kennzeichnung der wesentlichen Legierungselemente durch die chemischen Symbole, und zwar in der Reihenfolge ihrer mittleren Legierungsgehalte, die, um genügende Unterscheidung zu erzielen, bei den niedrig legierten Stählen multipliziert werden mit

4 bei Chrom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Silizium (Si), und Wolfram (W).

10 bei Aluminium (Al), Beryllium (Be), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Niob

(Nb), Blei (Pb), Tantal (Ta), Titan (Ti), Vanadium (V) und Zirkon (Zr).
100 bei Phosphor (P), Schwefel (S), Stickstoff (N) und Zerkon (Ce).

z. B. $25\text{ CrMo } 4 = \text{C } 0,25, \text{Cr } 1\% + \text{Mo}$
Bei Gehalten von mehr als 5% an einem Legierungselement wird auf die Multiplikation verzichtet, worauf aber – um eindeutig zu bleiben – durch Vorsetzen eines X vor die Zahl, für den hundertfachen Kohlenstoffgehalt aufmerksam gemacht werden muss.

z. B. $X 2\text{ CrNi } 18 9 = \text{C } 0,02, \text{Cr } 18, \text{Ni } 9\%$
Die *Schnellarbeitsstähle* werden, um trotz ihrer verwickelten Zusammensetzung zu verhältnismässig kurzen Namen zu kommen, durch S mit Zahlen für die Gehalte (immer in der Reihenfolge) an Wolfram, Molybdän, Vanadin und Kobalt gekennzeichnet.

z. B. $S 6-5-2-5 = \text{W } 6, \text{Cr } 5, \text{V } 2, \text{Co } 5\%$

Direktabschrecken

Abschrecken unmittelbar im Anschluss an eine thermochemische Behandlung.

Direkthärten

Diese Behandlung wird nach einem Aufkohlen auf die für das Härten massgebende Temperatur gesenkt, gehalten und anschliessend abgeschreckt. Härten eines aufgekohlten Werkstückes mit Direktabschrecken.

Doppelhärten

Zweimaliges Härten des aufgekohlten Werkstückes, wobei die erste Härtung von der Härtetemperatur des Kernwerkstoffes, die zweite von der Härtetemperatur der Einsatzschicht vorgenommen wird.

Doppelkarbide

In Schnellstählen und Warmarbeitsstählen findet man neben Wolframkarbiden und Molybdänkarbiden auch Wolfram-Eisen-Karbide und Molybdän-Eisen-Karbide, sog. Doppelkarbide.

Doppelungen

entstehen durch Auswalzen von Einschlüssen, Lunkern oder Gasblasen.

Drähte

Man unterscheidet:

- a) Walzdraht, warmgewalzt und in warmem Zustand zu Ringen aufgewickelt, Oberfläche schwarz und verzundert.
- b) Kaltgezogener Draht wird aus Walzdraht hergestellt. Die Oberfläche kann blank, verkupfert, verzinkt, verzinkt usw. sein.
- c) Wärmebehandelter Draht (Klaviersaitenstahldraht) wird auch aus Walzdraht gezogen und anschliessend patentiert, d. h. aus einer Temperatur von ca. 850 °C im Bleibad von 400–450 °C mit mittlerer Geschwindigkeit abgekühlt. Der Werkstoff erhält durch diesen Prozess und das nachfolgende Ziehen hohe Festigkeit, ohne jedoch glashart zu werden. Die aus patentiertgezogenen Drähten hergestellten Federn werden nicht gehärtet, sondern nötigenfalls nur gebläut, d. h. einer Wärmebehandlung ähnlich der des Anlassens unterworfen. Diese Wärmebehandlung ist jedoch nicht in allen Fällen erforderlich.

Klaviersaitenstahldraht wird auch in gerade gerichteten Stäbchen geliefert.

Druck/Schutzgas Elektro-Schlacken-Umschmelzen / DESU-Verfahren

Im Gegensatz zum ESU-Verfahren → Elektro-Schlacke-Umschmelzen / ESU-Verfahren, wo die Schmelze der Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt ist, findet der DESU-Prozess unter Druck und Schutzgas statt.

Dadurch wird der oxidische Reinheitsgrad erhöht, was die Korrosionsbeständigkeit, Polierbarkeit und Erodierbarkeit verbessert.

Druckfestigkeit

die im Körper inwohnende Kraft, welche dem Zerdrücken widersteht → Festigkeit.

Duktiler Stahl

gut dehn- und verformbarer Stahl.
Duktile Stähle = elastische Stähle

Durchhärtung, Durch-Vergütung

d. h. volle Härtung durch Martensitbildung bis in den Kern des Härtegutes, ist bei unlegierten Stählen nur bei hohem Kohlenstoffgehalt und kleinen Abmessungen möglich. Durch Legierungszusätze, die die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit herabsetzen, kann die Einhärtungstiefe erhöht und eine Durchhärtung auch bei grossen Abmessungen und weniger schroffer Abkühlung, z. B. in Öl oder an Luft, erreicht werden.

Durchwärmdauer

Zeitspanne vom Beginn der Erwärmung an der Oberfläche des Werkstückes bis zur Erreichung von Temperaturgleichheit über den ganzen Querschnitt.

Edelstähle

werden meistens in Lichtbogen-Elektroöfen hergestellt. Dadurch erhalten sie eine weitgehende Freiheit von nichtmetallischen oder oxydischen Einschlüssen und einen geringen Schwefel- und Phosphorgehalt.

Edelstähle sind Stahlsorten, die im Allgemeinen für eine Wärmebehandlung bestimmt sind.

Einhärtbarkeit

In einem Werkstoff durch → Härten unter optimalen Bedingungen erreichbare grösste → Eindhärtungstiefe.

Die Eindhärtbarkeit wird entscheidend durch Legierungselemente, weniger stark durch den Kohlenstoff beeinflusst.

Eindhärtung

Härtung im Hinblick auf den von ihr erfassten Querschnittsbereich eines Werkstückes in Abhängigkeit vom Randabstand.

Ein Mass für die Eindhärtung ist die → Eindhärtungstiefe.

Eindhärtungstiefe

Senkrechter Abstand von der Oberfläche eines einsatzgehärteten Werkstückes bis zu dem Punkt, an dem die Härte einem zweckentsprechend festgelegten Grenzwert entspricht.

Einsatzhärten

Aufkohlen oder Carbonitrieren mit jeweils darauffolgender, zur Härtung führender Wärmebehandlung.

Das Einsatzhärten gehört zu den thermochemischen Randschichthärteverfahren. Beim Aufkohlen und Carbonitrieren wird die Randzone bei hohen Temperaturen mit Kohlenstoff, respektive mit Kohlenstoff und Stickstoff, angereichert (0,2–2 mm). Beim nachfolgenden Härten wird in dieser Randzone eine hohe Härte mit verbessertem Verschleisswiderstand erreicht. In Abhängigkeit des Werkstoffes und der Werkstückdimension wird die Kernhärte erhöht. Die Dauerfestigkeit des Werkstückes wird verbessert.

Einsatzmittel

Wir unterscheiden zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Einsatzmitteln.

Einsatzstähle

Für Bauteile, deren Oberfläche sehr hart und verschleissfest und deren Kern zäh und schlagunempfindlich sein sollen, werden einsatzgehärtete Stähle (Einsatzstähle) verwendet. Das Einsatzhärten verbessert die Verschleisseigenschaften bedeutend und verlängert die Lebensdauer der Bauteile bei Wechsel- oder Schwellbeanspruchungen wesentlich. Da die Dauerfestigkeit von der Art und Höhe der Eigenspannungen in der aufgekohlten Randschicht stark beeinflusst wird, sind die konstruktive Ausbildung sowie die richtige Wahl der Werkstoffe, der Wärmebehandlung und der Verarbeitungsverfahren besonders wichtig. Für kleine, einfache oder wenig beanspruchte Bauteile genügen im allgemeinen unlegierte oder niedriglegierte Stähle. Für grosse oder komplizierte Werkstücke, für hohe Kernfestigkeits- und Zähigkeitswerte, für ungleichmässig oder schlagartig beanspruchte Teile ist die Verwendung hochwertiger, legierter Einsatzstähle erforderlich.

Die hohe Beanspruchbarkeit der nickellegierten Einsatzstähle ergibt sich aus der günstigen Wirkung von Nickelzusätzen auf mehrere für Einsatzstähle wichtige Eigenschaften.

Zusätze von Chrom und Molybdän erhöhen die Härtebarkeit und Kernfestigkeit beachtlich, während die gute Zähigkeit der Nickelstähle im Wesentlichen erhalten bleibt. Nickel-Chrom- und in steigendem Masse Nickel-Chrom-Molybdän-Einsatzstähle haben deshalb in der Schweiz eine grosse technische Bedeutung erlangt. So wird z. B. der Stahl Werkstoff Nr. 1.5752 (15NiCr13), der sich sehr gut bewährt hat, weiterhin für höchstbeanspruchte Teile verwendet.

Einschlüsse

sind vielfach im Stahl in grösseren oder kleineren Mengen vorhanden. Wenn

sie nicht allzu grob und zahlreich sind, beeinflussen sie weder die statischen noch die weit wichtigeren dynamischen Eigenschaften des Stahles. Einschlüsse können durch den ESR/ESU → Prozess eliminiert werden → Electro Slag Refining ESR.

Einvergütung

Eingedrungene Vergütung in den Querschnitt eines Werkstückes, gekennzeichnet durch den Verlauf der Festigkeitseigenschaften in Abhängigkeit vom Abstand vom Rand (nach dem Vergüten).

Eisen chem. Elemente (Fe), spezifisches Gewicht etwa 7,875 g/cm³ Schmelzpunkt: 1'530 °C.

Reines Eisen interessiert nur den Chemiker und den Wissenschaftler. Seine Festigkeit von etwa 30 kp/mm² ist für hochbeanspruchte Maschinenteile zu gering. Ausserdem kann es in gebräuchlichen Stahlschmelzöfen nicht hergestellt werden.

Handelsübliche technische Eisen und Stahl sind keine reinen chemischen Elemente. Es sind Legierungen, welche neben dem Eisen noch andere Stoffe, z. B. Kohlenstoff C, Mangan Mn, Silizium Si, Phosphor und Schwefel P + S enthalten. Die Zulegierung von Kohlenstoff (wie auch von Mangan und Silizium) erfolgt absichtlich, um seine Eigenschaften zu verändern, besonders um seine Härte und Festigkeit zu steigern. Entscheidend für die gewünschten Eigenschaften ist die Menge des Kohlenstoffgehaltes. Er entscheidet, ob der Stahl schmiedbar, härter, leicht schmelzbar oder spröde ist.

Je nach Menge des vorhandenen Kohlenstoffes kann man unterscheiden:

1. Roh- oder Gusseisen mit über 2 bis 7,5% C.

Es ist spröde, lässt sich nicht schmieden, walzen und hämmern, ist aber zufolge seines niedrigen Schmelzpunktes und seiner Dünflüssigkeit leicht vergiessbar.

Roheisengewinnung → Hochofen

2. Schmiedbares Eisen, wird heute Stahl genannt, hat weniger als 1,7% C. Es kann durch schmieden, walzen, pressen in jede beliebige Form gebracht werden.

Eisenerze

Abgesehen von den geringen Mengen Meteoreisen, das aus dem Weltraum auf die Erde stürzte, bietet die Natur das Eisen nicht in reiner Form dar, sondern nur in Gestalt verwickelter chemischer Verbindungen mit groben Verunreinigungen, den Erzen. Es handelt sich hauptsächlich um chemische Verbindungen des Eisens mit dem Sauerstoff, wie Magneteisenstein (60 bis 70% Fe), Roteisen (40–60% Fe) und Brauneisenstein (ca. 30% Fe). Spateisenstein (ca. 30–40% Fe) ist eine Verbindung des Eisens mit der Kohlensäure. Aus diesen Erzen mit wechselnden Gehalten an Gangart (Kalk-Kieselsäure, Tonerde und Magnesia) wird das Eisen im Hochofen reduziert und in Form von Roheisen den Stahlwerken zugeführt. → Hochofen.

Eisenkarbid → Zementit

Eisen-Kohlenstoff-Schaubild

Eine ausführliche Abhandlung über den Aufbau des Eisen-Kohlenstoff-Schaubildes befindet sich in unserer Broschüre «Stahl elementar gesehen».

Elastizitätsgrenze

wird entsprechend den Normen als die Spannung bestimmt, bis zu der nur sehr kleine bleibende Verformungen gemessen werden; diese dürfen je nach Vereinbarung 0,003–0,01% betragen und müssen zur Kennzeichnung der Grenze angegeben werden (0,003 bis 0,01).

Elektro-Schlacke-Umschmelzen / ESU-Verfahren

Das Elektro-Schlacke-Umschmelzen ist ein Umschmelzverfahren, das in den englischsprachigen Ländern auch ESR-Verfahren (Electro slag refining) genannt

wird. Die «Elektrode», ein gegossener oder geschmiedeter Block (Barren), wird in einer wassergekühlten Kokille durch eine hochoverhitzte flüssige Schlacke umgeschmolzen. Die Elektrode und die Grundplatte der Kokille sind mit einem Transformator verbunden. Der durch die Elektrode fließende Wechselstrom wird durch den Widerstand der Schlacke in Joule'sche Wärme umgewandelt, die die notwendige Wärme für das Abschmelzen liefert. Von der Elektrode, die in die Schlacke eintaucht, fallen Tröpfchen geschmolzenen Metalls durch das Schlackenbad und sammeln sich im «Metall-Teich». Die wassergekühlte Kokille führt die Wärme ab und bewirkt eine fast vertikale Erstarrung der Schmelze. Die Geschwindigkeit der Erstarrung der Schmelze hängt vom Mass des Abschmelzens der Elektrode ab. Um dieses zu beeinflussen, stehen verschiedene technische Möglichkeiten zur Verfügung.

Die Schlackeneinschlüsse der Elektrode werden vom Schlackenbad aufgenommen, ein Vorgang, der durch den engen Kontakt zwischen Schlacke und Metalltropfen gefördert wird. Damit erreicht man eine weitgehende Entschlackung des Stahles. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens besteht in der vertikalen Erstarrung des Blockes. Der Hauptvorteil des ESU-Prozesses im Vergleich zu «Vacuum-arc-refining» (VAR) besteht in der Möglichkeit, den Erstarrungsvorgang in weitem Masse zu kontrollieren bzw. zu lenken. Eine seigerungsfreie Struktur des Knüppels kann somit tatsächlich erreicht werden. Der Erstarrungsvorgang kann beeinflusst werden durch die Zusammensetzung sowie durch die Tiefe des Schlackenbades, durch die zugeführte Energie, die Spannung und durch die Kühlkapazität.

Die Umschmelzung beim ESU-Prozess findet in „offen“ statt (Zugang von Sauerstoff). Zur Erhöhung des oxidischen Reinheitsgrades der Stähle, kommt heute vermehrt der DESU-Prozess (Druck/Schutzgas Elektro-Schlacke-Umschmelzen) zum Einsatz. → Druck/Schutzgas

Elektro-Schlacke-Umschmelzen / DE-SU-Verfahren

Wirkung und Eigenschaften:

1. *Schlackeneinschlüsse:* Eine vollständige Elimination der Makro-Einschlüsse und eine starke Verminderung der Mikro-Einschlüsse kann erreicht werden. Die Vorteile eines ausserordentlich reinen Stahles sind augenfällig: Erhöhte Lebensdauer der Werkzeuge, erhöhter Widerstand gegen Ermüdungsbrüche, erhöhte Querkähigkeit und hervorragende Polierfähigkeit. Eine Reduktion der Sauerstoff-Einschlüsse soll den Widerstand von Warmarbeitswerkzeugen gegen Wärmerisse erhöhen.

2. *Struktur:* Die Verbesserung der Struktur ist hauptsächlich der absoluten Freiheit von Makro-Seigerungen zu verdanken. Für Stähle, die besonders empfindlich für Seigerungen sind wie Schnellstähle und hochlegierte Kaltarbeitsstähle bedeutet dies verbesserte Leistung, bessere Härte und grössere Massbeständigkeit. Auch die Verbesserung punkto Mikro-Seigerungen ist wichtig. Dies gibt die Möglichkeit, für eine vorgeschriebene Struktur und Karbidverteilung den Gussblock zu vergrössern oder aber bei gleicher Grösse des Gussblockes eine bessere Karbidverteilung und ein feineres Korn zu erhalten.

Zusammenfassung:

ESU-Material führt in Bezug auf Struktur und Schlacken-Einschlüsse speziell bei grossen Querschnitten zu besseren Ergebnissen. Bessere Knüppel-Oberflächen und bessere Warmbearbeitbarkeit werden erreicht.

ELC

Mit diesen Buchstaben werden in Amerika besonders niedrig gekohlte rostbeständige Chrom-Nickel-Stähle bezeichnet. Sie bedeuten «Extra Low Carbon».

Elektrische Lichtbogenschweissungen (Elektroschweissung)

Beim Schweissen mit dem elektrischen Lichtbogen wird die hohe Tempera-

tur des elektrischen Lichtbogens zum Schmelzen der Schweisselektrode ausgenutzt.

Die Schweisselektroden sind mit einer Umhüllungsmasse versehen. Beim Abschmelzen der Elektrode bildet die Masse die sog. Schlacke, welche die Schweissstelle gegen Sauerstoff und Stickstoff schützt.

Elektrolyteisen

technisch reines Eisen, Eisengehalt 99,95–99,98%.

Elektroöfen

→ Stahlerzeugung.

Elektrostahl

wird im Elektroofen bei sehr hohen Temperaturen bis 3'800 °C erschmolzen. Dadurch können die schwer schmelzbaren Metalle Wolfram und Molybdän legiert werden. Elektrosträhle weisen eine besonders gute Reinheit auf.

Früher wurde Stahl für höchste Festigkeitseigenschaften in Tiegeln hergestellt. Das Verfahren war umständlich und erforderte viele Arbeitskräfte.

Um die Jahrhundertwende begann der Elektroofen in den Stahlwerken Fuss zu fassen. Die frühere Ansicht, dass nur in kleinen Öfen Stahl grosser Gleichmässigkeit mit kleinsten Schlackeneinschlüssen erzeugt werden könnte, hat sich nicht bewahrheitet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass auch in grossen Öfen Stahlqualitäten hergestellt werden können, die den höchsten Ansprüchen genügen. Es tritt auch in diesen grossen Ofeneinheiten als Folge der starken Ströme eine lebhaftere Durchmischung des Bades ein und man hat es gelernt, durch richtiges metallurgisches Arbeiten die Bildung unangenehmer Schlackeneinschlüsse zu verhindern.

Besonders wertvoll ist der Elektroofen für die Erzeugung legierter Stähle, weil die Verluste an Legierungsmetallen (Chrom, Vanadium, Wolfram, Molybdän) viel niedriger sind als bei allen andern Öfen. Die metallurgische Überlegenheit des Elek-

troofens ist heute anerkannt. Es treten keine Gase in den Ofen, der Zutritt von Luft-Sauerstoff kann nahezu ganz verhindert werden, so dass keine Oxydation erfolgt. Es tritt im Raffinationsprozess keine Veränderung des Stahles mehr ein und man kann Schädlinge wie: Phosphor, Schwefel und Sauerstoff, mit Sicherheit bis auf Spuren entfernen. Deshalb werden in unserem schwedischen Edeltahlwerk in Hagfors heute hochwertige Kohlenstoffstähle und legierte Stähle ausschliesslich im Elektroofen hergestellt. Beim Elektroverfahren unterscheidet man im Wesentlichen zwei Hauptgruppen:

a) Lichtbogenofen

Der Lichtbogenofen ist ein runder, kippbarer, mit feuerfesten Steinen ausgemauert Herdofen. Die zum Niederschmelzen erforderliche Wärme wird unmittelbar durch den elektrischen Lichtbogen erzeugt. Hierzu werden durch das Ofengewölbe, je nach Stromart, meist 3 Graphit- oder Kohle-Elektroden eingeführt. Der beim Einschalten des Stromes sich bildende Funken springt unmittelbar auch auf den Einsatz über und schmilzt denselben in kürzester Zeit. Der Einsatz bei den Elektroöfen besteht in der Hauptsache aus Schrott sowie gewissen Erz- und Kohlenzusätzen. Sie werden aber auch zur Raffination von flüssig eingesetztem → Bessemer- oder Thomasstahl und → Siemens-Martin-Stahl benutzt.

In einem grossen Lichtbogenofen können über 300 Tonnen Flüssigstahl pro Stunde erschmolzen werden.

b) Induktionsöfen:

Bei den Induktionsöfen sind sowohl Niederfrequenz- als auch Hochfrequenzöfen im Gebrauch. Wie bereits der Name sagt, wird die erforderliche Wärme durch elektrische Induktion erzeugt. Die Induktionsöfen werden in den meisten Fällen zum Umschmelzen hochwertiger Stähle mit sehr niedrigem Kohlenstoffgehalt, wie nichtrostender Chrom-Nickel-Stahl, verwendet.

Entkohlung

Jede Erwärmung des Stahles auf Temperaturen über 700°C, die in einem oxydationsfähigen Gas- oder Salzbad oder in Gasen mit höherem Wasserstoffgehalt ausgeführt wird, kann Oberflächenentkohlung ergeben (Weichhaut).

Entspannen → Spannungsfreiglühen

Entzundern

Mechanisches oder chemisches Entfernen von Glüh-, Schmiede- oder Walz-zunder.

Erichsentiefung

Der Tiefungsversuch nach Erichsen dient zur Beurteilung der Tiefziehfähigkeit von Blechen und Bändern innerhalb der durch die Prüfungsbedingungen gezogenen Grenzen. Beim Versuch wird eine zwischen dem Blechhalter und einer Matrize eingespannte Probe mit einer Kugel oder einem Stempel mit kugelförmigem Kopf in die Matrize so weit eingedrückt, bis ein Einriss sichtbar wird. Die hierbei erzielte Einbeultiefe wird ermittelt. Die an der Probenfläche eintretende Narbigkeit gibt einen Anhalt für die Kornbeschaffenheit des Werkstoffes. Die Ausbildung des Risses gibt unter anderem Hinweise auf die Struktur des Werkstoffes.

Erodieren

Wir unterscheiden:

a) Funkenerosions-Verfahren

Das zu bearbeitende Werkstück wird in einem mit einem Dielektrikum (elektrisch nicht leitende Flüssigkeit) gefüllten Behälter befestigt. Eine Elektrode aus Kupfer oder Graphit (–Pol), deren Form der gewünschten Aussparung (z. B. Bohrung) entspricht, wird gegen das Werkstück (+Pol) geführt. Die Elektrode wird automatisch über dem Werkstück gehalten, ohne es jedoch zu berühren. In den Stromkreis ist ein Kondensator eingeschaltet, durch dessen Entladungen aller kleinste Partikel aus dem Werkstück gerissen werden. Dadurch

entsteht durch das automatische Nachführen der Elektrode, die gewünschte Aussparung oder Bohrung.

b) Drahtschneiden

Dieses Verfahren basiert auf dem Prinzip des Senkerodierens.

Ein durch das Werkstück (+Pol) laufender Draht (–Pol) schneidet sich mit einem kontinuierlichen Vorschub durch das Werkstück.

Dieses Verfahren kommt heute immer mehr zur Anwendung, da mit den CNC-gesteuerten Maschinen die kompliziertesten Konturen ohne Elektroden geschnitten werden können.

Bei beiden Verfahren muss der Stahl nach der Bearbeitung angelassen/entspannt werden.

ESU → Elektro-Schlacken-Umschmelzung

Eutektikum

ist ein aus einer Schmelze entstandenes, kristallines Gemenge mindestens zweier Stoffe, das ohne Änderung seiner Zusammensetzung bei einer niedrigsten einheitlichen Temperatur schmilzt bzw. erstarrt.

Eutektoïd

ist ein aus fester Lösung abgeschiedenes Eutektikum, das sich bei einer niedrigsten, einheitlichen Temperatur ausscheidet oder löst.

Faser

Die Faser äussert sich dadurch, dass der Stahl in der Richtung der Warmverformung zeilenartige Ungleichmässigkeiten zeigt, die zur Folge haben, dass der Stahl in der Querrichtung weniger zäh ist als in der Längsrichtung. Der Faserrichtung sollte deshalb beim Bau von Werkzeugen oder Maschinenteilen immer grosse Beachtung geschenkt werden. Mit dem 3D-Schmieden (Dreidimensional) kann die Faserrichtung weitgehend zerstört werden.

Faserrichtung → Faser

Federstahl

Dieser Stahl ist besonders schwingungsfest. Federstähle sind Si- und Mn-legiert. Höher beanspruchte Federstähle werden zusätzlich mit geringen Mengen Cr, Ni, Mo und V legiert. Federstähle werden vergütet bzw. gehärtet.

Feinbleche

Alle glatten Bleche unter 3 mm Stärke.

Feinglühen → Normalglühen

Feinguss

Im Feingussverfahren presst man die gewünschten Teile zunächst als Hartwachs- bzw. Kunststoffmodelle. Mehrere Modelle umgibt man dann mit einer Keramik- oder Sandform. Das Wachs oder der Kunststoff werden durch Erwärmen ausgeschmolzen, resp. vergast. In die so entstandenen Hohlräume der Form giesst man nun flüssigen Stahl. Dieses Verfahren erlaubt den Abguss komplizierter Teile mit engen Toleranzen und sauberer Oberfläche.

Ferrit = weiches Gefüge

ist die metallographische Bezeichnung für reines α -Eisen.

Bildet sich frei nur in Stählen mit weniger als 0,9% C, nach langsamem Abkühlen. Ist magnetisch, weich und dehnbar.

Ferritanteil

Im Gefüge der austenitischen Chrom-Nickel- und Chrom-Nickel-Molybdän-

Stähle ist zuweilen ein gewisser Ferritanteil feststellbar. Er ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung, von der Wärmebehandlung und ganz speziell von einer etwaigen Kaltverformung. Die teilweise Umwandlung des Austenits in Ferrit, bzw. in Martensit lässt sich durch eine auftretende Magnetisierbarkeit nachweisen. Bei den molybdänhaltigen Stählen ist häufig mit einer leichten Magnetisierbarkeit zu rechnen, ohne dass dadurch die Festigkeitseigenschaften oder die Korrosionsbeständigkeit ungünstig beeinflusst sind. Werden die Stähle nach der Kaltverformung geglüht und abgeschreckt, so wandelt sich das Gefüge wieder restlos in Austenit um und die Magnetisierbarkeit verschwindet.

Ferritische Stähle

sind Stähle, die vom Erstarren bis auf Raumtemperatur das ferritische Gefüge aufweisen, also z. B. rostbeständige Chromstähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt. Ferritische Stähle sind nicht härtbar.

Festigkeit

Widerstand, den feste Körper der Trennung ihrer Teile durch äussere Kräfte entgegenzusetzen.

Will man die Festigkeit in Zahlen und vergleichbar angeben, so muss man sie unter bestimmten, ganz einfachen Verhältnissen messen: durch Belastung eines Stabes bis zum Bruch. Je nach der Richtung der angreifenden Kraft zur Stabachse unterscheidet man: Zug- oder Zerreissfestigkeit, Druckfestigkeit, Biegefestigkeit usw. Fällt die Kraft P in die Stabachse und ist sie vom Stab weggerichtet, so beansprucht sie den Stab auf Zerreissen und der Widerstand des Stabes ist die Zug- oder Zerreissfestigkeit, oder kurz auch wohl einfach Festigkeit des Werkstoffes.

→ Bruchdehnung und → Brucheinschnürung sind neben Festigkeit und → Streckgrenze die wichtigsten Grössen zum Beurteilen der Festigkeitseigenschaften eines Konstruktionsstahles.

Feuerverzinken

Bei diesem Verfahren werden die Metallteile in das flüssige Zinkbad getaucht. Feuerverzinkte Teile sind beständig gegen → Korrosion.

Fliessgrenze → Streckgrenze

Fliesspressen

ist ein wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen, tiefen Hohlkörpern. Damit lassen sich vor allem Tuben, Dosen usw. und ähnliche Gegenstände aus Aluminium-, Zinn-, Zink- und Bleilegierungen herstellen. Das Prinzip des Verfahrens und die Werkzeuge sind sehr einfach. In eine Matrize mit runder Aussparung wird der Ausgangswerkstoff (Platine) gelegt. Der Durchmesser der Aussparung ergibt den Aussendurchmesser des Hohlkörpers. Nun drückt der Stempel schlagartig mit hohem Druck auf den Werkstoff, der entlang des Stempels hochfließt. Der Durchmesser des Stempels ergibt den Innendurchmesser des Hohlkörpers. Es lassen sich Wanddicken von unter 0,1 mm bis 1,5 mm pressen und dabei Höhen bis zu 250 mm in einem Arbeitsgang erreichen.

Fliessspan → Spanbildung

Flammhärten

Härten der Oberfläche nach örtlichem Erhitzen der Randschicht mit Gasbrennern oder sonstiger Flamme auf Härte-temperatur, wobei die Kerneigenschaften unverändert bleiben.

Flats

Als Flats bezeichnet man vorbereitete Stahlplatten (gefräst oder geschliffen). Die Platten weisen auf das Nennmass meistens eine Plustoleranz auf, um nach einer evtl. Wärmebehandlung auf O-Mass bearbeiten zu können. Flats werden hauptsächlich im Werkzeug- und Formenbau verwendet.

Fluxen

→ Magnetische Prüfverfahren.

Formänderung → Massänderung
→ Verzug

Formgebungsfehler

wie schroffe Übergänge, zu starke Querschnittverminderungen, ungünstiger Faserverlauf, tiefe Drehriefen, Kerben usw. können schon bei der Härtung und Vergütung oder auch erst später im Gebrauch zu Ausbrüchen und schliesslich zum Bruch führen.

Fremdrost

Mitunter wird an fertigen Teilen aus korrosionsfesten Stählen, wenn sie einige Zeit feuchter Luft ausgesetzt waren, eine örtlich begrenzte Rostbildung festgestellt. Es handelt sich dabei um Fremdrost, der auf Eisenablagerungen zurückzuführen ist. Wenn Scheren, Richt- oder Biegemaschinen, Abkantpressen auch zum Bearbeiten von Eisenblechen verwendet werden, wird es nie zu vermeiden sein, dass kleine Eisenrückstände, die an der Maschine anhaften, in das korrosionsfeste Material eingepresst werden. Roststellen können auch auf nicht genügend gesäuberte Schweissnähte bzw. Zunderstellen oder Eisenablagerungen von Spülwasserrückständen zurückzuführen sein. Weitere Ursachen für die Ablagerungen von Eisenteilchen können Spannvorrichtungen von Blechen, Lagerung auf Eisenträgern sein. Auch beim Schleifen ist darauf zu achten, dass Scheiben und Bänder vorher nicht für die Bearbeitung von Eisenteilen verwendet worden sind. Fremdrost kann auch von Rohrleitungen eingeschleppt werden.

Fretting Corrosion

Reibkorrosion ist eine Art Schwingungsverschleiss an Kontaktflächen oder Passungen. Sie spielt insbesondere im Bereich von elektrischen Steckkontakten eine Rolle, wenn die elektrischen Spannungen und Ströme an den Kontakten gering sind.

Frimmeln, oder Friemeln, Reelen, Rollen

Mechanisches Verfahren zum Richten und Runden von Wellen, wobei die zu bearbeitenden Stücke zwischen im gleichen Sinne umlaufenden schrägstehenden Walzen durchgelassen werden.

Frischen

bezweckt die Verwandlung von Roheisen in Stahl, wobei durch Oxydation die unerwünschten Eisenbegleiter entfernt werden, sei es, dass sie als Abgas (Kohlenoxyd, Kohlensäure und Stickstoff) den Ofen verlassen oder in die sich bildende Schlacke wandern.

Je nach Verfahren unterscheidet man das Windfrischen in der Thomas- oder Bessemerbirne und das Herdfrischen im Siemens-Martin- oder Elektroofen, LD-Ofen oder Kaldo-Ofen (Sauerstoff-Frischen).

Funkenerosion → Erodieren

Funkenprobe

Die Funkenprobe ist ein einfaches und schnell durchführbares Verfahren zur angenäherten Bestimmung oder Kontrolle der Zusammensetzung von Stählen durch Beurteilung des Schleif-funkens. Bringt man ein Stahlstück an den Umfang einer sich schnell drehenden trockenen Schleifscheibe, so tritt eine starke örtliche Erhitzung ein, wobei Stahlteilchen unter Feuererscheinungen abgerissen und fortgeschleudert werden. Die Funkenbündel zeigen ein von der Stahlzusammensetzung abhängiges Bild, weil die verschiedenen Elemente meist nacheinander, also an verschiedenen Stellen der Funkenbahn unter verschiedenartigen Erscheinungen hinsichtlich Farbe, Lichtstärke und Form verbrennen. Es ist zweckmässig, stets Normalstähle zur vergleichweisen Prüfung mit heranzuziehen. Funkenbilder sind in unserer Lagerliste zu finden.

Galvanisches Element

besteht z.B. aus einer Cu-Platte, einer Mn-Platte und einer stromleitenden Flüssigkeit (Elektrolyt). Der Strom fließt vom Kupfer (+Pol) zum Mangan (-Pol). Die Minuspol bildende Manganplatte wird zerfressen.

→ Interkristalline Korrosion.

Pluspolmetalle sind z.B.:

- Gold
- Silber
- Kupfer
- Blei
- Zinn
- Nickel
- Kadmium

Minuspolmetalle sind z.B.:

- Eisen
- Chrom
- Zink
- Mangan
- Aluminium
- Magnesium

Gamma-Eisen → Gitter

Kubisch-flächenzentriertes Raumgitter mit einer Gitterkonstanten von 3,64 Å (Angström)

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

Gasaufohlen

Aufkühlen in einem gasförmigen Mittel
→ Einsatzhärten

Gasblasen

Fehler im Stahl. Entstehen einmal dadurch, dass der Stahl während der Erstarrung Gase abgibt, in welchem Falle sie mehr oder weniger durch den ganzen Block verteilt sind: Der Block ist porös. Gasblasen sind aber auch die Folgen unachtsamen Giessens.

Gasnitrieren

→ Nitrieren in Stickstoff abgebenden (z.B. Ammoniakgas) Gasen bei einer Temperatur unterhalb A_{c_1} (ca. 510 bis 520°C).

Gasschweissen (Autogen-Schweissen)
Zwei aneinanderliegende Schweissstel-

len werden mit einer Stichflamme von hoher Temperatur zum Schmelzen gebracht. Die Schweissränder fließen zu einem Stück zusammen.

Die hohen Temperaturen werden mit brennbaren Gasen, meistens Acetylen, Wasserstoff oder Propan erzeugt.

Ist bei der Gasschweissung eine Schweissfuge vorhanden, so ist diese mit einem Zusatzwerkstoff auszufüllen. Hierzu verwendet man Schweissdrähte, welche die gleichen Eigenschaften wie das Schweissgut aufweisen müssen.

Gebrochenes Abschrecken

Abschrecken in einem Mittel, das ein schnelles Abkühlen herbeiführt. Abbrechen des Abkühlvorganges, bevor das Werkstück die Temperatur des Abkühlmittels voll angenommen hat.

Gefüge oder Struktur

ist der kristalline Aufbau eines Stoffes, z. B. von Stahl.

Gestuftes Abschrecken

Abschrecken mit Unterbrechen des Abkühlvorganges durch Halten in einem Mittel von zweckentsprechender Temperatur.

Giessen

Beim Giessen werden flüssige Metalle in eine Form gegossen. Die meisten Metalle und ihre Legierungen lassen sich problemlos giessen. Werkstücke werden dann gegossen, wenn die Herstellung durch andere Verfahren zu teuer ist oder wenn man die besonderen Eigenschaften des Gusses ausnützen will.

Gitter

Beim kubischen Raumgitter liegen die Atome so zueinander, als ob sie in den Eckpunkten von lauter kleinen Würfeln sässen. Diese Würfel, die unmittelbar aneinanderliegend zu denken sind, bilden die Bausteine des Gitters, die Gitterelemente. Die Kantenlänge eines solchen Elementes ist ungemein klein (3 bis 4 Hundertmillionstel mm), so

dass demgegenüber das Raumgitter als praktisch nach allen Seiten unbegrenzt anzusehen ist. Tatsächlich endet es natürlich an den Grenzflächen des → Kristalles. Während in ein und demselben Kristall die Raumgitterelemente überall die gleiche, parallele Lage haben, unterscheiden sich die verschiedenen Kristalle durch die Verschiedenheit der Lage ihrer Raumgitter. Das reine Eisen hat zwei verschiedene Raumgitter, deren beider Grundform jedoch der Würfel ist.

Beim «raumzentrierten» Gitter (α -, β -, δ -Eisen) sitzen ausser in den Ecken des Würfels noch Atome in seinem Schwerpunkt, also in seinem Mittelpunkt; bei den «flächenzentrierten» (γ -Eisen) sitzen noch Atome in der Mitte jeder Würfelfläche. Die Atome der flächenzentrierten Gitter sitzen enger beieinander als die der raumzentrierten. Die durch die verschiedenen Raumgitter bedingten Arten des reinen Eisens haben verschiedene Bezeichnungen: α , β , δ und γ für Eisen mit raumzentriertem Gitter und γ für solches mit flächenzentriertem Gitter. Das Kristallgefüge des α -, β -, und γ -Eisens kann nicht willkürlich hervorgeufen werden; es ist vielmehr je an einen bestimmten Temperaturbereich gebunden; das α -Eisen ist bei der Erhitzung bis 770°C beständig. Bei dieser Temperatur verwandelt es sich in das zwar gleich aufgebaute (raumzentrierte) aber unmagnetische β -Eisen. Dieses wieder ist beständig bis 910°C, wo es in das flächenzentrierte γ -Eisen umkristallisiert (unmagnetisch) wird. Bei 1'400°C wandelt sich das γ -Eisen zum wiederum raumzentrierten δ -Eisen um (wie β -Eisen, unmagnetisch). Bei 1'530°C schmilzt das δ -Eisen.

Beim Erwärmen bzw. beim Abkühlen wandeln sich also bei den entsprechenden, jedoch nicht genau gleichen Temperaturen, den sog. → Haltepunkten, die Kristalle von selbst um, jedoch nicht sprunghaft, sondern allmählich (und ebenso die Eigenschaften).

Glänzen, elektrolytisches...

Schaltet man Metalle in einem geeigneten Elektrolyten und bei bestimmter Stromstärke als Anode, dann findet eine gleichmässige Abtragung der Metalloberfläche unter der Einwirkung des Stromes statt. Bei richtiger Wahl der Arbeitsbedingungen erzielt man auf diese Weise eine hochglänzende Oberfläche. Poren, Kratzer und dergleichen, die beim mechanischen Schleif- und Poliervorgang entfernt werden, lassen sich durch die elektrolytischen Verfahren nicht entfernen; diese Fehlstellen werden genau so wie die daneben liegenden Flächen gegläntzt. Es wäre also nicht richtig, dieses Verfahren als elektrolytisches Polieren zu bezeichnen. Immerhin hat dieses Verfahren den Vorteil, dass alle von der Verarbeitung herrührenden Verunreinigungen wie Fremdeisen, Zunderreste usw., sehr gut aus der Oberfläche des Stahles herausgelöst werden. Ärztliche Instrumente, Einrichtungen für Textilverarbeitung, Haushaltungsgegenstände, werden daher sehr oft elektrolytisch gegläntzt.

Glühdauer (Haltezeit)

Zeitspanne vom Erreichen der Glühtemperatur im Kern des Werkstückes bis zum Beginn der Abkühlung. Die Anwärm- und die Durchwärmdauer sind hierin also nicht begriffen.

Bei Glühtemperaturen unter A_c1 treten auch bei längerer Glühdauer im Stahl keine Schäden auf. Bei höheren Temperaturen wird der Stahl bei langer Glühdauer grobkörnig und kann durch Normalglühen wieder rückgefeint werden.

Glühen

Darunter versteht man im Allgemeinen das Erwärmen von Stahl auf eine bestimmte Temperatur, kürzeres oder längeres Halten auf dieser und anschliessendes langsames oder rasches Abkühlen zur Erzielung bestimmter Eigenschaften.

a) durch Warmverformung (Walzen, Schmieden) bei hohen Temperaturen erhaltenes grobes Gefüge zu verfeinern (Normalglühen) und gleichzeitig die mechanischen Eigenschaften zu verbessern und auszugleichen. Temperaturbereich 810–970 °C.

b) durch spanabhebende Bearbeitung, Schweißen, Walzen usw. erhaltene Spannungen und Änderungen der Festigkeit zu beseitigen (Spannungsarmglühen). Temperaturbereich 500–700 °C.

c) durch Härten oder Kaltverformung nicht mehr zu bearbeitender Stahl, wird für anschließende Bearbeitung weich gemacht (Weichglühen). Temperaturbereich 680–740 °C.

Glühfarben

Beim Glühvorgang verfärbt sich die Oberfläche des Metallteils. Anhand der Farbe des Werkstückes und der entsprechenden Glühfarbe auf der Farbtabelle (eine Glühfarben-Farbtabelle befindet sich in unserer Lagerliste), kann die Glühtemperatur ermittelt werden.

GOST-Normen russische Normenbezeichnung

Granulate sind Einsatz-Härtemittel in körniger Form.

Grauguss

ist ein Eisenwerkstoff mit mehr als 2% C.

Bei langsamer Abkühlung scheidet sich der Kohlenstoff als grobblättriger Graphit aus, der im Bruch eine graue Farbe bildet. Nicht schmiedbar, nicht walzbar.

Grobbleche

alle glatten Stahlbleche von 4,76 mm Stärke und darüber → Feinbleche, Mittelbleche.

Grobkornbildung

kann durch folgende Vorgänge verursacht werden:

a) Überhitzen bei der Warmverarbeitung oder Wärmebehandlung,

b) zu langes Glühen bei hoher Temperatur,

c) Rekristallisieren nach kritischer Verformung bei kritischer Glühtemperatur. Die Gefahr der Grobkornbildung besteht bei Glühtemperaturen von mehr als 150 °C über dem oberen Umwandlungspunkt, sowie zu langem Erwärmen bei höheren Temperaturen; auch zu langsame Abkühlung durch den Umwandlungspunkt führt zu Grobkorn. Bei unlegierten Stählen lässt sich das Grobkorn durch kurzes Glühen über A_{c_3} und rasche Abkühlung beseitigen, bei höherlegierten Stählen meist nur durch Warmverformung.

Grobkornglühen

Glühen bei einer Temperatur meist beträchtlich oberhalb A_{c_3} mit ausreichend langem Halten, um ein grobes Korn zu erhalten, z. B. zur Verbesserung der Zerspanbarkeit.

Haarrisse → Risse

Halbferritische Stähle

Wird im Gegensatz zu den → ferritischen Stählen das Austenitgebiet durch einfache Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes erweitert, bildet sich schon bei relativ niedrigen C-Gehalten ($C = 0,25\%$) bei 14- bis 18%igen Cr-Stählen ein ausgeprägtes γ -Gebiet. Da nun das Härten in der Unterbindung der γ - α -Umwandlung durch schroffe Abkühlung besteht, sind diese Stähle vergütbar.

Halbzeug

(Knüppel) erhält man durch Walzen oder Schmieden von Rohblöcken auf einen Zwischenquerschnitt von meist quadratischer Form mit abgerundeten Kanten; das Halbzeug wird stets einer weiteren Warmformgebung unterworfen und dabei zu Stabstahl ausgeschmiedet oder ausgewalzt oder zu Formstücken verschmiedet. Flaches Halbzeug, welches zu Blechen weiterverarbeitet wird, nennt man Platinen (für Fein- und Mittelbleche) und Brammen (für Grobbleche). → Stahl-Weiterverarbeitung.

Haltdauer (Haltezeit)

Zeitspanne des Haltens auf einer bestimmten Temperatur vom Moment an, wo das Stück bis zum Kern durchgewärmt ist. Die Anwärmdauer und die Durchwärmdauer sind dabei nicht inbegriffen.

Haltepunkte, Umwandlungspunkte oder Umwandlungstemperaturen, kritische Punkte oder kritische Temperaturen

nennt man die Temperaturen, bei denen Zustandsänderungen auftreten (Schmelz- und Erstarrungspunkte oder Temperaturen, bei denen sich eine Modifikation des Gefüges vollzieht). Diese Zustandsänderungen sind mit sprunghaften Wärmetönungen und Volumenänderungen verbunden. Die Haltepunkte im festen Zustand werden bei Eisen und seinen Legierungen mit dem Buchstaben A (arrêt = Halt) bezeichnet,

dem man, falls die Abkühlung gemeint ist, r (refroidissement = Abkühlung), falls die Erhitzung gemeint ist, c (chauffage = Erhitzung) beifügt.

Hämmern von Schweissnähten

und Richten durch starke Hammerschläge können bei den korrosionsfesten Stählen eine Verminderung der Korrosionsbeständigkeit herbeiführen. Bei wenig aggressiven Lösungen, wie sie z. B. bei Haus- und Küchengeräten, bei Waschmaschinen und bei Einrichtungen für die Milchwirtschaft vorkommen, wird man Schäden durch Hämmern nur selten feststellen. Bei höherer Beanspruchung, z. B. bei Apparaten für die Textilveredlung oder die chemische Industrie, wird dagegen häufig beobachtet, dass kaltgehämmerte Stellen bevorzugt angegriffen werden. Die Herabsetzung der Korrosionsbeständigkeit hängt mit Gefügeveränderungen zusammen. Man sollte daher alle Richtarbeiten nicht mit Stahlhämmern, sondern mit Hämmern aus Hartholz, Gummi oder Kunststoff vornehmen und Schweissnähte nicht durch Hämmern, sondern durch Schleifen glätten.

Hammerschlag

der beim Schmieden sich bildende blättrige Belag, der meistens während des Erkaltes abfällt. → Zunder.

Härtbarkeit

Fähigkeit eines Stahles, in Martensit und/oder Bainit umzuwandeln.

Härte

Als Härte eines Körpers bezeichnet man den Widerstand, den dieser Körper dem Eindringen eines anderen, härteren Körpers entgegensetzt. Die Härte kann mittels → Härteprüfung gemessen werden.

Härteabfall

Die nach dem Kern zu abnehmende Härte eines gehärteten Werkstückes, als Folge der langsameren Abkühlung im Innern. Der Härteabfall ist stark bei einem Wasserhärter (Schalenhärter),

geringer bei einem Ölhärter, während Lufthärter – mindestens bei kleineren Abmessungen des Werkstückes – praktisch keinen oder nur geringen Härteabfall aufweisen.

Härtefehler

1. a) zu geringe Härteannahme

Bruch entspricht dem des walzarten oder geglähten Stahles. Härtetemperatur war zu tief bzw. Stück wurde zu kurz auf Temperatur gehalten.

Durch kurzes Ausglühen und richtige Härtung kann dieser Fehler behoben werden.

b) Geringe Härteannahme

Gefüge grobkörnig, mitunter stark verzogen und rissig. Bruch meist grob und flimmrig. Werkzeug wurde aus zu hoher Temperatur gehärtet. Zur Beseitigung genügt in den meisten Fällen ein → Normalglühen. Bei grossen Stücken empfiehlt sich nach dem Normalglühen noch ein Spannungsfreiglühen bei ca. 650 °C vor dem Nachhärten.

Bei sehr starker Überhitzung reicht das normale Regenerieren des Gefüges nicht aus, besonders dann nicht, wenn die Oberfläche verzundert ist. Das Teil kann nicht gerettet werden.

Manchmal sind auch die Thermoelemente der Härteöfen nicht in Ordnung und zeigen eine zu niedrige Temperatur an, wodurch Rissbildung durch Überhitzung entstehen kann.

c) Härteannahme zu gering, Bruch jedoch gut

Zur Beseitigung Stück glühen und von einer etwas höheren Temperatur härten. Evtl. Anlassoperation ändern.

2. Ungleichmässige Härte oder Weichfleckigkeit

kann eintreten bei ungleichmässiger Erwärmung auf Härtetemperatur, zu kurzer Haltezeit, Unsauberkeit der Oberfläche. Ferner kann auch ein Werkstofffehler, der von der Desoxydation des Stahles herrührt, vorliegen. Falls kein Stahlfehler vorliegt, ist eine Wiedergutmachung

durch Ausglühen möglich. Vom Stahl herrührende Weichfleckigkeit kann oft durch Normalisieren bei hohen Temperaturen, etwa 950 bis 1'000 °C, behoben werden. → Weiche Oberfläche, Weichfleckigkeit.

3. Weichhaut

Gehärtetes Werkstück zeigt Weichhaut, d.h. es ist an der Oberfläche weich, zur Mitte hin wird es härter, Stück wurde unsachgemäss erhitzt oder Stahl war bereits entkohlt. Verbesserung nur durch spanabhebende Entfernung der Weichhaut möglich.

4. Härteannahme in Ordnung, starker Verzug

manchmal Härterisse oder Werkzeug ist spröde. Grund: Abschrecken in zu scharfem Härtemittel oder das Werkstück war vorher nicht spannungsfrei gegläht, oder das Stück war nicht genügend durchgewärmt. Beseitigung: In vielen Fällen durch hohes Anlassen möglich, sonst ausglühen und neu härten. Beseitigung der Sprödigkeit durch längeres Anlassen evtl. bei höherer Temperatur.

5. Werkstück ist trotz sorgfältigster Härtung geplatzt

Hier liegt fast ausschliesslich ein Konstruktionsfehler vor, zum Teil scharfe Kanten, Nuten oder sonstige Kerbwirkungen. In vielen Fällen wird man auch feststellen können, dass die Teile vor dem Härten nicht spannungsfrei gegläht wurden.

6. Geschliffene Werkstücke zeigen feine Oberflächenrisse

Gehärtete Teile, die länger im Einsatz gestanden sind, sollten vor dem Schleifen bei ca. 120–150 °C entspannt werden, da sonst leicht Risse auftreten können. Dem Schleifen ist im Allgemeinen besondere Beachtung zu schenken, weil durch zu grossen Schleifdruck leicht örtliche Wärmespannungen entstehen, die zu Schleifrisen führen.

7. Das Werkzeug reißt trotz bester Härtung

Vielfach ist dieser Fehler darin begründet, dass das Werkzeug zu heiss aus dem Abschreckbad genommen und dann vor dem Anlassen zu lange liegen blieb. Daher immer sofort anlassen.

8. Das Werkzeug reißt in der Nähe von Bohrungen

Man hat vergessen, dieselben vor dem Härten abzudecken.

9. Das Werkzeug zeigt zu geringe Leistung

Dieser Fehler kann einmal durch falsche Wärmebehandlung oder auch durch schlechte Werkstoffauswahl verursacht sein. Die wirkliche Ursache ist manchmal schwer feststellbar. Erfahrungsgemäss wird die Lebensdauer von Werkzeugen grundsätzlich erhöht, wenn nach Erreichung einer bestimmten Leistungszahl das Werkzeug entspannt wird. Die Temperatur der Entspannungsoption sollte etwa 20–30°C unter der Anlass-temperatur liegen.

10. Fehler bei der Einsatzhärtung

a) Schalenbildung, Einsatzschicht blättert ab

Vielfach ist dieser Fehler dadurch begründet, dass ungeeignete Einsatzmittel oder zu tiefe Einsatztemperatur verwendet wurde, was einen schroffen Abfall des C-Gehaltes der Randzone gegen den Kern zu bewirkte.

Ist die Randzone dagegen grobkörnig ausgebildet, war die Härtetemperatur zu hoch.

b) Spröde, rissige Oberfläche

Ist die Folge zu starker Aufkohlung durch Überhitzen oder Überzeiten beim Einsetzen, was zur Bildung eines Zementitnetzes in der Einsatzschicht geführt hat. Grobkörnige Randzone ist auf zu hohe Härtetemperatur zurückzuführen.

c) Ungenügende Oberflächenhärte, Weichfleckigkeit

Die Fehlerursachen können vielfältiger Art sein, z. B. zu geringe Aufkohlung als Folge ungeeigneter oder verbrauchter Aufkohlungsmittel, zu kurze Einsatzdauer oder zu niedrige Einsatztemperatur. Ungleichmässige Dicke der Einsatzschicht, entstanden durch nicht genügend Einsatzmittel im Kasten oder Teile, die sich während der Aufkohlung berührten.

Randentkohlung als Folge entkohlender Atmosphäre im Härteofen; keine Martensitgefügebildung, wegen zu lang-samer Abschreckung beim Härten oder ungenügende Abschreckung, weil sich die Teile im Abschreckbad berührten; zu hoher Austenitgehalt als Folge zu hoher Härtetemperatur oder zu schroffer Abschreckung.

Härten → Wärmebehandlung

Härten aus dem Einsatz

Härten eines aufgekohlten Stückes von der Einsatztemperatur unmittelbar nach dem Aufkohlen (→ Einsatzhärten).

Härtemittel → Abschreckmittel

Härteprüffeile

Die einfachste Prüfmethode, ob ein Werkstück hart ist oder nicht, ist die Feilenprüfung. Eine gute und saubere Feile wird unter leichtem Druck über die zu prüfende Fläche bewegt. Am Widerstand, den man dabei verspürt, kann ein erfahrener Prüfer ein grobes Urteil über die Härte fällen.

Diese Methode dient auch zur Kontrolle gehärteter Stähle auf Weichfleckigkeit oder Weichhaut.

Die Härte sollte jedoch nach Möglichkeit mit den nachgängig beschriebenen Methoden geprüft werden.

Härteprüfung

dient zum Messen der Härte eines Werkstückes.

Als Härte eines Körpers bezeichnet man den Widerstand, den dieser Körper dem Eindringen eines anderen, härteren Körpers entgegengesetzt. Auf dieser Erkennt-

nis basieren heute die geläufigsten Härteprüfmethoden, es sind dies:

- *maschinelle Prüfmethode*
 - Rockwell (HRC)-Prüfung
 - Vickers (HV)-Prüfung
 - Brinell (HB)-Prüfung
- *manuelle Prüfmethode*
 - Rücksprunghärteprüfer
 - Vergleichshärteprüfer
 - Härteprüfzylinder

Härtepulver → Einsatzmittel

Härterisse → Risse

Härtetemperatur

ist die Temperatur, von der ein Werkstück beim Härten abgekühlt wird. Die Härtetemperatur variiert je nach der Legierung des Stahles. Im Weiteren wird die Härtetemperatur auch durch die Anforderung an den Stahl (Zähigkeit und Verschleißfestigkeit) beeinflusst.

Härtetiefe → Einhärtungstiefe

Härtespannungen → Härtefehler → Wärmebehandlung

Härteverlauf

Härte in Abhängigkeit vom Abstand zu einem Bezugspunkt. Die grafische Darstellung des Härteverlaufs ergibt die Härteverlaufskurve.

Härteverzug → Härtefehler

Hartlöten

Beim Hartlöten werden Lote mit einem Schmelzpunkt von über 500 °C verwendet. Die Hartlotnaht muss biegsam, walzbar und hämmerbar sein. Bei den Hartloten unterscheidet man Messing-, Silber- und Phosphorlote.

Hartmetalle

Darunter versteht man heute allgemein gesinterte Karbidhartmetalle. Das Sintern beruht darauf, dass man hochschmelzende Hartstoffe im fein zerkleinerten Zustand

mit oder ohne einem leichter schmelzenden Zusatzkörper mischt und auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des schwer schmelzbaren Anteils (Karbide) erhitzt, wobei die Temperatur und Zeitdauer der Erhitzung so gewählt werden, dass die Karbide zusammenfrühen. Kennzeichnend für die Hartmetalle sind sehr hohe Härte, Verschleißfestigkeit und besonders die hohe Warmhärte. Sie finden daher eine ausgedehnte Anwendung in der Bestückung von Werkzeugen und Teilen für die Zerspanung, spanlose Formgebung und bei reibendem Verschleiß. Hartmetalle sind nicht so zäh wie Schnellarbeitsstähle, ertragen aber viel höhere Schnitttemperaturen und damit noch höhere Schnittgeschwindigkeiten als Schnellarbeitsstähle. Sie sind nur durch Schleifen bearbeitbar.

Hartverchromung

Ein elektrolytisches Verfahren zur Erzeugung eines Hartchromniederschlags von 400–1'100 Vickerseinheiten. Sie dient nicht nur zur Verhinderung der Korrosion, sondern auch zur Verlängerung der Haltbarkeit von Werkzeugen, Maschinenteilen usw.

Heissbruch

tritt auf bei Stählen mit höherem Schwefelgehalt (z. B. 0,3%). Solche Legierungen haben bei der Warmformgebung zwei Bruchgebiete, und zwar ein → Rotbruchgebiet bei Temperaturen von 800–1'000 °C, infolge der mangelnden Plastizität der schwefelhaltigen netzartigen Umhüllung der einzelnen Körner und ein Heissbruchgebiet bei Temperaturen von über 1'200 °C infolge der Schmelzpunktherabsetzung durch das Eisensulfid, die ein vorzeitiges Schmelzen der schwefelhaltigen Korngrenzen bedingt. Zwischen diesen beiden Gebieten liegt ein Temperaturbereich für die Verformbarkeit.

Heisspressen – HIP

Pulvermetallurgisch hergestellte Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle → ASEA-STORA-Prozess (ASP) werden auf

HIP-Anlagen (HIP = heissisostatisches Pressen) zu einem kompakten Block heissgepresst. Die Presstemperatur des StaHPulvers liegt bei ca. 900–1'150 °C, der Pressdruck bei 100 MPa.

Hitzebeständige Stähle

Als hitzebeständig werden Stähle bezeichnet, die eine erhöhte → Zunderbeständigkeit oberhalb etwa 550 °C aufweisen und ausreichende mechanische Eigenschaften bei hohen Gebrauchstemperaturen besitzen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Chrom, Nickel, Aluminium und Silizium legierte Stähle.

Hochfrequenzhärtung → Induktionshärtung

Hochofen

Der Hochofen ist ein 20 bis 30 m hoher Schachtofen, dessen Wände aus feuerfesten Steinen aufgemauert sind. Diese Steine müssen nicht nur weitgehend unempfindlich gegen Hitze sein, sondern auch den chemischen und physikalischen Einwirkungen der mit ihnen in Berührung kommenden schmelzenden und flüssigen Stoffe widerstehen können. Der Ofen besteht aus einem unteren zylindrischen Teil, dem Gestell, darüber liegt ein breiterer kegelförmiger Teil, die Rast, und dann folgt der sich nach oben verjüngende Schacht mit der Gichtöffnung, durch die die Rohstoffe eingefüllt werden.

Die kegelförmige Form des Schachtes ist deswegen nötig, weil die Erze beim Niedergehen im Ofen durch das Erhitzen anschwellen und somit einen grösseren Raum einnehmen. Da das Gemäuer des Ofens selbst nicht die riesige Last der Gichtbühne, der Gichtverschlüsse, der Gasleitung usw. zu tragen vermag, werden alle diese Teile von einem besonderen selbständigen Gerüst getragen, das um den Ofen herumgebaut und mit mehreren um den Ofen herumlaufenden Bühnen versehen ist. Für die Zufuhr des Gebläsewindes sind im oberen Teil des Gestelles rundum sogenannte Windformen eingebaut.

Das sind Düsen aus Kupfer, die an die Zufuhrleitung des Gebläsewindes angeschlossen sind. Die Windformen würden schmelzen, wenn sie nicht durch Wasser gekühlt würden. Ausserdem liegen sie in Kühlkästen aus Bronze oder Gusseisen, die ebenfalls von kaltem Wasser durchströmt werden. Abgesehen von diesen Kühlkästen sind noch zahlreiche weitere in den Ofenwandungen eingebaut, da selbst die besten feuerfesten Steine der grossen Hitze nicht lange widerstehen könnten, wenn sie nicht ausgiebig gekühlt würden. Besonders in der Nähe des Gestells und der Rast ist diese Kühlung unbedingt erforderlich, während für den oberen Teil meist die Kühlung durch die allseitig den Schacht umspülende Luft oder durch Spritzwasser ausreicht.

Die sich im Hochofen bildenden Gase, die man noch bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts vollkommen unausgenutzt brennend aus der Gichtöffnung entweichen liess, werden heute restlos ausgenutzt, seitdem man erkannt hat, dass sie ein gutes und billiges Heizmittel bilden. Sie werden durch Rohre am oberen Ende des Schachtes abgeleitet. Die Gichtöffnung wird durch einen besonderen Gichtverschluss verschlossen. Er ist so ausgeführt, dass auch beim Beschieken des Hochofens mit Rohstoffen kein Gas entweicht und Ungleichmässigkeiten des Gasdruckes in der Gasleitung vermieden werden.

Höchsthärtbarkeit

Unlegierte Stähle haben im Allgemeinen eine höhere Höchsthärtbarkeit als legierte. An einem unlegierten Stahl erreicht man durch Wasserhärtung bis 68 HRC, an einem hochlegierten vielleicht nur 64 HRC. Dafür hat der Letztere eine wesentlich bessere Durchhärbarkeit und es genügt ein mildes Abkühlen in Öl oder Luft, um die Höchsthärte zu erreichen.

Durchhärbarkeit und Höchsthärtbarkeit sind grundverschiedene Eigenschaften.

Hohlstahl

Im Gegensatz zu Rohren die geschweisst, gepresst oder gezogen werden, wird Hohlstahl gebohrt, ausgestochen oder ausgedreht. Die Bohrung (Innendurchmesser) wird demnach maschinell erzeugt.

Holzkohle → Verpackungsmittel

Homogene Legierungen

sind solche, die nur aus einer Kristallart bestehen, z. B. alle Kupfer-Nickel-Legierungen und manche austenitischen Stähle.

Honen

Das Honen erlaubt die rasche Herstellung präziser Bohrungen. Die gehonten Flächen weisen gekreuzte Bearbeitungsriefen auf. Dadurch entsteht ein hervorragendes Ölhaltevermögen an den Flächen (z. B. Zylinder und Pleuel von Motoren).

Die Honahle mit Handzustellung ist für den Einsatz mittels Handbohrmaschine, die hydraulische Honahle für den Einsatz auf Honmaschinen geeignet.

Die Schneiden der Honahlen bestehen meistens aus Steinen mit keramischer Bindung. Körnung je nach gewünschter Oberflächengüte von 80–600.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Ahle beläuft sich auf 5–40 m/min, je nach der Festigkeit des Materials. Die Vorschubgeschwindigkeit in auf- und abgehendem Hub beträgt zwischen 5 und 15 m/min.

Induktionshärtung

Beim Induktionshärten können nur Stähle verwendet werden, die ohne zusätzliche Aufkohlung härtbar sind (am Besten legierte- und unlegierte Vergütungsstähle). Beim Induktionshärten wird die Wärme durch Wirbelströme in der Randschicht des Werkstücks erzeugt.

Die Wirbelströme werden von einer Induktionsspule hervorgerufen, durch die hochfrequenter Wechselstrom fließt.

Das Werkstück wird mit gleichbleibender Geschwindigkeit durch die Induktionsspule geführt, erwärmt sich nur in der Randschicht auf Härtetemperatur und wird mit direkt mit einer Brause abgeschreckt.

Zum Induktionshärten eignen sich insbesondere runde (drehsymmetrische) Bauteile. Teile können mit dieser Methode partiell gehärtet werden.

Ingots oder Gussblöcke

nennt man gegossene Stahlblöcke, die einer Warmverformung unterworfen werden. Sie werden durch Giessen des Stahles in meist gusseiserne Formen (Kokillen) erzeugt und haben säulenförmige Gestalt mit vier-, sechs-, achteckigem oder rundem Querschnitt. Die Ingots werden zu Halbzeug gewalzt, geschmiedet oder gepresst, welches weiter auf Stabstahl, Blech und dgl. warm verarbeitet wird. → Stahl → Weiterverarbeitung.

Interkristalline Korrosion

→ Korrosion

Ionen

sind elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen.

ISA = Normen der International Federation of the National Standardizing Associations (Internationaler Verband der Nationalen Normen-Vereinigung).

JIS = japanische Normen

Jominy-Probe

→ Stirnabschreckprobe / Jominy-Test

Kadmieren

Aufbringen eines Rostschutz-Überzuges aus Cadmium. Der Auftrag erfolgt galvanisch.

Kalibrieren

Durchpressen oder Durchziehen eines Werkstückes durch eine Matrize oder Stempel, zur Erzielung von von höherer Massgenauigkeit und Oberflächengüte.

Kalorie

(Abkürzung cal) ist die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 g reines Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen.

Kaltarbeitsstähle (legierte)

Die zahlreichen Verfahren der spangebenden und spanlosen Verformung von Werkstoffen auf kaltem Wege, d. h. ohne dass diese zur Erleichterung der Formgebung vorher erwärmt werden, erfordern wegen der vielfältigen und unterschiedlichen Beanspruchung der dazu benötigten Werkzeuge eine grosse Anzahl von Stählen mit bestimmten Gebrauchseigenschaften. Diese Eigenschaften, wie beispielsweise gute Schnitthaltigkeit, Zähigkeit, ausreichender Widerstand gegen Schlag, Druck oder Verschleiss oder Verbindungen dieser Eigenschaften, werden im Wesentlichen durch Abstufung der Kohlenstoffgehalte und durch Legieren erzielt. Die Legierungselemente Chrom, Molybdän, Vanadin und Wolfram bewirken durch Bildung von Karbiden eine Verbesserung der Härtefähigkeit und Anlassbeständigkeit, eine Erhöhung des Verschleisswiderstandes und der Schnitthaltigkeit. Die gleichzeitig eintretende Kornverfeinerung steigert die Zähigkeit. Durch Zusatz von Nickel wird die Zähigkeit ebenfalls günstig beeinflusst; die durch Nickel verbesserte Durchhärtung erhöht die Druckfestigkeit und die Tragfähigkeit. Durch Mangan, Chrom und Nickel wird die für die Härtung notwendige Abkühlungsgeschwindigkeit verringert. Man kann demnach durch entsprechend abgestufte Zusätze der genannten Legie-

rungsmittel bei langsamer Abkühlung durch Abschrecken in Öl, im Warmbad oder an der Luft einmal volle Durchhärtung und zum anderen eine Verringerung der Härterisssgefahr und hohe Massbeständigkeit erreichen.

Kalteinsenken von Stahl

Die Einsenkbarkeit eines Stahles hängt in erster Linie von seiner Festigkeit ab. Je weicher ein Stahl, umso besser lässt er sich einsenken. Daraus geht hervor, dass ein zum Einsenken vorgesehener Stahl einer Spezialglühung unterworfen werden sollte (Weichglühen auf körnigen Perlit). Allerdings muss bei einer solchen Glühung eine etwas verschlechterte spanabhebende Bearbeitbarkeit in Kauf genommen werden. Es tritt leicht ein «Schmieren» ein.

Durch Anwärmen des Werkstückes auf 150 bis 200 °C tritt – je nach Qualität – eine Verringerung der Festigkeit des Stahles von 50 bis 80 N/mm² ein, was sich in einer deutlichen Verbesserung der Einsehbarkeit bemerkbar macht. Die Einsenkgeschwindigkeit ist selbstverständlich weitgehend abhängig von der Stahlqualität.

Kaltfliesspressen

Beim Kaltfliesspressen können mit einer oder mehreren Pressungen komplizierte Teile von hoher Genauigkeit, ohne maschinelle Nachbearbeitung, hergestellt werden (Schrauben, Muttern, Getriebeteile usw.).

Kaltfliessgepresste Teile weisen eine höhere Festigkeit als maschinell hergestellte Teile auf, da die → Fasern im Stahl nicht durchschnitten werden. Ausgangsmaterial der fertigen Teile sind meistens Bolzen, die stufenweise in Kaltfliesspress-Werkzeugen zur endgültigen Form gepresst werden.

Kalthärtung

Durch Kaltverformung tritt ein Härterwerden des Stahles ein. Gleichzeitig mit der Zunahme der Festigkeit und Härte nimmt die Dehnung ab, der Stahl wird spröder. Kaltverformung ist in Form von

Ziehen und Walzen ein wichtiger Arbeitsvorgang. Die Kalthärtung ist vielfach unerwünscht und wird dann durch Glühen wieder beseitigt. In anderen Fällen, z. B. Drähten, ist Kalthärtung gewünscht. Austenitische Stähle weisen starke Neigung zu Kaltverfestigung auf.

Kaltrecken → Kaltverformung

Kaltverformung

(Kaltreckung) nennt man alle bleibenden Verformungen, in denen die durch die Verformung eingetretene Verfestigung (Kalthärtung) erhalten bleibt. Die Kristalle werden entgegen ihrer Gleichgewichtsform in die Länge gereckt, in Richtung der wirksamen Kraft, wobei sogar einzelne Kristalle in zwei oder mehr Teile zerrissen werden können. Dieser Wirkung auf das Gefüge entspricht eine starke Veränderung der mechanischen Festigkeiten. Immer werden Festigkeit, Streckgrenze und Härte durch Kaltverformen erhöht, Dehnung, Einschnürung und Schlagzähigkeit vermindert. Oft wird mit Absicht eine Kaltbearbeitung, die man dann wohl «Kalthärten» nennt, durchgeführt, z. B. das Aufdornen und Hämmern von Zieheisen, das Dengeln der Sensen, das Ziehen von Hartdraht, Kaltwalzen korrosionsfester Stähle usw. Austenitische Stähle lassen sich vorzüglich kalt verformen. Sie zeichnen sich durch eine sehr hohe Dehnung von etwa 40% bei einer Festigkeit von 600–750 N/mm² aus. Mit dieser hohen Festigkeit muss man allerdings bei der Kaltverformung dieser Stähle rechnen, d. h. man benötigt grössere Kräfte und hochwertigere Werkzeuge als bei der Verarbeitung von unlegiertem Stahl, z. B. Tiefziehblechen oder gar von Kupfer. Ausserdem muss beachtet werden, dass die Festigkeit dieser austenitischen Stähle bei einer Kaltverformung (auch schon beim Abkanten) an den verformten Stellen in weit grösserem Masse ansteigt, als man dies bei Kohlenstoffstahl oder anderen Metallen gewöhnt ist. Die hohe Dehnung und Kerbzähigkeit des Stahles erlaubt andererseits sehr grosse

Verformungen, auch an geschweissten Teilen. Da eine Kaltverformung von z. B. 25% schon eine Steigerung der Festigkeit auf etwa 1'000 N/mm² bringt, kommt bei starken Verformungen bald eine Grenze, die eine weitere Verformung ohne Bruchgefahr nicht mehr zulässt (Kaltverfestigung). Es ist dann notwendig, diese stark verfestigten Teile weich zu glühen.

Die Verformung der austenitischen Stähle wird wesentlich erleichtert, wenn man nicht bei Raumtemperatur, sondern bei etwa 200 bis 300 °C arbeitet. Die Verfestigung ist schon bei dieser geringen Erwärmung, die man mit dem Schweisbrenner oder einer Gasflamme erreichen kann, weit niedriger als bei Raumtemperatur. Die Eigenschaften der austenitischen Stähle werden durch eine Erwärmung unter 300 °C nicht ungünstig beeinflusst.

Kaltwalzen → Kaltverformung

Kalzium – Ca

Ca erhöht die Zunderbeständigkeit von Heizleiterwerkstoffen.

Karbid

Chemische Verbindung von Kohlenstoff mit Metallen, z. B. Eisenkarbid.

Karbonitrieren → Carbonitrieren

Kerbschlagarbeit A_k

Ein masslich genau definierter gekerbter Probestab wird in einem Pendelschlag durch einen einzigen Schlag gebrochen. Liegt keine Probe in der Bahn des Hammers, dann schwingt dieser auf der gegenüberliegenden Seite des Schlagwerkes in die maximale Steighöhe aus. Wird am tiefsten Punkt der Bahn eine Probe zerschlagen, dann bewirkt die dabei verbrauchte Schlagarbeit eine Verminderung der Steighöhe. Der Unterschied gegenüber der maximalen Steighöhe ergibt die gesuchte Brems- oder Schlagarbeit in J (Joule), die direkt am Schlagwerk abgelesen werden kann.

→ Charpy-Pendelhammer.

Kernhärte → Einsatzhärten, Wärmebehandlung

Klaviersaitenstahldraht

nennt man patentiert gezogenen Stahldraht → Drähte → Patentieren

Knüppel → Halbzeug

Kobalt / Symbol: Co / Schmelzpunkt: 1'492 °C, DIN-Multiplikator 4

Kobalt setzt die Festigkeit und Härte stark herauf. Es wird für Schnellarbeits- und Magnetstähle verwendet. Kobalt verhält sich als Legierungselement ähnlich wie Nickel. Co ist kein Karbidbildner. Es erhöht in starkem Masse Anlassbeständigkeit und Warmfestigkeit, weshalb es vorwiegend in Schnellarbeits- und warmfesten Stählen sowie zur Herstellung von Hartmetallen Verwendung findet.

Kohlenstoff / Symbol: C/DIN-Multiplikator 100

Kohlenstoff ist das wichtigste und einflussreichste Legierungselement im Stahl. Neben Kohlenstoff enthält jeder unlegierte Stahl Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, welche bei der Herstellung unbeabsichtigt hinzukommen. Der Zusatz weiterer Legierungselemente zur Erzielung besonderer Wirkungen sowie die bewusste Erhöhung des Mangan- und Siliziumgehaltes führt zum legierten Stahl. Mit zunehmendem C-Gehalt steigen die Festigkeit und Härtebarkeit des Stahles, wogegen seine Dehnung, Schmiedbarkeit, Schweissbarkeit und Bearbeitbarkeit verringert werden.

Kohlenstoffgehalt

Einfluss auf die Festigkeitstüwertwerte von Stahl

Der Kohlenstoffgehalt ist auf alle Festigkeitstüwertwerte von sehr grossem Einfluss. Eine Beurteilung und ein Vergleich dieser Werte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt ist aber nur unter zwei Bedingungen sinnvoll: Erstens darf der Gehalt an Nebenbestandteilen

(Mangan, Silizium usw.) den üblichen mittleren Wert nicht übersteigen, und zweitens müssen alle Stähle vor ihrer Prüfung in gleicher Weise vorbehandelt sein. Die sicherste Vorbehandlung ist richtiges, dem C-Gehalt angepasstes → Normalisieren. Die im Folgenden angegebenen Zahlenwerte sind daher nur als Mittelwerte anzusehen.

Die *Festigkeit* wächst bei zunehmendem Kohlenstoffgehalt, bis sie bei etwa 1% C mit ungefähr 750 N/mm² ihren Höchstwert erreicht, von dem sie mit weiter wachsendem C-Gehalt langsam absinkt. Die *Streckgrenze* wächst gleichfalls mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt, jedoch gleichmässiger und ohne zurückzugehen. Die *Dehnung* nimmt ständig, wenn auch nicht ganz stetig, ab, und ähnlich verhält sich die *Einschnürung*.

Es gehören also zum niedrigen C-Gehalt: geringe Festigkeit und hohe Dehnung, zu hohem C-Gehalt: hohe Festigkeit und geringe Dehnung. Ungeglühter Stahl hat infolge des Walzens oder Schmiedens bei abnehmender Temperatur höhere Härte und Streckgrenze, geringere Dehnung und Einschnürung als geglähter.

Für den Einfluss des Kohlenstoffgehaltes auf die Härte, und zwar die Brinellhärte für geglähten und ungeglühten Stahl, gilt Folgendes: In beiden Fällen wächst die Härte erst rascher, dann langsamer mit dem C-Gehalt, sie liegt – ebenso wie die Festigkeit – für ungeglühten Stahl höher als für geglähten.

Koks → Verpackungsmittel

Kontaktkorrosion → Korrosion

Konverter → Bessemer- und Thomas-Verfahren

Korngrenze

Berührungsfläche zwischen den einzelnen Kristalliten

Korngrösse

Die Korngrösse wird beeinflusst durch Erstarrungs-, Umform- und Wärmebe-

handlungsprozesse. Der mittlere Korndurchmesser kann zwischen wenigen μm und mehreren mm liegen. Die Eigenschaften feinkörniger Werkstoffe sind im Allgemeinen günstiger als die grobkörniger.

Überhitzen und Überzeiten bei der Wärmebehandlung führt zur Grobkornbildung.

Kornwachstum

Im Austenitgebiet (bei Temperaturen über A_c) beginnt das Korn zu wachsen und es wird umso grösser, je höher die Temperatur liegt und je länger der Stahl auf Temperatur gehalten wird.

Am stärksten tritt das Kornwachsen bei reinen Kohlenstoff-Stählen ein. Abhilfe: Normalglühen.

Korrosion

Metallische Werkstoffe werden langsam durch äussere Einflüsse zersetzt. Man spricht von Korrosion – oder bei Stahl und Eisen auch von Rosten.

Die Korrosion kann rein chemische oder aber auch elektrochemische Ursachen haben. Man unterscheidet folgende Korrosionsarten:

1. Die rein chemische Korrosion

Luftsauerstoff verbindet sich mit Metallen und zersetzt sie. Auch säurehaltige Flüssigkeiten können Metalle zersetzen. Je edler ein Metall ist, umso weniger zersetzbar ist es. Ausgesprochene Edelmetalle sind: Platin, Gold und Silber.

Die durch chemische Einwirkung erzeugte Korrosion kann dadurch unterbunden werden, indem man den Zutritt von Luftsauerstoff mit einem Oberflächenschutz verhindert.

2. Interkristalline Korrosion

Kristalle eines metallischen Werkstoffes können verschiedenartig sein. Tritt Feuchtigkeit hinzu, so entstehen zwischen den einzelnen Kristallen Ströme wie in einem \rightarrow galvanischen Element. Die Minuspol-Kristalle werden zerfressen und zerstören dadurch das Gefüge.

Interkristalline Korrosion wird verhindert, indem man die Metalloberfläche gegen Feuchtigkeit schützt.

3. Kontaktkorrosion

Werden zwei Metalle, z. B. Kupfer und Zink miteinander verbunden und tritt ein Elektrolyt (z. B. Regenwasser) hinzu, treten Folgen wie bei der \rightarrow interkristallinen Korrosion auf, d. h. das Minuspol bildende Metall, in diesem Fall ist es der Zink, wird zerfressen. Kontaktkorrosion entsteht auch, wenn z. B. Eisenspäne in Leichtmetalle oder rostfreie Stähle gedrückt werden.

Korrosionsgeschwindigkeit

Die Rostgeschwindigkeit ungeschützter, legierter Stähle an Atmosphäre beträgt etwa

0,013–0,02 mm pro Jahr in ländlichen Gegenden

0,05–0,08 mm pro Jahr in Industriegebieten.

Sie nimmt im Laufe der Zeit, wenn die Rostschicht nicht mechanisch zerstört wird, weiter ab.

Kristalle

Unter Kristallen versteht man grundsätzlich dasselbe wie unter Kristalliten oder Körnern. Die Bezeichnung Kristalle für die Strukturelemente des Stahles ist allgemein gebräuchlich, insbesondere für warmverarbeiteten und wärmebehandelten Stahl. Nichtkristalline, sog. amorphe Körper, sind selten (z. B. Glas, Bernstein). Die Kristalle, die das Gefüge des geglühten Stahles bilden, sind kleine Körper, die ohne regelmässige Begrenzungsflächen regellos nebeneinander liegen. Beim Erstarren der Schmelze beginnen nämlich an vielen Punkten Kristalle zu wachsen, die sich alle so weit ausdehnen, bis sie an die benachbarten anstossen und sich gegenseitig am Weiterwachsen hindern. Daraus ergibt sich auch die unregelmässige zufällige Form der Begrenzungsflächen. Form wie Grösse der Kristallkörner schwanken stark und können durch äussere Einwirkung (Wärme bzw. Verän-

derung der Abkühlungsgeschwindigkeit und mechanische Kräfte, Schmieden, Walzen) in gewissen Grenzen willkürlich verändert werden.

Das Wesen des Kristalles liegt nicht in der Regelmässigkeit der äusseren Flächen und Winkel, sondern in der Gesetzmässigkeit des inneren Aufbaus, in der Regelmässigkeit der Anordnung der kleinsten Stoffteilchen (Atome oder Atomgruppen), dem sogenannten Raumgitter → Gitter.

Kritische Abkühlungsgeschwindigkeit

ist die niedrigste Abkühlungsgeschwindigkeit, die eine Gefügerückbildung verhindert, um Härte erreichen zu können.

Kritischer Abkühlungsverlauf

Abkühlungsverlauf, bei dem eine vollständige Umwandlung unter den vergleichsweise mildesten Abkühlbedingungen erreicht wird.

Kugeliger Zementit

Bei normaler Abkühlung verwandelt sich bei Ar₁ der Austenit in lamellaren Perlit, der sich aus weichem Ferrit und harten Karbidplatten (Zementit) zusammensetzt. Für eine weitere mechanische Bearbeitung und vor allem für ein nachfolgendes Härten ist es von Vorteil, die Zementitplatten in kleine Kugeln umzuwandeln, was durch das → Weichglühen erfolgt.

Künstliches Altern → Altern

Kupfer / Symbol: Cu / Schmelzpunkt: 1'084°C, DIN-Multiplikator 10

Kupfer erhöht die Festigkeit und die Streckgrenze des Stahles, die Dehnung dagegen wird vermindert. Cu erhöht schon bei niedrigen Gehalten den Rostwiderstand der Stähle gegenüber den Einflüssen der atmosphärischen Luft. Die Streckgrenze wird erhöht. Gehalte über 0,3% können Aushärtungen bewirken. Die Schweissbarkeit wird durch Kupfer nicht beeinflusst.

Längsrisse → Risse

LD-Verfahren → Stahlerzeugung

Ledeburit

ist die metallographische Bezeichnung für das Eutektikum der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen. Er enthält 4,30% C.
→ Eisen-Kohlenstoff-Schaubild in unserer Broschüre «Stahl elementar gesehen»

Legierungen

sind aus homogenen Schmelzen erstarrte Gemische zweier oder mehrerer Metalle oder Metallverbindungen oder auch Gemische von Metallen mit Nichtmetallen, welche die typischen Eigenschaften des metallischen Zustandes, z.B. Glanz, sowie hohe Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität haben.

Liquiduslinie

ist die Linie aller Temperaturen in einem System, bei denen bei Erhitzung der Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand beendet ist oder bei Abkühlung der Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand beginnt. Der Temperaturbereich zwischen Soliduslinie und Liquiduslinie ist der Schmelz- bzw. Erstarrungsbereich.

Lösungsglühen

Wärmebehandlung um ausgeschiedene Bestandteile in Lösung zu bringen und zu halten.

Lösungsglühen mit Abschrecken → **Abschrecken**

Bei austenitischen Stählen angewandte Wärmebehandlung, bestehend aus Erwärmen auf hohe Temperatur und nachfolgendem schnellen Abkühlen auf Raumtemperatur, um ein homogenes austenitisches Gefüge zu erhalten. Diese Wärmebehandlung wird auch als «Abschrecken» bezeichnet.

Löten

Unter Löten versteht man das Verbinden im festen Zustand bleibender Metalle und Legierungen durch geschmolzene

besonders zusammengesetzte und bei niedrigen Temperaturen schmelzende metallische Bindemittel, die «Loten»: Weichlote mit Schmelzpunkt bis 300 °C (Reinzinn- oder Zinn-Blei-Legierungen). Silberlote mit Schmelzpunkt bis 630–650 °C (Silber und Silber-Legierungen). Hartlote mit Schmelzpunkt über 500 °C (Kupfer, Kupfer-Zink-Legierungen). Durch Löten lassen sich alle Stahlliegierungen miteinander verbinden, doch wird man das Löten von korrosionsfesten Stählen nur vorsehen, wenn eine Schweißung, die ja mechanisch weit zuverlässiger und chemisch unbedingt edler ist, nicht durchgeführt werden kann.

Lötrissigkeit, Lötbrüchigkeit

Beim Löten verschiedener Stahlqualitäten wird zuweilen eine Lötbrüchigkeit beobachtet, die immer dann auftritt, wenn das Lötmittel entlang der Korngrenzen in den Stahl eindringen kann und wenn die betreffenden Teile unter mechanischen Spannungen stehen. Bei den korrosionsfesten Stählen kann man feststellen, dass die Chrom-Stähle sehr unempfindlich gegen Lötrisse sind, während die Chrom-Nickel-Stähle bei der Verwendung von Messingloten starke Lotbrüchigkeit zeigen.

Lufthärter

Stahl mit Kennzeichnung des beim Härten anzuwendenden Abschreckmittels.

Luftpentieren → Patentieren

Luftvergüten

Vergüten, bei dem in Luft gehärtet/abgeschreckt wird.

Lunker

Fehler im Stahl. Grössere oder kleinere Hohlräume, die durch Schwindung des erstarrenden und erkaltenden Stahlblockes entstehen.

Magnesium – Mg

Begünstigt im Gusseisen die kugelige Graphitusbildung

Magneteisenstein = Eisenoxyduloxyd
Ein sehr eisenhaltiges (ca. 60–70%) und reines Eisen.

Grosse Lagerstätten finden sich davon in Schweden und Norwegen (Gällivara, Kiruna, Grängesberg), Russland und Amerika.

Magnetische Prüfverfahren

a) Austenitische Stähle sind, sofern sie nicht stark kaltverformt sind, unmagnetisch, was durch einen kleinen Handmagneten leicht nachzuweisen ist.

b) Zur Feststellung von feinen Rissen im Material bedient man sich oft des magnetischen Prüfverfahrens. Dieses Verfahren besitzt aber eine sehr hohe Empfindlichkeit, und es ist daher nicht immer leicht, Störungen, die für den Verwendungszweck belanglos sind, von wirklichen Fehlern zu unterscheiden. Die Verfahren beruhen darauf, dass ein durch das Werkstück verlaufender magnetischer Fluss an einem die Kraftlinien schneidenden Riss ein Hindernis findet, so dass ein Teil der Kraftlinie nach aussen gedrängt wird und eine Unregelmässigkeit im Feldverlauf an der Oberfläche des Werkstückes verursacht. Diese kann auf verschiedene Arten aufgedeckt werden, z. B. durch das Magnetpulver-Verfahren, bei welchem die magnetische Kraft kleine magnetische Pulverteilchen, die man in einer Aufschlammung in dünnem Mineralöl über das Prüfstück fließen lässt, an der Fehlstelle festhält.

Makroskopische Stahluntersuchung

ist die Untersuchung von Bruchflächen sowie von grösseren, ebenen Stahlflächen (Schliffen) mit blossen Auge oder unter schwacher Vergrösserung (mittels Lupe) zum Nachweis von Seigerungen, Hohlräumen, Einschlüssen, Randentkohlungen, Rissen usw. → Ätzproben.

Mangan / Symbol: Mn / Schmelzpunkt: 1'221 °C, DIN-Multiplikator 4

Mangan erhöht die Festigkeit des Stahles. Die Dehnung wird hierbei nur wenig verringert; ferner wirkt sich Mn günstig auf die Schmiedbarkeit und Schweissbarkeit aus. Höhere Mn-Gehalte bewirken bei Vorhandensein von Kohlenstoff einen grossen Verschleisswiderstand. Bis 3% Mn wird die Zugfestigkeit der Stähle um etwa 100 N/mm² je 1% Mn erhöht, bei Gehalten von 3–8% nimmt die Erhöhung in geringerem Masse zu und über 8% Mn sinkt sie wieder ab, ähnlich verhält sich die Streckgrenze. Mangan vergrössert die Einhärtetiefe. Durch Mn erhöht sich der Wärmeausdehnungskoeffizient, während die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit sinkt.

Martensit

ist die metallographische Bezeichnung für das nadelige Kleingefüge von gehärtetem Stahl. Die feinste, fast strukturlose Ausbildungsform des Martensites heisst Hardenit. Martensit und Hardenit sind die Träger der Abschreckhärte. Bildet sich in allen Stählen durch Abschrecken mit mindestens kritischer Geschwindigkeit von oberhalb A_{c1} .

Martensitgehärten

Wärmebehandlung, bestehend aus Lösungsglühen und Auslagern von martensitisch umwandelnden Stählen (Martensitstählen).

Massänderung

Bei der schroffen Abkühlung eines Metalls (also nicht nur Stahl) tritt eine gewisse Massänderung ein, die durch die ungleichmässige Abkühlung der inneren Partien eines Werkstückes bedingt ist.

Mattieren

Glänzende Oberflächen durch Sandstrahlen, Bürsten u. a. glanzlos machen

Metallblanke Oberfläche

Nichtrostende und säurebeständige Stähle besitzen ihre höchste Beständigkeit nur im metallblanken Zustand. → Passivität. Unter metallblanker Oberfläche versteht man eine Fläche, die frei ist von sämtlichen nichtmetallischen Überzügen und Deckschichten, wie z.B. Schweisszunder. Auf die Entfernung dieser bei der Fabrikation nicht zu vermeidenden Schichten kann nicht nachdrücklich genug hingewiesen werden. Man kann sie durch → Beizen oder mechanische Bearbeitung (→ Schleifen usw.) entfernen.

Mikron = 1/1'000 mm

Mikrorisse → Risse, Haarrisse.

→ Der Zwischenstufenhärtung unterzogene Werkstücke neigen weniger zu Mikrorissbildung. Die bei der Stufenhärtung über den ganzen Querschnitt gleichmässige Martensitannahme reduziert die Spannung und dient der Vermeidung von Mikrorissen.

Mikroskopische Untersuchung

ist die Untersuchung vollkommen ebener, polierter Stahlflächen vor und nach der Entwicklung des Gefüges durch Ätzen unter starker Vergrösserung (mit dem Mikroskop) zur Beurteilung des Kleingefüges. → Ätzprobe.

Mischkristalle

ist die Bezeichnung für feste Lösungen kristallisierter Stoffe, z. B. Austenit oder Chromferrit.

Molekulargewicht

ist die Summe der Gewichte der Atome, aus denen eine chemische Verbindung aufgebaut ist.

Moleküle

sind die kleinsten Bausteine der chemischen Verbindungen.

Molybdän / Symbol: Mo / Schmelzpunkt: 2'622 °C, DIN-Multiplikator 10
Molybdän erhöht die Zugfestigkeit und

besonders die Warmfestigkeit und wirkt sich auch günstig auf die Schweissbarkeit aus. Bei höherem Mo-Gehalt im Stahl wird die Schmiedbarkeit erschwert. Molybdän wird vielfach in Verbindung mit Chrom verwendet. Das Verhalten des Molybdän ist ähnlich dem des Wolframs. Zusammen mit Chrom und Nickel legiert, können hohe Streckgrenzen und Zähigkeitswerte erzielt werden. Molybdän ist ein starker Karbidbildner und wird daher bevorzugt als Legierungs-Element in Schnell-, Kalt- und Warmarbeitsstählen verwendet (bessere Schneid- und Verschleisseigenschaften). Mo erhöht die Korrosionsbeständigkeit, vermindert aber die Zunderbeständigkeit.

Mittelbleche

Stahlbleche von 3 mm bis unter 4,76 mm Stärke.

MSZ = Ungarische Normen

Naturzustand

ist der Zustand des Stahles nach richtigem Walzen oder Schmieden, also bevor er eine weitere Wärmebehandlung erfahren hat.

NBN = Belgische Normen

Nichtmetallische Einschlüsse

Aus der Stahlschmelze können nicht alle Verunreinigungen eliminiert werden. Diese nichtmetallischen Einschlüsse (Oxyde, Sulfide, Karbide und Silikate) sind meistens an die Erze gebunden. Bei Umformprozessen wirken sich nichtmetallische Einschlüsse negativ auf die Verformungsfähigkeit aus.

Nichtrostende Schnellprüfung

Nichtrostende Cr- und Cr-Ni-Stähle kann man von gewöhnlichen Werkstoffen unterscheiden, wenn ein blankes Stück in eine Kupfersulfat- oder Kupferamminiumchlorid-Lösung eingetaucht wird. Nichtrostender Stahl bleibt blank, bei gewöhnlichem Werkstoff bildet sich ein Kupferniederschlag.

Nichtrostende und säurebeständige Stähle

sind Stahllegierungen, deren Grundmasse mindestens 13% Chrom enthält. Sie zeigen hohe Korrosionsbeständigkeit, besonders in oxydierend wirkenden Angriffsmitteln. Es sind vorwiegend Chrom- und Chrom-Nickel-Stähle, die zur Verbesserung bestimmter Gebrauchseigenschaften noch weitere Legierungszusätze (z. B. Molybdän) enthalten können.

Für Probleme der Korrosionsbeständigkeit der einzelnen Stähle konsultieren Sie unsere Lagerliste oder fragen Sie unsern Spezialisten.

Nickel / Symbol: Ni / Schmelzpunkt: 1'453°C, DIN-Multiplikator 4

Nickel steigert die Festigkeit des Stahles in geringerer Masse als Silizium und Mangan, die Dehnung sinkt dabei nur wenig. Ni bewirkt eine gute Durchhärtung, besonders wenn der Stahl gleich-

zeitig Chrom enthält. Chrom-Nickel-Stähle sind rost- und zunderbeständig, vorausgesetzt, dass ein gewisser Minimalgehalt dieses Legierungselementes vorhanden ist, sowie warmfest. Die Schweißbarkeit wird von Nickel nicht beeinträchtigt. Nickel erhöht in starkem Masse die Kerbschlagzähigkeit bei Baustählen, insbesondere bei tieferen Temperaturen. Als Stahllegierungselement findet Nickel vorwiegend Verwendung für austenitische, korrosions- und zunderbeständige Stähle sowie in Einsatz- und Vergütungsstählen zwecks Erhöhung der Zähigkeit.

Niob / Symbol: Nb / Schmelzpunkt: 1'950°C, DIN-Multiplikator 10

Niob kommt meistens gemeinsam mit Tantal – Ta vor. Da sie sehr schwer zu trennen sind, werden sie üblicherweise zusammen verwendet. Sehr starke Karbidbildner.

Wird im englischen Sprachgebiet auch Kolumbium genannt. → Tantal.

Nitrieren

Grundsätzlich können alle Eisenwerkstoffe zur Steigerung der Verschleissfestigkeit, Dauerfestigkeit, Biegefestigkeit, Oberflächenhärte und der Korrosionsbeständigkeit nitriert werden.

Bei klassischen Nitrierstählen wird Aluminium als Nitridbildner zulegiert. Dies führt zu ausserordentlich hohen Härtewerten.

Beim Nitrieren wird atomarer Stickstoff aus flüssigen, gasförmigen oder festen Medien bei Temperaturen von 460 bis 580°C abgespalten und diffundiert je nach Aufnahmefähigkeit der Oberfläche und dem Stickstoffangebot in den Werkstoff ein. Durch die Diffusion von Stickstoff in das Material ergibt sich eine Volumenvermehrung. Es entstehen Druckspannungen in der Oberfläche, welche eine Erhöhung der Dauerfestigkeit bewirken. Wir bekommen eine nichtmetallische Randschicht mit guten Reibungseigenschaften. Die Dicke dieser Randschicht beträgt je nach Nitrierdauer beim Gasnitrieren zwischen 0,2–

0,35 und beim Badnitrieren zwischen 0,1–0,2 mm.

Im Unterschied zum Aufkohlen oder Carbonitrieren, wird die Härtesteigerung nicht durch anschließendes Härten erreicht.

Das Nitrieren hat nur minimale Massänderungen/Verzug zur Folge.

Wir unterscheiden folgende Nitrierarten:

a) *Gasnitrieren*

Temperaturbereich 480–580 °C

Das Gasnitrieren gehört zur Gruppe der thermochemischen Diffusionsverfahren. Bei Behandlungstemperaturen von 480–580 °C wird der Randbereich durch die Einlagerung von Stickstoff (und evtl. Kohlenstoff) chemisch verändert.

b) *Plasmanitrieren* (Ionitrieren)

Temperaturbereich 350–600 °C

Das Plasmanitrieren zählt zu den thermochemischen Wärmebehandlungsverfahren. Positiv geladene Ionen treffen von der Ofenwand (Anode) mit hoher Aufprallgeschwindigkeit auf die als Kathode geschalteten Werkstücke. Anfangs bewirkt dieser Ionenbeschuss eine intensive Reinigung der Werkstückoberflächen (Sputtern), dem anschließend das Aufheizen und die Aufstückerkung der Oberfläche folgen.

c) *Salzbadnitrieren* (Tenifer)

Temperaturbereich 480–580 °C

Das Salzbadnitrieren bewirkt, je nach Werkstoff, eine Oberflächenhärte von bis zu 1'250 HV.

Das TeniferNitrieren ist ein Markenname für das Nitrocarburieren (Anreicherung der Randschicht mit Stickstoff und Kohlenstoff).

z.B. VSM-Norm, in Deutschland DIN-Norm, in USA SAE- und AISI-Normen.

Normalglühen → Glühen

Normstähle

Die chemische Zusammensetzung, die Eigenschaften und die Behandlung von Konstruktions-, Einsatz- und Vergütungsstählen sind in verschiedenen Ländern genormt. In der Schweiz

Oberflächenentkohlung → Entkohlung

Oberflächenfehler können entstehen durch:

a) Fehler der Blockoberfläche, z.B. Spritzer an der Kokillenwand, unsaubere oder schadhafte Kokillenwände, sogenannte Kaltschweissen und Risse. Kaltschweissen sind Überlappungen durch zu kaltes oder absatzweises Giessen. Über die Ursachen der Rissbildung, für die es verschiedene Ursachen gibt → Risse.

b) Fehler bei der Weiterverarbeitung, wie Überlappungen beim Schmieden und Walzen, Walznähte und Riefen, die bei der späteren Verarbeitung zu Nähten und Rissen führen können.

c) starke und ungleichmässige Verzunderung, die z.B. beim Werkstoff, der später blank gezogen werden soll, zu Poren führt.

d) Oberflächenoxydation und Verschmutzung (Öl- und Fettreste) von blanken Bändern infolge ungeeigneter Durchführung der Blankglühung.

Oberflächengüte

ist abhängig von der Werkstoffwahl, der Bearbeitung, der Auswahl und des richtigen Einsatzes der Bearbeitungswerkzeuge.

Oe-Norm = Österreichische Norm

Ofenatmosphäre (Härten)

Die Ofenatmosphäre muss frei von Sauerstoff und Kohlendioxid sein, da sonst das Härtegut auf der Oberfläche entkohlt würde.

Ofenzeit

setzt sich zusammen aus: Anwärmdauer + Durchwärmdauer + Haltedauer.

Ölhärterstahl

mit Kennzeichnung des beim Härten anzuwendenden → Abschreckmittels. Öl ist ein milder wirkendes Abschreckmit-

tel. Aber auch hier muss das Härtegut dauernd bewegt werden, um für genügende Abkühlung zu sorgen. Wenn das Werkzeug die Öltemperatur durchgehend angenommen hat, ist das *Anlassen unverzüglich* vorzunehmen (nie unter 70–50°C). Bei grösseren und komplizierten Werkzeugformen vermindert das Abschrecken in auf etwa 100°C vorgewärmtem Härteöl die Härtespannung und folglich den Verzug erheblich. Für das Vorwärmen des Härteöls sind spezielle Heizelemente (Tauchsieder) im Handel erhältlich.

Für formschwierige Werkzeuge kann ausserdem zur Vermeidung von Härtespannungen mit Vorteil die gestufte Härtung (Thermalhärtung) angewendet werden. Badtemperaturen etwa 200°C, anschliessend an ruhiger Luft (70–50°C) erkalten lassen.

Parker-Verfahren (Parkern)

→ Phosphatbad

Passivität

Passivität ist keine unveränderliche Eigenschaft eines Materials oder einer Legierung. Man spricht vom «passiven Zustand» eines Stahles, wenn sein elektrochemisches Verhalten unter bestimmten Bedingungen ähnlich dem eines Edelmetalls wird. Bei Eintritt der Passivität hört also die Angreifbarkeit eines Metalles auf.

Pastenaufkohlen → Einsatzhärten, Wärmebehandlung

Patentieren

(Begriff der Drahtindustrie). Wärmebehandlung von Draht oder Band, bestehend in einem Erwärmen auf eine Temperatur oberhalb des oberen Umwandlungspunktes Ac_3 und meist raschem Abkühlen zur Erzielung eines für die nachfolgende Kaltverformung günstigen Gefüges.

Man unterscheidet:

1) Durchlaufpatentieren, wobei im Durchlaufofen erhitzt und in einem Bad (Badpatentieren) aus Blei oder Salz von 400 bis 550° C oder nach Erhitzen hoch über dem oberen Umwandlungspunkt Ac_3 an Luft (Luftpatentieren) abgekühlt wird.

2) Tauchpatentieren, wobei der Draht oder das Band in Form von Ringen erhitzt und in einem Bad aus Blei oder Salz von 400–500° C abgekühlt wird.

Pendelhammer – Charpy Pendelhammer

zur Prüfung der Kerbschlagarbeit (Charpy-Pendelhammer).

Perlit

ist die metallographische Bezeichnung für das Eutektoid (feines Gemenge) aus Ferrit und Zementit. Bei reinen Kohlenstoffstählen enthält der Perlit 0,89% C.

Kohlenstoffstähle mit ungefähr diesem C-Gehalt heißen eutektoide Stähle, die mit weniger als 0,89% C untereutectoide und die mit mehr als 0,89% C übereutektoide Stähle. Streifiger Perlit (abwechselnde Schichten von Zementit und Ferrit) bildet sich in allen Stählen nach Abkühlen in Luft; körniger Perlit (kleine Zementkörner in Perlit) dagegen in allen Stählen nach sehr langsamem Abkühlen oder nach Glühen bei etwa Ac_1 .

Perlitpunkt → Haltepunkt Ac_1 bzw. Ar_1 im Eisenkohlenstoff-Diagramm, welches in unserer Broschüre «Stahl, elementar gesehen», ausführlich erklärt ist.

Phosphatbad

(Parker-, Bonder-, Astramentverfahren), erzeugt auf der metallisch blanken Oberfläche mittels Phosphatbädern eine widerstandsfähige, nicht metallische Schicht, die meist noch die gute Grundlage für ein gutes Haften von Anstrichen bildet.

Phosphor / Symbol: P / Schmelzpunkt: 44° C, DIN-Multiplikator 100

Es gibt mehrere Arten von Phosphor, weißer (gelber), roter (violetter) Phosphor, schwarzer Phosphor u.a.m. Allgemein wird der Phosphor als Stahlschädling angesprochen und dementsprechend bei hochwertigen Stählen eine obere Grenze von 0,030–0,050% angestrebt. In wenig legierten Baustählen mit ca. 0,1% C erhöht P die Festigkeit und die Korrosionsbeständigkeit gegen atmosphärische Einflüsse.

Plasmanitrieren → Nitrieren

Plattierte Stähle

Bei den bekanntesten Plattierungsverfahren werden Grund- und Auflegemetallo entweder kalt unter hohem Druck aufeinandergepresst oder unter Vermeidung von Oxydbildung zusammen erhitzt und dann verwalzt. Es können einseitig oder doppelseitig plattierte Stähle hergestellt werden. Als Grund-

werkstoff werden legierte oder unlegierte und als Auflage korrosionsbeständige oder verschleissfeste Stähle verwendet.

PN = Polnische Normen

Polieren

Das Polieren kann notwendig werden, um die Rostbeständigkeit der korrosionsfesten Stähle noch zu erhöhen. Man poliert aber auch gewisse Teile, um eine Oberfläche zu erzielen, an der sich keine Reste irgendwelcher Produkte ansetzen können.

Poren

entstehen durch Gaseinschlüsse im Stahl oder in der Schweissnaht.

Prägen

Mit Prägwerkzeugen können in Metallteilen Vertiefungen und Erhöhungen erzeugt werden. Die Prägeflächen von Stempel und Matrize können unabhängig voneinander mit verschiedenen Formen versehen sein. Geprägt werden z.B. Münzen, Medaillen, Plaketten, Schilder usw. Die Formen an Stempel und Matrize werden meistens erodiert oder eingraviert.

«Primärer» Zementit

heisst der bei übereutektischen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen direkt aus der Schmelze kristallisierende Zementit.

Proportionalitätsgrenze

ist der Punkt, bis zu dem beim Zugversuch die Belastung und Dehnung proportional miteinander verlaufen.

Pulveraufkohlen → Einsatzhärten, Wärmebehandlung

Pulverstahl (PM)

→ ASEA-STORA-Prozess (ASP).

Punktschweissung

ist eine elektrische Widerstandschweissung, welche meistens bei der Blechverarbeitung Verwendung findet. Zwei mit-

einander zu verbindende Bleche werden mit zwei Kupferelektroden aufeinander gepresst. Durch einen Stromimpuls werden die Bleche punktförmig zusammengeschweisst. Druck, Stromstärke und Schweisszeit sind je nach Blechdicke verschieden.

Pyrometer-Kontrolle → Temperaturmessung

R = DIN-Kennzeichen für beruhigt vergossen

Randaufkohlung → Aufkohlung

Recken

Warmformgebungsverfahren. Ausstrecken des Werkstückes durch eine Aneinanderreihung von Stauchdrücken mit quer zur Längsachse liegenden Pressbahnen.

Reelen, Rollen → Frimmeln

Regenerieren

nennt man die durch → Normalglühen bewirkte Verfeinerung des durch Erhitzen auf zu hohe Temperatur oder zu langes Halten auf bereits zu hoher Temperatur groben überhitzten Gefüges von Werkzeugstahl.

Reineisen

Reines Eisen ist sehr weich und verformbar. Abgesehen von den hohen Herstellungskosten (Reineisen kommt in der Natur nicht vor), wird es wegen seiner geringen Festigkeit nicht als Konstruktionswerkstoff verwendet.

Rekaleszenzpunkt

ist bei Kohlenstoffstählen und allen legierten, härtbaren Stählen der A_{r1} -Punkt, bei welchem bei der Abkühlung zufolge der Austenit-Perlit-Umwandlung die Umwandlungswärme frei wird. Durch die Wärmeentwicklung bleibt während der Abkühlung die Temperatur des Stahlstückes beim Rekaleszenzpunkt gleich oder sie kann bei Unterkühlung auch ansteigen.

Rekristallisation

ist die Neubildung von Kristallen nach vorausgegangener Verformung. Eine Zustandsänderung (Umwandlung, Umkristallisation) findet dabei nicht statt. Nach Warmverformung erfolgt die Rekristallisation unmittelbar anschließend von selbst, nach Kaltverformung wird sie durch Erhitzen bewirkt und hat eine Entfestigung zur Folge. Das rekristallisierte Korn ist in der Regel feiner (kleiner) als das Ausgangskorn.

Rekristallisationsglühen

Rekristallisationstemperatur

ist praktisch die niedrigste Temperatur, bei welcher eine Kristallneubildung, die vom Verformungsgrad und Werkstoff abhängig ist, erfolgt.

Restaustenit

Bei rascher Abkühlung verwandelt sich der Austenit in Martensit. Diese Umwandlung – Härtung – ist jedoch keine vollständige. Es bleibt dabei ein Teil des Austenits (Restaustenit) bis Raumtemperatur erhalten. Der Anteil des Restaustenits ist abhängig von der Stahl-Zusammensetzung, der Härtetemperatur, der Haltezeit auf Härtetemperatur und der Abschreckgeschwindigkeit. Durch mehrmaliges Anlassen kann der Restaustenit in Martensit umgewandelt werden.

Richten gehärteter Werkzeuge

hat richtigerweise auf Anlasswärme zu erfolgen. Dabei ist die verkürzte Faser zu strecken, fallweise kann es auch zu einer Kürzung der verlängerten Faser kommen. Richten im kalten Zustand führt leicht zu Brüchen.

Riefen

sind mehr oder weniger tiefe sichtbare Rillen, die beim Drehen, Schälen usw. auf der Werkstückoberfläche entstehen. Drehriefen können beim Härten zu Rissen führen.

Risse

Nach der Entstehungsursache kann man folgende Hauptgruppen unterscheiden:

1. Spannungsrisse

a) im Block durch Aufplatzen der zuerst erstarrten Haut (Längsrisse) oder durch Hängenbleiben an der Blockform durch Schrupfung beim Erkalten (Querrisse). Ebenso können auch Risse auftreten, wenn der Block eine ungeeignete Form besitzt, zu rasch abgekühlt wird oder beim Erhitzen zum Schmieden und Walzen zu rasch erwärmt wird. Dieser Fehler wird in der Regel schon im Stahlwerk

festgestellt, und solches Material gelangt nicht an den Verbraucher.

b) Risse durch Verformungsspannungen (Aufreißen des Werkstoffes im Innern durch z. B. Zerschmiedungen oder Aufreißen der Kanten).

c) Risse durch Wärmebehandlungsspannungen (Härterisse, Risse infolge zu rascher Erhitzung oder Abkühlung, *ungenügendes oder zu spätes Anlassen*), Härtefehler.

d) Brand- oder Wärmerisse, insbesondere bei Werkzeugen für Warmarbeit als Folge des ständigen Temperaturwechsels.

e) Beizrisse. Beim Beizen von hochlegierten Stählen im naturharten Zustand sowie beim Beizen von gehärteten Stählen können durch innere Spannungen, die sich beim Beizen auslösen, Risse entstehen. Solche Stähle dürfen daher nur im geglähten oder angelassenen Zustand gebeizt werden.

f) Schleifrisse, verursacht durch die bei starkem Anpressen während des Schleifens hervorgerufenen örtlichen Wärmespannungen, oder wenn das Stück nach dem Härten nicht entspannt wurde → Härtefehler.

g) Schweissrisse infolge von Spannungen, die während der Abkühlung der Schweissnaht auftreten.

2. Haarrisse, die z. B. bei der Hartung als Folge von bei der Weiterverarbeitung gestreckten Einschlüssen auftreten.

3. Überlappungsrisse, die als Folge von Überlappungen bei der Weiterverarbeitung auftreten.

4. Risse infolge von Schlackeneinschlüssen oder eingepresster Schlacke.

5. Innenrisse können durch zu schnelle Warmverformung auftreten oder durch zu plötzliche Erwärmung infolge Wärmespannungen. Bei Kaltverarbeitung (Ziehen) führen zu starke Abnahmen und ungenügendes Zwischenglühen zu becher- oder hakenförmigen Rissen im Innern des Werkstoffes.

Rockwell (HR_C)-Prüfung

Ein Diamantkegel (Spitzenwinkel 120°) drückt mit einer Vorlast auf das zu prüfende Teil. Die Messuhr wird auf 0 gestellt. Anschließend wird stossfrei die Zusatzlast auf die Vorlast aufgelegt. Nachdem sich der Zeiger der Messuhr beruhigt hat, wird die Zusatzlast wieder weggenommen.

Anhand der Eindringtiefe im Material kann unmittelbar am Messgerät die Härte abgelesen werden.

Die Rockwell-C-Prüfung ist das am meisten eingesetzte Härteprüfverfahren für Härten von 20–70 HR_C.

Für höhere Härten wird die Vickers-Prüfung angewendet. → Vickers (HV) – Prüfung

Roheisen, Rohstahl → Hochofen

Rostangriff → Korrosion

Rostbeständigkeit

Ein Stahl wird dann als rostbeständig bezeichnet, wenn er in Wasser oder feuchter Luft auch nach längerer Zeit nicht korrodiert.

Rotbruch

tritt bei der Warmformgebung an S-legierten Stählen (FeS erzeugt Bruch der Korngrenzsubstanz) bei Temperaturen von 800–1'000 °C auf.

RR = DIN-Kennzeichen für besonders beruhigt vergossen.

Rückfeinung → Kernrückfeinen

Rücksprunghärteprüfung

Ein kleiner Hammer, der meistens mit einer abgerundeten Diamantspitze versehen ist, fällt aus einer gegebenen Höhe auf das Prüfstück und wird um so höher zurückgeworfen, je härter der Werkstoff ist. Diese Rücksprunghöhe dient als Härtemass. Der bleibende Eindruck ist wegen der geringen Fallenergie klein. Der bekannteste Vertreter dieser Härteprüfer ist das Skleroskop, dessen neueste Bauarten mit einer Selbstanzeigevorrichtung ausgestattet sind.

SAE-Norm aufgestellt von der Society of Automotive Engineers.

Salzbäder

Obwohl flüssige Metalle die kürzesten Erhitzungszeiten für das Härtegut ergeben, ist ihr Gebrauch aus wirtschaftlichen Erwägungen immer mehr zu Gunsten von Salzschnmelzen zurückgegangen, wovon die bekanntesten Vertreter sind:

Anwendungsbereich *Badflüssigkeit*

700–1'000 °C	Mischungen aus Alkali- und Erdkali-Chloriden
800–1'000 °C	Borax
1'000–1'350 °C	Barium-Chlorid

Beim Erwärmen zum Härten finden Salzbäder hauptsächlich dann Verwendung, wenn bei fertig bearbeiteten Werkstücken eine Entkohlung der Oberfläche weitgehend vermieden werden soll. Eine entkohlende Wirkung der Salzbäder kann auftreten, die um so stärker sein wird, je länger das Salzbad im Gebrauch ist. Es ist daher notwendig, die Salzbadfüllung in kürzeren Zeitabständen zu erneuern oder durch Abschöpfen eines Teiles des Bades und Zusatz von neuem Salz für eine Verdünnung der gelösten Oxyde Sorge zu tragen. Einer Erneuerung des Salzades in kürzeren Zeitabständen ist jedoch der Vorzug zu geben.

Sauerstoff, O

Farblos, geruch- und geschmackloses Gas. Sauerstoff ist ein Stahlschädling. Sauerstoff in Stahl vermindert die Schmiedbarkeit und Schweissbarkeit und erzeugt Kaltbruch.

Sauerstoff bewirkt die Entkohlung von Werkstückoberflächen beim Härten.

Saurer Stahl

wird in der mit einem «sauen» Futter (kieselsäurehaltige Stoffe) ausgekleideten Bessemerbirne oder im Siemens-Martin-Ofen hergestellt.

→ Bessemer- und Siemens-Martin-Verfahren.

Säurebeständige Stähle → rostbeständige Stähle

dürfen bei entsprechender Prüfung keinen über einer festgelegten Beständigkeitsgrenze liegenden Gewichtsverlust erleiden.

Schälern

Spanabhebende Entfernung der Schmelde-, Walz- oder Glühhaut an Stabstahl mit Schälmessern.

Schalenbildung bei Einsatzhärtung

zeigt sich als Loslösen der gehärteten Schicht vom zähen Kern infolge übergrosser Kohlenstoffaufnahme durch zu hohe Temperatur oder zu stark wirkende Einsatzmittel. Mild wirkende Einsatzmittel verwenden.

Schleifen

Ein guter Stahl kann nicht aufholen, was ein schlechter Schriff verdirbt, sagt ein altes Sprichwort. Die Stähle sind umso schleifempfindlicher, je höher sie legiert und je härter sie sind. Je schleifempfindlicher ein Stahl ist, umso leichter können Oberfläche und Schneidkanten des Werkzeuges durch das Schleifen angelassen, also weich gemacht werden und umso leichter können die Stücke schleifrisbig werden. Um dies zu verhindern, müssen die schleifempfindlichen Stähle mit weicheren, stets reinen, scharf und freischneidend gehaltenen Schleifscheiben und mit geringem Tiefenvorschub oder Anlassdruck geschliffen werden. Nicht oder schwach angelassene Stähle sind schleifempfindlicher als stark angelassene. Deshalb soll erst nach zweckentsprechendem Anlassen geschliffen werden. Schleifspannungen in nachgeschliffenen Werkzeugen, sollten bei 50°C/1 Std. unter der letzten Anlasstemperatur, abgebaut werden.

Schleifhaut (weiche) kann auftreten durch Anlasswirkung beim unvorsichtigen Schleifen gehärteter Teile.

Schleifrisse → Risse

Schleuderguss

Das Giessmetall wird in schnellumlau- fende Formen gegossen und durch die Zentrifugalkraft an die Innenwand der Form geschleudert. Dadurch entsteht ein dichter- und feinkörniger Guss (Roh- re, Lagerbuchsen).

Schliffprobe → Ätzprobe

Schlusshärtten

Abschliessendes Härtten eines nach dem Zementieren beliebig abgekühl- ten, gegebenenfalls rückgefeinten oder auch zwischengeglühten Stückes nach Erhitzung auf Härtetemperatur knapp oberhalb Ac1 der aufgekohlten Schicht. → Einsatzhärtten.

Schmelzbereich

oder Schmelzintervall (Erstarrungsbe- reich) ist der Temperaturbereich, in dem der Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand erfolgt (und umge- kehrt). So haben z.B. die korrosions- festen Stähle keinen ausgesprochenen Schmelzpunkt, sondern einen Schmelz- bereich, der niedriger liegt als derjenige des unlegierten Eisens. Dies gilt auch für die hitzebeständigen Stähle, obwohl hier fälschlicherweise oft angenommen wird, dass ihr Schmelzpunkt höher liege als derjenige des Eisens.

Schmelzpunkte

(Erstarrungspunkt) ist die Temperatur, bei welcher die feste und die flüssige Form (Phase) eines Stoffes nebenein- ander bestehen. Einheitliche Schmelz- punkte (Erstarrungspunkte) haben nur einheitliche Stoffe (Elemente, Verbin- dungen) und Eutektika, während Stoff- gemenge (z.B. Legierungen) einen Schmelzbereich (Erstarrungsbereich) aufweisen.

Schmieden

ist die älteste Bearbeitungsweise des Stahles überhaupt. Man versteht dar- unter die schnelle Formung eines Werk-

stückes in der Hitze (oberhalb Ac₁) durch Hammerschläge von Hand oder maschi- nell (Fallhämmer, Schmiedemaschinen usw.). Das Anwärmen zum Schmieden muss gleichmässig und durchgreifend erfolgen. Dies gilt besonders bei den hö- her legierten Stählen, wie dem 13%igen Chrom-Werkzeugstahl 1.2436, den Schnellarbeits- und Warmarbeits- sowie den rostbeständigen Sonderstählen, die zunächst sehr langsam auf etwa 650°C vorzuwärmen sind, ehe die eigentliche Erwärmung auf die vorgeschriebene Schmiedetemperatur erfolgen kann.

Mit dem Schmieden ist erst dann zu beginnen, wenn das Werkstück die Schmiedetemperatur durchgreifend an- genommen hat.

Beim Schmieden darf die Endtemperatur keinesfalls unter die für die einzelnen Stahlmarken (ist in unserer Lagerliste er- wähnt) angegebenen Endtemperaturen sinken, da sonst sehr leicht Kornzer- schmiedung erfolgen kann. Lediglich die ferritischen Chromstähle und die unlegierten Werkzeugstähle sollen mög- lichst an der unteren Temperaturgren- ze zur Erzielung eines feinen Gefüges fertig geschmiedet werden. Andererseits ist darauf zu achten, dass bei zu hoher Endschmiedetemperatur der Stahl sehr leicht Grobkornbildung annehmen kann.

Schmiedbarkeit

Ein Kohlenstoffgehalt von 2,03% bedeu- tet praktisch, mit Ausnahme weniger Sonderstähle, die obere Grenze der Schmiedbarkeit.

Schmiedeeisen

Nachdem heute alles schon ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen als «Stahl» bezeichnet wird, wurde die frühere Bezeichnung «Schmiedeeisen» fallengelassen.

Schnellarbeitsstahl

Schnellarbeitsstähle sind im Wesentli- chen für Zerspanungswerkzeuge mit hohen Schnittgeschwindigkeiten be- stimmt. Die hierzu erforderlichen Eigen- schaften beruhen auf der Anlansbe-

ständigkeit der Grundmasse und dem Vorhandensein sehr harter Karbide, wie Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadin.
→ ASEA-STORA-Verfahren (ASP).

Schnittgeschwindigkeiten

hängen von der Härte des Werkstückes gesetzmässig ab. Sie beeinflussen den Verschleiss des Werkzeuges und sind so zu wählen, dass ein günstiges Verhältnis zwischen der Arbeits- und Schnittzeit und der für Wiederanschärfen des Werkzeuges und Neueinrichten der Maschine erforderlichen Zeit entsteht.

Schnittwinkel

sind nach folgenden Gesichtspunkten zu wählen:

1. Ein grosser Spanwinkel ergibt guten Spanabfluss und geringe Spanreibung. Der Wärmeabführende Querschnitt des Werkzeuges wird jedoch vermindert.
2. Bei grosser Zugfestigkeit des Werkstückes ist ein kleiner Freiwinkel 2 bis 6° anzustreben, bei weichen Stoffen kann man ihn etwas grösser machen (6–10°), um ein Schmieren zu verhindern und eine gute Schneidwirkung zu erzielen.

Schutzgasatmosphäre

Das Glühen und Härten in Schutzgas bezweckt:

1. eine blanke Oberfläche zu erhalten, was bei Bandstahl, Blechen, Draht besonders erwünscht ist,
2. eine Entkohlung zu verhindern, ein Punkt, der besonders bei Werkzeugstahl ins Gewicht fällt.

Als allgemeiner Grundsatz für eine geeignete Glühatmosfera gilt, dass sie weder oxydierend noch reduzierend noch aufkohlend wirkt und daher mit dem Glühgut im chemischen Gleichgewicht stehen muss.

Die Entfernung von Wasserdampf, Kohlendioxyd und von Schwefelwasserstoff ist eine wesentliche Voraussetzung, um

mit einem Schutzgas eine blanke und von Entkohlung freie Oberfläche zu erreichen.

Schwärzen

Das Werkstück wird mit Leinöl bestrichen und mit der Flamme auf ca. 450°C erhitzt. Dadurch erhält man eine gegen Korrosion schützende, schwarze Schicht. Schwärzen ergibt keinen dauerhaften Rostschutz.

Schwefel / Symbol: S / Schmelzpunkt: 118 °C, DIN-Multiplikator 100

Schwefel ist in der Erdrinde mit etwa 0,1% enthalten, in elementarer Form in vulkanischen und sedimentären Ablagerungen, in chemischen Bindungen, z. B. in den Sulfaten Gips und Schwerspat, sowie den Sulfiden Schwefelkies, Zinkblende und Bleiglanz. Schwefel macht den Stahl spröde und rotbrüchig und ist somit schädlich. Gehalte von höchstens 0,025–0,030% sind zugelassen. Eine Ausnahme machen die Automatenstähle, denen der Schwefel bis zu 0,3% absichtlich zugesetzt wird; durch seine Eigenschaften wird der Span spröde, springt ab und dadurch können höhere Schnittgeschwindigkeiten gefahren werden.

Schweissen

Vereinigung von metallischen Werkstückteilen oder ähnlichen Werkstoffen unter Zuführung von Wärme, derart, dass die Verbindungsstelle mit den anschliessenden Teilen ein möglichst gleichwertiges Ganzes bildet.

Man unterscheidet Widerstandschweissverfahren (→ Punktschweissung, → Stumpfschweissung) und Schmelzschweiss-Verfahren (→ Gasschweissung, → Autogen Schweissen, → elektrische Lichtbogenschweissung).

«Sekundärer» Zementit

ist die Bezeichnung für den aus den γ -Mischkristallen (Austenit) abgeschiedenen Zementit.

Sekundärhärte

ist die Härte, die sich aus dem zweiten Anlassbereich (Sekundärhärtebereich)

ergibt. Bei hochlegierten Werkzeugstählen liegt die Anlasstemperatur bei 480–550 °C. Im Sekundärhärtebereich angelassenes Härtegut weist eine erhöhte Zähigkeit auf. Teile, die anschließend noch nitriert werden, müssen ebenfalls im Sekundärhärtebereich angelassen werden.

Shorehärte

ist das Mass für die Härte von elastischen Stoffen (z. B. Gummi).

Die Härte wird mit dem Durometer gemessen.

Siedepunkt (Kondensationspunkt)

ist die Temperatur, bei der die flüssige und die dampfförmige Form (Phase) eines Stoffes bei 1 Pa nebeneinander beständig sind.

Siemens-Martin (SM)-Stahl

wird benannt nach seinem Erfinder Pierre *Martin*, französischer Gewehrfabrikant (1824–1915), der 1864 den basischen Herdofenprozess zur Stahlbereitung erfand, und dem in England lebenden Wilhelm *Siemens* (1823–1883), der das Verfahren weiterentwickelte.

Beim Siemens-Martin-Verfahren geht das Frische des Roheisens und des eingesetzten Schrotts in einem Herdofen vor sich. Die Ausmauerung des Ofens kann wie beim Konverter entweder «sauer» oder «basisch» sein, entsprechend dem → Bessemer- oder Thomas-Stahl-Verfahren. Aus den kleinsten Öfen wird etwa 1 t Stahl abgegossen, während in neuerer Zeit Öfen mit einem Fassungsvermögen von 200 und mehr t in Betrieb genommen worden sind. In die Herdmulde wird entweder Roheisen in flüssigem oder festem Zustand, und Erz oder Roheisen und Schrott oder auch Schrott und Petrolkoks eingebracht. Der Ofen wird mit einem Gemisch von Gas und Luft geheizt. Die bei der Verbrennung entstehenden Gase streichen von der einen Ofenlängsseite über das Bad zur andern und ziehen in die auf dieser Seite liegen-

den beiden Vorwärmkammern und die Esse ab. In bestimmten Zeitabständen wird die Flammenführung geändert, und zwar derart, dass Verbrennungsluft und -gas nun von der andern Seite vor dem Eintritt in den Ofen durch das heisse Mauerwerk der Vorwärmkammern strömen und sich dabei auf über 1'000 °C vorwärmen. Der Inhalt des Ofens wird so lange erhitzt, bis sämtliche im Bad enthaltenen unerwünschten Beimengungen durch Sauerstoffzusatz oxydiert bzw. durch Zuschläge von Kalk usw. verschlackt sind.

Nach Abscheidung der schädlichen Begleitelemente werden auch im SM-Ofen Ferrolegerungen oder sonstige Legierungselemente eingesetzt. Schliesslich wird der Stahl durch das in der Herdmulde angebrachte Stichloch abgestochen und vergossen. Von besonderer Bedeutung für das Verfahren ist der Umstand, dass auch Stahlschrott in beliebig hohem Prozentsatz zur Gesamtbeschickung in den SM-Ofen eingesetzt werden kann. → Stahlerzeugung.

SM-Stahl wird hauptsächlich zu Maschinenbau- und Konstruktionsstahl weiterverarbeitet.

Silberstahl

ist ein blankgezogener, geschliffener und/oder polierter Präzisionsrundstahl. Er wird meistens in den Toleranzen h8 oder h9, und abgestuft von 1/10 zu 1/10 mm bis Ø 40 mm geliefert.

Silizium / Symbol: Si / Schmelzpunkt: 1'414 °C, DIN-Multiplikator 4

Si ist gleich dem Mangan in jedem Stahl enthalten, da schon die Eisenerze je nach ihrer Zusammensetzung eine entsprechende Menge davon mitbringen. Auch bei der Stahlherstellung selbst wird von den feuerfesten Ofenauskleidungen her Silizium in die Schmelze aufgenommen. Aber erst solche Stähle werden Siliziumstähle genannt, die einen Si-Gehalt von mehr als 0,40% besitzen. Si ist kein Metall, sondern ein sog. Metalloid, wie es z. B. auch Phosphor und Schwefel sind. Sili-

zium erhöht Festigkeit und Dichtigkeit, besonders bei Stahlguss; die Dehnung wird nur wenig beeinflusst, die Zugfestigkeit wird um etwa 100 N/mm^2 je 1% Si erhöht, die Streckgrenze in ähnlicher Weise. Si erhöht massgebend die Zunderbeständigkeit bei hitzebeständigen Stählen. Silizium macht den Stahl bei höheren Gehalten grobkörnig; mit hohem Si-Gehalt (12%) ist der Stahl widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse, aber nicht mehr schmiedbar.

Silizieren

Thermochemische Behandlung zur Anreicherung der Randschicht eines Werkzeuges mit Silizium.

Sintern

Sintern ist ein Glühen (Temp. unter der Schmelztemperatur des Pulverwerkstoffes) von gepressten Metallpulvern, bei dem durch Diffusion und Rekristallisation ein zusammenhängendes Gefüge entsteht.

S-Kurve

zeigt an, nach wieviel Zeit der unterkühlte Austenit in die der Temperatur entsprechenden Gefüge (Perlit, Troostit, Bainit) zerfällt. Ausführliche Erklärung in unserer Broschüre «Stahl elementar gesehen».

Soliduslinie

ist die graphische Darstellung aller Temperaturen in einem System, bei denen bei Abkühlung der Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand beendet ist oder bei Erhitzung der Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand beginnt.

Sonderweichstahl

sind besonders kohlenstoffarme Stähle, sehr zäh, rostträger als gewöhnlicher Stahl und mit starker magnetischer Sättigung mit 0,05% C. Ausserdem sind sie praktisch remanenzfrei, d.h. nach Aufhören der magnetisierenden Feldstärke sind sie unmagnetisch (keine Remanenz).

Sorbit

ist eine eigene Bezeichnung für feinst lamellaren, fast strukturlosen Perlit. Bildet sich in allen Stählen durch Abschrecken mit etwas geringerer Geschwindigkeit als für Troostit nötig oder durch Anlassen von Martensit auf über 400°C . Anlassorbit.

Spanbildung

Abheben von Spänen mit dem Ziel einer Formgebung. Man unterscheidet: Reisspan, der durch Aufreissen, d.h. Überwindung von Normalspannungen entsteht, Scherspan dagegen entsteht durch Schervorgänge, d.h. durch Überwindung von Scherspannungen. Ist der Schervorgang kontinuierlich, spricht man von Fließspan. Spanabhebend bearbeitete Werkstücke sind vor dem Härten spannungsfrei zu glühen. → Glühen.

Spannungsarmglühen → Glühen

Spektralanalyse

Jeder Stoff sendet in leuchtendem Zustand (glühend) Licht aus, dessen Wellenlänge für jedes Element kennzeichnend ist. Das von der Probe erzeugte Funkenspektrum wird in Spektrographen fotografiert. Aus den einzelnen Linien und deren Intensität kann die qualitative und quantitative Analyse abgelesen werden.

Spezifisches Gewicht

ist das Gewicht der Volumeneinheit (z. B. kg je dm^3 oder g je cm^3).

Spezifisches Volumen

ist das Volumen der Gewichtseinheit. Das spezifische Volumen ist der reziproke Wert des spezifischen Gewichtes (z. B. $\text{cm}^3 \text{ je g}$ oder $\text{dm}^3 \text{ je kg}$).

Spitzenlos Schleifen

(Centerless-Schleifen)

Das Werkstück wird zwischen zwei gegeneinander laufenden Scheiben (Schleif- und Vorschubscheibe) geschliffen.

Sprödigkeit

Brüchigkeit, ungenügende Zähigkeit, sind zurückzuführen auf

- a) falsche Wärmebehandlung (Überhitzung, ungenügendes Anlassen nach dem Härten), → Wärmebehandlung
- b) die Wahl eines zu harten Werkstoffes
- c) Beanspruchung bei tiefen Temperaturen
- d) zu starke Kaltverformung
- e) Grobkornbildung
- f) Karbidsprödigkeit infolge Ausscheidungen von Karbiden an den Korngrenzen (korrosionsfeste Stähle)
- g) Alterungssprödigkeit, Anlasssprödigkeit, Beizsprödigkeit.

SS-Normen = schwedische Norm

Stabstahl

sind runde oder drei-, vier-, sechs- oder achtkantige Stangen, die ohne weitere Warmverformung zu Werkzeugen und

anderen Fertigteilen verarbeitet werden können. Stabstahl kann gewalzt, geschmiedet, gezogen oder geschliffen ausgeführt sein. Stahlstangen mit anderen als den erwähnten Querschnitten nennt man Profilstahl.

Stahl

ist eine ohne Nachbehandlung schmied-, press- oder walzbare Legierung von Eisen und Kohlenstoff bis etwa 1,7% – wobei gewisse Ausnahmen möglich sind, z.B. 1.2436 (C = 2%), die man härten kann, wobei jedoch ein Teil des Kohlenstoffs in sog. Primärkarbiden an Chrom gebunden ist – und nach Bedarf bemessenen Beimengungen von Mangan, Silizium, Phosphor, Schwefel und fallweise auch noch anderen Stoffen. Der Kohlenstoffgehalt beeinflusst weitgehend die Festigkeitseigenschaften und Härbarkeit.

Die Euronorm 20–60 unterteilt die Stähle nach ihrer Zusammensetzung in drei Gruppen:

- a) unlegierte Stähle
- b) niedriglegierte Stähle
- c) legierte Stähle

Die Grenzen zwischen den drei Stahlgruppen sind folgende:

Legierungselemente	Unlegierte Stähle	Niedriglegierte Stähle	Legierte Stähle
	Gehalt in % kleiner als	Gehalt in %	Gehalt in % min.
Aluminium	0,3	–	0,3
Bor	–	–	Spuren
Kobalt	0,2	0,2 –0,29	0,3
Chrom	0,3	0,3 –0,49	0,5
Kupfer	0,4	–	0,4
Mangan und Silizium	1,5	1,5 –2,99	3,0
Molybdän	0,05	0,05–0,09	0,1
Nickel	0,30	0,3 –0,49	0,5
Blei	0,40	–	0,4
Vanadium	0,05	0,05–0,09	0,1
Wolfram	0,2	0,2 –0,29	0,3
Andere ¹⁾	0,1	–	0,1

¹⁾ Jedes Element für sich einzeln genommen, ausser Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel.

Stahlauswahl

Die Materialkosten betragen in der Regel nur einen Bruchteil der Gesamtkosten eines Werkzeuges. Die Wirtschaftlichkeit eines aus bestgeeignetem Stahl gefertigten Werkzeuges kann, bei sachgemässer, richtiger → Wärmebehandlung, ein mehrfaches des aus geringwertigem Material hergestellten Werkzeuges ausmachen. Die höheren Materialkosten fallen dann im Hinblick auf die erzielbare höhere Leistung nicht ins Gewicht.

Stähle für hohe Temperaturen

Die austenitischen Stähle besitzen eine hohe Warmfestigkeit, so dass sie auch für Apparate mit Betriebstemperaturen bis etwa 700 °C geeignet sind. Man sollte allerdings über 400 °C grundsätzlich Stähle mit möglichst niedrigem Kohlenstoffgehalt (z. B. W.Nr. 1.4301) vorziehen, da diese auch bei einer langdauernden Erwärmung auf eine höhere Temperatur noch nicht zu einer Veränderung ihres Gefüges neigen, welche die Korrosionsbeständigkeit herabsetzen könnte.

Stähle, legierte

sind Eisen-Kohlenstofflegierungen mit Zusätzen von ein, zwei oder mehreren Legierungselementen, die dem Stahl jeweils besondere Eigenschaften geben.

Stahlerzeugung

Die Umwandlung des → Roheisens in Stahl besteht im Wesentlichen im Entzug des Kohlenstoffes sowie der Begleitelemente Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, und zwar durch Oxydation unter Zuhilfenahme des Luftsauerstoffes oder des im Erz enthaltenen oder reinen Sauerstoffes. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Frischen*. Bei Sonderstählen setzt man anschliessend die erforderlichen Legierungselemente wie Chrom, Nickel, Mangan oder Molybdän usw. zu. Stahl in der Hauptsache wird nach folgenden Verfahren hergestellt:

1. → *Bessemer- oder Thomas-Verfahren*, bei welchen Luft durch flüssiges Roheisen geblasen wird (Windfrischen), wobei einerseits Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor ganz oder teilweise verbrennen, andererseits der Stahl kleine, aber wirksame Mengen an Stickstoff und Sauerstoff aufnimmt.

2. → *Siemens-Martin-Verfahren*, bei dem dagegen ein aus Alteisen (Schrott) und wechselnden Anteilen an Roheisen bestehender Einsatz zunächst mit Schlackenbildnern eingeschmolzen und dann durch Reaktion zwischen Flammgasen und Schlacke einerseits sowie der Schlacke und des flüssigen Metalls andererseits, von unerwünschten Bestandteilen befreit wird. Der für die Eigenschaften des Stahles wesentlichste Unterschied dieser beiden Verfahren liegt darin, dass beim Bessemer- und Thomas-Verfahren das flüssige Metall in unmittelbare Berührung mit der durchgeblasenen Luft kommt, während beim Siemens-Martin-Herdofen die Verbrennungsgase auf dem Umweg über die Schlacke auf das flüssige Metall einwirken.

3. LD-Verfahren

ist ein Sauerstoff-Frischen, wobei reiner Sauerstoff mittels einer Lanze von oben auf das Bad geblasen wird im Gegensatz zum Bessemer- oder Thomas-Verfahren, wo der Wind von unten in das Bad eingeblasen wird (von den Stahlwerken Linz + Donawitz und Prof. Durrer entwickeltes System des Frischens mit reinem Sauerstoff).

4. Kaldo-Verfahren

entspr. LD, entwickelt von Prof. Kalling, zusammen mit Domnarvet. *Schräg gestellter, rotierender Konverter, auf dessen Badoberfläche reiner Sauerstoff geblasen wird.*

5. Elektrostahl-Verfahren – Elektrostahl

Bei der Herstellung von Elektrostahl handelt es sich weitgehend darum, unlegierten oder legierten Schrott mit

oder ohne Roheisenzusatz zu schmelzen und in einen besonders reinen hochwertigen Stahl umzuwandeln. Man kann auch flüssigen Thomas- oder flüssigen SM-Stahl in einem Elektro-Ofen verfeinern, um aus diesem Einsatz hochwertiger Edeldstahlgüten zu erzeugen. In diesem Fall spricht man von Duplex-Verfahren.

a) Der indirekte Lichtbogen-Ofen überträgt die Wärme durch die Strahlung eines Lichtbogens auf das Schmelzgut. Der Lichtbogen wird zwischen waagrecht oder leicht schräg angeordneten Kohle-Elektroden erzeugt.

b) Der direkte Lichtbogen-Ofen bildet Lichtbögen zwischen dem Schmelzgut und den Elektroden, wobei diese über dem Schmelzgut angeordnet sind und der Lichtbogen in einer Gasatmosphäre brennt.

c) Der *Induktionsofen* beruht auf dem Prinzip, durch ein magnetisches Kraftfeld Ströme von einem primären auf einen geschlossenen sekundären Stromkreis zu übertragen. Im Ofen wird wie bei einem Transformator, im Sekundärkreis (Schmelzbad) ein Strom erzeugt und zur Aufheizung des Metallbades benutzt.

d) Der *Hochfrequenzofen* ist ein Induktionsofen ohne Eisenkern. Er besteht im Wesentlichen aus einer Zylinderspule, in die ein Tiegel mit der zu schmelzenden Masse eingesetzt ist. Durch das elektromagnetische Kraftfeld der Spule wird ein Strom in der Schmelzmasse des Tiegels induziert und die dabei absorbierte elektrische Energie in Wärme umgewandelt.

e) Elektro Schlacken Umschmelzen → ESU

f) → AESA-STORA-Verfahren (ASP).

Stahl-Weiterverarbeitung

Der im Stahlwerk (Bessemer- oder Thomas-Stahl, Siemens-Martin-Stahl, Elek-

trostahl) zu Blöcken abgegossene Rohstahl kann auf die verschiedenste Weise weiterverarbeitet werden. In vielen Fällen werden die Rohblöcke entweder kalt oder auch noch glühend an das Hammerwerk oder Presswerk zur Weiterverformung gegeben → Schmieden. Auch dem Walzwerk werden, wenn möglich, noch glühend heiße Blöcke zur Verarbeitung angeliefert. Bevor jedoch der Stahl weiterverschmiedet oder gewalzt wird, müssen die Blöcke nochmals gut und durchgreifend auf etwa 1'200 °C angewärmt werden, und zwar in sog. Tieföfen.

Im Hammerwerk werden unter Hämmern und Pressen entweder Maschinenteile, Kurbelwellen, Zahnstangen und Wellen oder auch Stabmaterial und Gesenkschmiedestücke hergestellt. Im Walzwerk wird auf der Blockstrasse aus dem vom Stahlwerk überwiesenen Blöcken zuerst Vormaterial für das Hammerwerk oder die Walzstrasse in Form von Halbzeug, Knüppeln und Platinen ausgewalzt. Im weiteren Verarbeitungsverlauf erfolgt an den einzelnen Walzstrassen die Auswalzung auf Form- und Stabstahl, zu Blechen oder Draht.

Ein Walzwerk besteht aus zwei übereinanderliegenden Walzen, die mit ihren Zapfen in den Lagern von zwei Walzenständern ruhen. Die Walzen werden durch die Antriebsmaschine in gegenläufige Umdrehung versetzt, so dass sie einen Körper, der an sie herangeschoben wird, erfassen und, wenn er dicker ist als der freie Raum zwischen Ober- und Unterwalzen, drücken und strecken. Sind in die Walzen Höhlungen und Furchen eingedreht, die man Kaliber nennt, dann wird der nachgiebige Körper gezwungen, die Form dieser Kaliber anzunehmen und kommt in anderer Gestalt aus den Walzen heraus als er hineingegangen ist.

Es ist klar, dass der etwa 500 mm dicke Anfangsblock nicht in einem einzigen Walzwerk, z.B. bis auf Draht von

5 mm Dicke heruntergewalzt werden kann. Man braucht dazu verschiedene Walzwerkanlagen, für die das Block- oder Knüppelwalzwerk nur die Vorarbeit besorgt. Zum Walzen von Blechen braucht man flache Blöcke, die sogenannten Brammen, die entweder aus Blöcken mit quadratischem oder aus Blöcken mit rechteckigem Querschnitt, den Brammenblöcken, gewalzt werden. Die Anwärmung und auch die Abkühlung nach dem Walzen hat besonders bei den → Edelmetallen sorgfältig zu erfolgen, da sonst die Stähle sehr leicht Schaden nehmen könnten.

Ebenso werden Edelmetallblöcke vor dem Walzen durch Überdrehen oder Hobeln von Oberflächenfehlern befreit. Um eine gleichmässige Güte der Erzeugnisse zu gewährleisten, sind in jedem einzelnen Fabrikationsgang mehrere Kontrollen in Form von Temperatur- und Zeitmessungen sowie Schlift-, Ätz- und Bruchprüfungen eingeschaltet. Mancher Stabstahl wird nach dem Walzen noch gezogen, um auf diese Weise eine möglichst blanke und saubere Oberfläche zu erzielen. Drähte werden auf die gleiche Weise hergestellt, wobei durchweg von der Abmessung Ø 5 mm ausgegangen wird, als der wirtschaftlich günstigen technischen Abmessung, die noch warm gewalzt werden kann. Werden von den Stählen besondere Festigkeitswerte verlangt, wird der Stahl noch zusätzlich einer Wärmebehandlung, entweder Glühung oder Vergütung, unterzogen. Vor Versand wird das Material nochmals gründlich geprüft. Die Oberfläche wird auf Rissfreiheit untersucht, das Bruchgefüge wird kontrolliert. Anhand von Festigkeitsuntersuchungen überzeugt man sich, ob die vorgeschriebenen Werte eingehalten sind. Mit der Schmelznummer und Markenbezeichnung versehen, verlässt endlich das Material das Werk.

Stahlschlüssel

Nachschlagwerk mit Zuordnung von Markenbezeichnungen zu den entsprechenden Werkstoffnummern.

Stauchen

Beim Stauchen wird die auf Schmiedetemperatur erwärmte Stelle des Werkstückes einer Querschnittsvergrößerung unterworfen, wobei die Länge gleichzeitig verkürzt wird.

Stellite

gegossene, leicht schmelzbare Mehrstofflegierungen. Haben für Schneidwerkzeuge seit dem Aufkommen der gesinterten Hartmetalle viel von ihrer Bedeutung eingebüsst. Finden dagegen Verwendung für Auftropfschweissung von Partien, die auf Verschleiss und Korrosion in der Wärme beansprucht sind.

Stickstoff / Symbol: N / Schmelzpunkt: 210 °C, DIN-Multiplikator 100

Der Stickstoff kann als Stahlschädling, wie auch als Legierungselement in Erscheinung treten. Er macht den Stahl hart und spröde. Stickstoff wird in rost- und säure- sowie hitzebeständigen Stählen als Legierungselement in Form von stickstoffhaltigem Ferrochrom bewusst zugesetzt, er erweitert das Gebiet des Austenits und macht Stähle, die auf Grund ihrer sonstigen Legierung ferritisch wären, wieder umwandlungsfähig. N verbessert die Vergütbarkeit halbferritischer Stähle und erhöht in austenitischen Stählen die Beständigkeit dieser Gefügeart. Eine weitere beabsichtigte Einführung von Stickstoff in Stahl, und zwar durch Diffusion, erfolgt beim Nitrieren, welches die Erzielung einer hohen Oberflächenhärte bezweckt.

Stirnabschreckprobe nach Jominy

dient zur Prüfung von Stählen auf den Härte-Tief-Verlauf nach dem Abschrecken. Ein normalgeglühter Rundstab von 25 mm Durchmesser und 100 mm Länge wird auf Härtetemperatur gebracht und an einer Stirnfläche bis zum völligen Erkalten abgeschreckt. Entlang einer Mantellinie wird dann die Härte bestimmt und die Härteverlaufskurve stellt ein Mass des Durchhärtevermögens des betreffenden Stahles dar.

Strangguss

ist ein Teil des Metallurgentraumes, flüssigen Stahl ohne den Umweg über den Blockguss weitgehend in die endgültige Gebrauchsform zu bringen, um den Arbeitsaufwand für die noch notwendige Formgebung gering zu halten. Stark vereinfacht heisst das, dass flüssiger Stahl in eine wassergekühlte Kokille eingegossen wird. Dort verfestigt er sich so weit, durch Bildung einer festen Kruste um den noch flüssigen Kern, dass der Strang abgezogen werden kann, während kontinuierlich weiter flüssiges Material nachfließt, erstarrt und abgezogen wird. Der Zufluss von flüssigem Stahl und die Absenkgeschwindigkeit müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass kein Hängenbleiben des Stranges in der Kokille und kein Aufreißen der festen Stahlkruste erfolgen kann.

Wenn der Stahlstrang die 1–2 m hohe Kokille verlässt, hat die feste Schale eine Dicke von etwa 2–3 cm. Zwecks vollständiger Erstarrung muss der Strang eine Kühlstrecke durchlaufen. Dann werden durch Schneidbrenner die als Vormaterial für die Walz- oder Presswerke und Schmieden gewünschten Längen geschnitten.

Streckgrenze (ReS)

ist bei scharfer Ausprägung die Spannung, bei der trotz zunehmender Formänderung die Kraftanzeige der Prüfmaschine erstmalig unverändert bleibt oder zurückgeht. Ist die Streckgrenze nicht scharf ausgeprägt, so bestimmt man an ihrer Stelle die Spannung, die 0,2% bleibende Dehnung erzeugt, als die 0,2-Grenze (Dehngrenze). → Festigkeit.

Struktur → Gefüge

**Stumpfschweissen /
Abbrennstumpfschweissen**

Die Schweisstteile (meistens gleichförmige Querschnitte) werden in die Stumpfschweisemaschine eingespannt. Durch wiederholtes Berühren und Trennen der Teile unter Strom bilden

sich immer mehr Einzellichtbögen am Schweissquerschnitt. Beim Erreichen der Schweisstemperatur schaltet der Strom ab und die Teile werden schlagartig zusammengepresst und damit verschweisst. Mit diesem Verfahren werden z. B. Eisenbahnschienen verschweisst.

Sulfonitrocarburieren

Thermochemisches Behandeln zum Anreichern der Randschicht eines Werkstückes mit Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff.

Tantal

Chem. Element (Ta), spez. Gewicht 16,6 kg/mm³

Schmelzpunkt 29'910 °C, DIN-Multiplikator 10

Tantal und Niob werden vorwiegend als Stabilisatoren in austenitischen und korrosionsbeständigen Stählen verwendet.

Temperaturmessung

Um die für die einzelnen Stahlmarken vorgeschriebenen Behandlungstemperaturen einhalten zu können, genügt die blosse Schätzung mit dem Auge nicht mehr. Man verwendet heute mehrheitlich Thermoelemente. Thermoelemente sollten regelmässig mittels einer Kontrollmessung überprüft werden.

Temperguss

Der weisse Temperguss sowie der schwarze Temperguss sind Eisenlegierungen, die im Rohzustand graphitfrei, nicht schmiedbar und kaum bearbeitbar sind. Durch eine Wärmebehandlung erhält der Temperguss seine Bearbeitbarkeit und Zähigkeit.

Tempern

Glühen von weissem Gusseisen zwecks Zementitzerfalls bei Temperaturen oberhalb A_{c1} .

Tenifer-Verfahren

Unter Tenifer-Verfahren versteht man eine Salzbad- → Nitrierung in einem aussenbeheizten Tiegelofen geringerer Wärmekapazität, der mit Titanblech ausgekleidet ist. Zwei giftfreie Salze werden unter Luftzuführung als Salzschmelze zur Stickstoffabgabe in die Werkstückoberfläche benutzt. Die Nitriertemperatur liegt meistens um 570 bis 580 °C.

Als Werkstoffe kommen alle Eisenlegierungen, insbesondere unlegierte untereutektoide Stähle und niedriglegierte Stähle wie z. B. Einsatz- und Vergütungsstähle in Betracht. Die dabei auftretenden Eisennitridausscheidungen bewirken eine gewisse Härtesteigerung. Für Schnellstähle soll die Nitrierdauer einige

Minuten nicht überschreiten, da sonst die Nitrierschichten zu dick und spröde werden, so dass die Standzeiten nicht verbessert werden.

TGL-Normen = ehemalige ostdeutsche Normenbezeichnungen

Thomas-Stahl

seit 1878 ein nach dem Thomas-Verfahren aus phosphorhaltigem, siliziumarmem Roheisen unter Zugabe von Kalk in einer mit basischer Ausfütterung versehenen Birne unter Ausscheidung des Phosphors gewonnener Stahl. → Bessemer- oder Thomas-Stahl.

Tiefenhärtbarkeit

Die Härtungtiefe ist umso grösser, je leichter sich die Gefügeumwandlung bis zu Temperaturen der Martensitbildung unterdrücken lässt, d.h. je kleiner die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit ist. Die kritische Abkühlgeschwindigkeit hängt ab von der Legierung, der Art der Erschmelzung und der Vorbehandlung. Damit sind die Wege gezeigt, die es ermöglichen, die Härtungtiefe im Stahl zu regeln.

Tiefkühlen

Tiefkühlen ist ein Verfahren, das sofort nach dem Abschrecken aus der Härtetemperatur angewendet wird. Diese Nachbehandlung findet bei Temperaturen zwischen minus 190–60 °C statt, mit dem Ziel, den Restaustenitanteil im gehärteten Stahl zu verringern oder gar aufzuheben. Restaustenit ist instabil und wandelt sich bei Raumtemperatur in Martensit um. Bei dieser Umwandlung nimmt das Volumen zu (Martensit hat das grössere Volumen als Austenit) und kann bei Präzisionsteilen zu Schäden führen.

Tieftemperaturen

Unlegierte Stähle und reine Chromstähle verlieren ihre Zähigkeit mehr oder weniger schnell, wenn Temperaturen unter 0 °C vorliegen. Dagegen behalten austenitische Chrom-Nickel-Stähle und

Chrom-Mangan-Stähle ihre hohe Zähigkeit. Selbst bei minus 195 °C bleibt die Kerbzähigkeit z. B. der Qualität 1.4301 unvermindert, die Zugfestigkeit ist dann beträchtlich angestiegen, von etwa 600 auf 1'700 N/mm², während die Streckgrenze sich von etwa 350 auf 500 N/mm² erhöht. Bruchdehnung und Bruch-einschnürung fallen um etwa die Hälfte ihrer Werte bei Raumtemperatur.

Tiefziehen

Der Tiefziehvorgang ist eine spanlose Blechumformung, bei der das ebene Blech durch Dehnen und Stauchen zu einem Hohlkörper verformt wird. Dieser Vorgang hat hinsichtlich des Werkstoffverhaltens manches mit den Arbeiten gemeinsam, wie sie in der Blechverarbeitung, z. B. beim Abkanten, Falzen, Bördeln usw. üblich sind. Die Kaltverfestigung, die beim Ziehen auftritt, ist bei den korrosionsfesten Stählen wesentlich höher als bei Tiefziehblech, Kupfer, Leichtmetall usw. Hierdurch wird eine grössere Zahl von Zwischenglühungen notwendig.

Die Kaltverfestigung ist wesentlich geringer, wenn bei etwas erhöhter Temperatur verformt werden kann (etwa 200 bis 300 °C). Die starke Erwärmung des Bleches während der Verformung ist wohl auch der Grund dafür, dass sich austenitische Bleche so gut nach dem Streckplanierv erfahren (→ Drücken) verarbeiten lassen. Die Frage, wann ein 18/8-Blech so stark verfestigt ist, dass eine → Wärmebehandlung erfolgen muss, ist sehr schwer zu beantworten. Im allgemeinen wird man alle Teile, die mehr als 1% verformt sind, glühen müssen.

Bei den ferritischen Chrom-Stählen kann, ebenso wie bei Tiefziehblechen, während des Glühens → Rekristallisation und → Grobkornbildung eintreten.

Das günstigste Verhältnis muss, wie bei allen Werkstoffen, für die jeweiligen Teile und Blechstärken erprobt werden. Die Ziehgeschwindigkeit soll bei den 18/8-Blechen geringer sein als bei Tiefziehblechen. Ein gleichmässiges Ziehen

ist von grossem Vorteil, da dann das Fliesen im Werkstoff wesentlich leichter vor sich geht.

Für die Werkzeuge verwende man beste Stähle. Ziehwerkzeuge aus Gusseisen können nur für Vorversuche herangezogen werden, da sehr leicht ein Fressen eintritt. Bei günstiger Ziehkantenrundung, bester Politur der Kanten und der Flächen auf Niederhalter und Ziehring, wird man eine hohe Haltbarkeit der Werkzeuge erreichen. Ein Hartverchromen oder Nitrieren der am stärksten auf Reibung beanspruchten Werkstoffstellen lohnt sich stets.

Ein wesentlicher Faktor beim Tiefziehen ist das geeignete Schmiermittel. Dies gilt besonders für grössere Ziehdurchmesser und stärkere Verformungen.

Tiefziehlack

wird verwendet zur Vermeidung mechanischer Fehler beim Tiefziehen und zur Erleichterung des Tiefziehvorganges.

Tiefziehpressen

Zum Ziehen von Teilen aus nichtrostendem Stahl eignen sich am besten hydraulische Pressen, da diese einen gleichmässigen, langsamen Tiefziehvorgang ermöglichen.

Tiegelstahl

im Tiegel durch Umschmelzen von Rohstahl von der eingeschlossenen Schlacke geläuterter Stahl (Tiegelreaktion).

1740 gelang in England dem Uhrmacher Benjamin Huntsmann die Erfindung des Tiegelstahles. Er steckte den damals üblichen Zementstahl in verschliessbare Tontiegel, die er in einem Kohlenherd auf so hohe Temperatur brachte, dass der Stahl im Tiegel schmolz und ausgegossen werden konnte. Es trat also zum ersten Mal in der Geschichte des Stahles flüssiger Stahl auf, weshalb das Produkt den Namen Tiegelstahl oder Gussstahl erhielt. Huntsmann hatte also das Wichtigste begriffen: Nur die Hitze der Flamme durfte den Stahl erreichen, nicht die brennende Kohle selbst, sonst

fand eine weitere Anreicherung des Eisens mit Kohlenstoff und Schwefel statt. Heute noch werden einige wenige spezielle Werkzeugstahlsorten im Tiegelstahlverfahren erschmolzen. Die → Elektrostahlerzeugung kann als eine neuzeitliche Art der Tiegelstahlerzeugung angesehen werden, da beiden Verfahren die Verarbeitung bester Rohstoffe und die Bewahrung des flüssigen Stahles vor der Beeinflussung durch schädliche Heizgase gemeinsam ist.

Titan / Symbol: Ti / Schmelzpunkt: 1800 °C, DIN-Multiplikator 10

Titan, ein sehr hartes Metall, ist ein starker Karbidbildner und wird als Legierungselement vorwiegend in austenitischen, korrosionsbeständigen Stählen als Stabilisator verwendet. Titan neigt stark zu Seigerungen und Zeilenbildung.

Toleranzen

zulässige Abweichung vom vorgeschriebenen Mass.

Torsion (Verdrehung)

Wird ein Stab auf Torsion (Verdrehung) beansprucht, so entsteht eine Schubspannung τ .

Drehmoment M (N/cm) = Widerstandsmoment W_t (cm³) x Schubspannung (N/cm²)

Troostit

nennt man das mikroskopisch kaum auflösbare feinstreifige perlitische Gefüge. Der Troostit liegt vielfach in rosettenartiger Form im Gefüge vor.

TTT-Diagramm → ZTU-Schaubild

U = DIN-Kennzeichen für Unbehandelt

Übereutektoide Stähle

sind solche mit mehr als 0,9% C.

Überhärtung → Härtefehler

Überhitzung → Härtefehler (Grobkornbildung)

Überhitzungsempfindlichkeit

Bei Kohlenstoffstählen ist sie umso grösser, je grobkörniger der Stahl ist. (Hängt ab vom Schmelzverfahren und der Art der Desoxydation.) Andererseits ist die Härtetiefe umso grösser, je grobkörniger der Stahl ist. Mangan erhöht die Überhitzungsempfindlichkeit, Vanadin verringert sie stark.

Überkohlung

Ein Randkohlenstoffgehalt, der der Aufkohlen den vorgeschriebenen Wert übersteigt.

Überzeiten

Zu langes Halten auf der vorgeschriebenen Härtetemperatur, bis eine unerwünschte Kornvergrößerung eintritt.

Überwalzung

Überwalzungen (Werkstofffehler) treten bei der Warmformgebung als Oberflächenfehler dann auf, wenn z. B. bei grossen Verformungsgraden das Material zungenförmig übereinandergeschoben wird – oder wenn Zunder in die Oberfläche eingewalzt wird.

Ultraschallprüfung oder Überschall-Wellen-Prüfung

Ultraschallwellen von genügend hoher Frequenz (0,5 MHz) breiten sich unter verhältnismässig geringer Absorption praktisch geradlinig im Stahl aus, sie werden aber bei jedem Übergang in ein Medium mit abweichendem Schallwiderstand (Einschlüsse) teilweise reflektiert. Diese Eigenschaften machen die Ultraschall-Untersuchung besonders für die Prüfung von grossen Stücken geeignet.

Umkristallisation (isotherme)

Umkristallisation bei konstanter Temperatur, d. h. Umwandlung des unterkühlten Austenits in Perlit, Troostit, Zwischenstufengefüge, je nach Umwandlungstemperatur. Genaue Beschreibung in «Stahl, elementar gesehen».

Umwandlungspunkt

Die Temperatur (im Eisenkohlenstoffdiagramm: der Punkt) bei der sich bei der Erwärmung bzw. Abkühlung des Stahles Umkristallisationen vollziehen.

Unberuhigter Stahl

Um Seigerungen im Stahl zu reduzieren, kann er mit Silizium oder Aluminium desoxydiert werden (beruhigter Stahl). Diese Beruhigungsmittel erniedrigen aber die anwendbaren Schnittgeschwindigkeiten. Um besonders gute Verarbeitbarkeit (hohe Schnittgeschwindigkeiten) zu erreichen, verzichtet man bei gewissen Qualitäten (Automatenstähle) auf diese Beruhigung. Man spricht dann von unberuhigten Stählen.

UNE-Normen = spanische Normenbezeichnung

UNI-Normen = italienische Normen

Unmagnetische Stähle → antimagnetischer Stahl

Unterbrochene Härtung → gebrochene Härtung

Untereutektoide Stähle

sind solche mit weniger als 0,9% C.

Unterscheidungsmethoden

Heute wird die Analyse von Stählen mit einer Spektralanalyse ermittelt. Die aufgeführten Schnellprüfungs-Methoden sollen zeigen, wie Stähle in früheren Zeiten unterschieden wurden:

Um Verwechslungen zwischen Qualitäten feststellen zu können bzw. um solche mit Sicherheit zu vermeiden, muss man gelegentlich die Chrom-Stähle von den Chrom-Nickel-Stählen schnell

unterscheiden können. Innerhalb der Chrom-Nickel-Stähle müssen noch die molybdänhaltigen Marken von den 18/8-Qualitäten getrennt werden. Dies ist insbesondere beim Zusammenbau von Apparaturen aus vielen Einzelteilen erforderlich, denn der Ausfall eines Teiles gefährdet die Betriebssicherheit der ganzen Anlage.

A. Bestimmung der Chrom-Stähle

Die Stähle der ferritischen und martensitischen Gruppe sind magnetisierbar, sie werden von einem Magneten angezogen.

Die rostsicheren Stähle sind von den unlegierten Qualitäten durch die Kupfer-Sulphat-Prüfung zu trennen. Bringt man nämlich einen Tropfen Kupfersulphat auf den entfetteten und geschmirgelten Stahl, so scheidet sich auf unlegierten Qualitäten ein Kupferniederschlag ab, auf rostsicheren Stählen dagegen nicht.

B. Bestimmung der Chrom-Nickel-Stähle

Die Stähle dieser Gruppe sind praktisch nicht magnetisierbar, sie werden von einem Magneten nicht angezogen. Nur in vereinzelt Fällen lässt sich mit einem Magneten, besonders an kaltverformten Teilen, ein schwacher Magnetismus der Proben feststellen.

C. Unterscheidung der molybdänhaltigen Stähle von den molybdänfreien Chrom-Nickel-Qualitäten

Mit Hilfe der Potentialmessmethode kann man in einfacher Weise schnell die Trennung der beiden Stahlqualitäten vornehmen. Diese Methode stützt sich darauf, dass das elektrochemische Potential zwischen Chrom-Nickel- und Chrom-Nickel-Molybdän-Stählen in verdünnter Salzsäure-Salpeter-Mischung etwa 60 mV (+20 mV) beträgt. Bei der Durchführung der Prüfung ist zu berücksichtigen, dass bei einer Temperatur (Materialtemperatur) unter 20 °C die Einstellung des Potentials sehr lange dauert.

Man soll deshalb die Prüfstücke möglichst vorher in einem geheizten Raum

lagern oder anwärmen. Eine spontane Aktivierung der Prüffläche kann ausserdem durch kurzes Berühren mit Zink erreicht werden. Die Stelle des Werkstückes, an die der Kontakt angelegt werden soll, ist vorher gut zu schmirgeln. Der Elektrolyt wird in folgender Zusammensetzung hergestellt:

100 cm³ Salzsäure
(Spez. Gewicht 1,19)
20 cm³ Salpetersäure
(Spez. Gewicht 1,4)
100 cm³ Wasser

Wenn man von dem Material kleine Stücke abtrennen kann, so stellt man jeweils eine solche Probe zugleich mit einer 18/8-Gegenelektrode in ein Becherglas, das etwa 2 cm hoch mit dem Elektrolyten angefüllt ist. Von beiden Proben führen Zuleitungen mit gutem Kontakt (z. B. Krokodil-Klemmen) zu einem Millivoltmeter. Vor Beginn der Untersuchungsreihe wird man mit einer bekannten chrom-nickel-molybdänlegierten Elektrode den Potentialunterschied feststellen und auch die richtige Polung der Zuleitungen bestimmen. Um eine schnelle Arbeitsweise zu ermöglichen, ist es zweckmässig, die nächsten Proben in einem zweiten Becherglas bereits in die Säuremischung zu tauchen. Das Potential stellt sich dann bei der Messung schneller ein.

Handelt es sich bei der Prüfung um fertige Behälter oder fertige Einzelteile, so kann man in folgender Weise vorgehen: An dem Werkstück wird eine Stelle blankgeschmirgelt. Dann tränkt man ein Stück Filterpapier reichlich mit der Prüflösung und drückt die Gegenelektrode (schmaler Blechstreifen, der unten etwa 1 cm rechtwinklig abgebogen ist) mit dem getränkten Filterpapier als Zwischenlage auf das Werkstück. Gegenelektrode und Werkstück sind unter gutem Kontakt durch Zuleitungen mit Millivoltmeter verbunden.

Wenn häufiger Bestimmungen dieser Art durchzuführen sind, so empfiehlt sich die Benutzung eines Messinstrumentes mit Kompensationschaltung.

Durch richtige Einstellung des Schleifdraht-Kompensators erreicht man, dass der Zeiger bei der Paarung Cr-Ni/Cr-Ni-Mo in der Nähe des Nullpunktes bleibt. Man kann so eine Empfindlichkeit mit einer kurzen Einstelldauer des Zeigers kombinieren.

Für legierte Bau- und Werkzeugstähle ist eine Grobunterscheidung (Klassifizierung) mittels Funkenprobe möglich. Funkenbilder finden Sie in unserer Lagerliste.

Wie schon eingangs erwähnt, werden heute Stahlanalysen mittels einer Spektralanalyse ermittelt.

Vakuuofen

In den letzten Jahren nahm die Bedeutung der Wärmebehandlung im Vakuuofen (Blankglühen, Sintern, Löten, Härten) stark zu. Da alle chemischen Vorgänge, also auch die Oxydation (Entkohlung, Verzunderung) vom Druck abhängig sind und Sauerstoff im Vakuuofen nicht vorhanden ist, bietet dieser Ofentyp gerade ideale Bedingungen für das Härten von Stahl.

Das Härten unter Vakuum zeichnet sich u.a. dadurch aus, dass die behandelten Teile blank bleiben. Die Beheizung erfolgt ausschliesslich durch Strahlung, da Konvektion und Leitung im Vakuum nicht möglich sind. Die Erwärmung erfolgt daher sehr langsam. Die Abschreckung erfolgt mit Reinstickstoff. Diese Abschreckart ist gegenüber einer Öl-abschreckung mild, was sich auf das Verzugsverhalten positiv auswirkt.

Vanadin

Chem. Element (V) auch Vanadium genannt

Spez. Gewicht 6,0, Schmelzpunkt 1'715°C, DIN-Multiplikator 10

Vanadin verbessert schon bei geringen Zusätzen die Warmfestigkeit und unterdrückt die Überhitzungsempfindlichkeit. V wirkt sich besonders in Bau- und Werkzeugstählen günstig aus. Bei Schnellarbeitsstählen erhöht es die Schneidhaltigkeit. Durch den meist geringen Gehalt an V wird die Schweissbarkeit kaum merkbar beeinflusst. Vanadin ist ein starker Karbidbildner. Es erhöht die Zugfestigkeit, Härte und Streckgrenze, insbesondere aber die Warmfestigkeitseigenschaften der Stähle. Vanadin wird bevorzugt in Verbindung mit Chrom als Legierungselement in Bau- und warmfesten Stählen und in Verbindung mit Wolfram in Schnell- und Warmarbeitsstählen verwendet.

Verbrennen

kann ein Stahl, der bei der Wärmebehandlung so weit überhitzt wird, dass er entlang der Korngrenzen Sauerstoff aufnimmt oder wenn bei ledeburitischen

Stählen die Korngrenzen zu schmelzen beginnen. Verbrannter Stahl kann, im Gegensatz zu überhitztem Stahl, nicht wieder brauchbar gemacht werden.

Verdüsen

Durch Verdüsen mit Gas wird kugeliges Metallpulver für Sinterteile → Sintern und ASP-Stähle → ASEA-STORA-Prozess hergestellt.

Verfestigung

bezeichnet die durch Kaltverformung verursachten Veränderungen eines Werkstoffes, insbesondere die Steigerung der Streckgrenze und Festigkeit, in Abhängigkeit vom Verformungsgrad (Reckgrad). Austenitische Stähle verfestigen bei gleichem Verformungsgrad rascher als perlitische Stähle.

Verformungsgrad

ist das Mass für die Verformung und wird als Querschnittsverminderung (beim Walzen, Schmieden, Pressen, Ziehen) oder als Höhenabnahme bzw. als Querschnittsvergrösserung (beim Stauchen) in Prozenten der Ausgangsabmessung angegeben.

Vergleichshärteprüfer

Die gehärtete Stahlkugel an der Spitze des Härteprüfers dringt durch einen leichten Hammerschlag auf den Härteprüfer in das zu prüfende Werkstück und in den Vergleichsstab ein. Der Eindruckdurchmesser der Kugel auf dem Werkstück und dem Vergleichsstab werden mit einer Lupe ausgemessen. In einer zum Prüfgerät gehörigen Zahlentafel können nun anhand der beiden Durchmesser die Brinellhärte und die Festigkeit ermittelt werden.

Mit diesen Prüfgeräten dürfen keine gehärteten Teile gemessen werden. (Stähle bis max. 1'800 N/mm².)

Vergüten

nennt man die Folge von Härten, also Erwärmung oberhalb Ac₃, einer raschen Abkühlung und Anlassen auf so hohe

Temperaturen (500–670 °C), dass im Verhältnis zum gehärteten Zustand ein Abfall der Festigkeit und vor allem eine wesentliche Steigerung der Zähigkeit eintritt. Je höher die Anlasstemperatur gewählt wird, umso mehr vermindert sich die Festigkeit und erhöht sich die Zähigkeit.

Verpackungsmittel

In früheren Zeiten wurden Teile in Blechkisten gehärtet. Die Teile wurden zum Schutz vor Entkohlung in sog. «Verpackungsmitteln» eingepackt.

Um Verzunderung und Entkohlung beim Härten zu verhindern, bedient man sich meistens bestimmter Verpackungsmittel. Als Verpackungsmittel sind am verbreitetsten getrocknete, feinstückig gesiebte Holzkohle, ausgebrannter, feinstückig gesiebter Koks, Zeitungspapier und Gusseisenspäne. Holzkohle kann zum Verpacken von Stählen mit hohem Kohlenstoffgehalt verwendet werden. Vor ihrer Verwendung ist die Holzkohle zu trocknen und zu entgasen, was am besten durch Glühen bei etwa 900 °C in einem geschlossenen Gefäss geschieht. Sie ist auf die entsprechende Korngrösse zu zerkleinern und durch Sieben von Staub zu befreien. Da Holzkohle jedoch ein aufkohlendes Mittel ist, kann sie nur bei niedrigen Temperaturen und bei Stählen, deren Kohlenstoffgehalt minimal 0,9% beträgt, Verwendung finden, da dann die aufkohlende Wirkung gering ist. Ausgebrannter Koks wird durch freies Erhitzen bei etwa 1'200 °C und reichlicher Luftzufuhr vorbereitet, wobei gleichzeitig der Schwefel entfernt wird. Er wird auf die gewünschte Stückgrösse zerkleinert und durch Sieben von Staub befreit. So stellt er ein vorzügliches Verpackungsmittel für alle Wärmebehandlungen dar, die bei einer Temperatur von über 800 °C vorgenommen werden müssen und kann für alle Arten von Stahl verwendet werden.

Verschleiss

ist die unerwünschte Veränderung der Oberfläche von Gebrauchsgegenständen

den durch Lostrennen kleiner Teilchen infolge mechanischer Ursachen.

Versprödung

→ Sprödigkeit

→ Wasserstoffversprödung.

Verzinken

Verzinkte Teile sind beständig gegen → Korrosion. Der Zink kann durch Tauchen → Feuerverzinken, Spritzen oder auf galvanischem Weg aufgetragen werden.

Verzug

Bei der Wärmebehandlung eines fertig bearbeiteten Werkstückes ist stets mit einem gewissen Verzug zu rechnen. Übermässiges Verziehen wird hervorgerufen durch falsche Härtung (ungleichmässige Erwärmung, falsches Eintauchen in das Härtemittel, zu hohe Temperatur, Härten von kaltgerichteten oder kaltbearbeiteten Werkstücken, die mit starken Spannungen behaftet sind). Abhilfe: Spannungsfreiglühen, Verwendung eines verzugsunempfindlichen Werkstoffes → Härtefehler.

Verzunderung → Oberflächenfehler ist eine Korrosion der Metalle in der Hitze (Oxydation).

Vickers (HV)-Prüfung

Eine Diamantpyramide (Spitzenwinkel 136°) wird mit einer Prüflast P auf die Oberfläche des Prüfstückes eingedrückt und die Diagonalen des entstandenen Pyramideneindrucks gemessen.

Die Vickershärte errechnet sich aus der Prüfkraft F (in N) und der Pyramideneindruckdiagonalen d (in mm) nach der Formel:

$$HV = 0,189 \times \frac{F}{d^2}$$

Da die Prüflast variabel ist, können mit dieser Methode auch dünnste Gegenstände fast ohne Beschädigung geprüft werden.

Die Belastungsdauer beträgt ungefähr 20 Sekunden.

Geeignet für Messwerte von 130–940 HV. Die Vickersprüfung ist für gehärtete Werkstücke die genaueste Messart.

Vorwärmen

Vorsichtiges, langsames Anwärmen auf eine Temperatur unterhalb der beabsichtigten Temperatur, auf alle Fälle unter A_{c1} , meistens zwischen 600–650 °C, z. B. zur Vermeidung von Spannungsrisen bei empfindlichen Werkstoffen → Wärmebehandlung.

VSM-Normen

aufgestellt vom Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller.

Walzen

nennt man in der Regel alle Vorgänge, bei denen eine Verformung eines Werkstoffes durch den Druck sich drehender Walzen vorgenommen wird. Diese Formung bei hohen Temperaturen heisst Warmwalzen oder Walzen schlechweg. Das Walzen, das mit einer Werkstoffverfestigung verbunden ist, heisst Kaltwalzen. → Stahl-Weiterverarbeitung.

Walzhaut

Unter Walzhaut versteht man die Zunderschicht, die sich beim Warmwalzen bildet und während des Walzvorganges verdichtet wird. Sie lässt sich erheblich schlechter abbeizen als der Glühzunder, der beim Glühen eines gebeizten Teiles entsteht. Die Walzhaut muss vor dem Härten (Rissgefahr) entfernt werden.

Wärmeausdehnungszahl

oder linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (β) eines festen Körpers ist die Verlängerung der Längeneinheit (mm) bei einer Temperaturerhöhung um 1°C . Beispiel: Die Wärmeausdehnungszahl β für unlegierten Werkzeugstahl zwischen 20 bis $1'000^\circ\text{C} = 17,4 \times 10^{-6} = 0,0000174$ (mm). Wenn ein Stab von 200 mm Länge von 20 auf $1'000^\circ\text{C}$ erwärmt wird, so verlängert er sich um $200 \times 980 \times 0,0000174 = 3,41$ mm
Kubischer Ausdehnungskoeffizient (δ) eines Körpers ist die Zunahme der Einheit seines Rauminhaltes bei einer Temperaturerhöhung um 1°C . Die kubische Ausdehnungszahl ist ungefähr 3 mal so gross wie der lineare Ausdehnungskoeffizient ($\delta = 3 \beta$).

Wärmebehandlung

Verfahren oder die Vereinigung mehrerer Verfahren zur Behandlung von Stahl im festen Zustand, bei denen der Werkstoff lediglich verschiedenen Temperaturen (durch verschiedene Zeiten) ausgesetzt und verschieden abgekühlt wird, um bestimmte metallurgische Eigenschaften zu erzielen: Für die Wirtschaftlichkeit eines Werkzeuges oder Bauteiles ist die sorgfältige Wärmebehandlung von aus-

schlaggebender Wichtigkeit. Bestgeeigneter Werkzeugstahl unrichtig wärmebehandelt, kann unter Umständen geringere Leistung ergeben als ein geringwertiger Stahl richtig wärmebehandelt. Ein hochwertiger Werkzeugstahl richtig wärmebehandelt wird dagegen immer höhere Leistungen ergeben. → Stahlauswahl.

Erst durch eine zweckentsprechende Wärmebehandlung können die von Edeltählen erwarteten hohen Leistungen erzielt werden.

Man unterscheidet:

Weichglühen → Glühen

Die Weichglühung wird durchgeführt, um den für zerspanende oder auch spanlose Bearbeitung bestgeeigneten Zustand zu erhalten sowie zur Erzielung eines günstigen Ausgangsgefüges für die Härtung.

Zum Weichglühen werden die Stücke langsam und durchgreifend auf die jeweils vorgeschriebene Temperatur erhitzt und ein bis mehrere Stunden auf Temperatur gehalten und möglichst langsam im Ofen abgekühlt. Die Abkühlungsgeschwindigkeit soll im oberen Temperaturbereich (bis ca. 600°C) sehr langsam erfolgen, d. h. nicht mehr als 15 bis 20°C pro Stunde.

Die Teile müssen vor Entkohlung/Verzunderung geschützt werden. Die anschliessende Abkühlung muss sorgfältig erfolgen.

Werkzeug- und Schnellarbeits-Stähle werden von uns immer gegläht angeliefert. Weichglühen ist daher nur erforderlich, wenn der Stahl nachträglich durch Schmieden verformt wurde oder wenn gehärtete Werkzeuge einer Neuhärtung unterzogen werden sollen.

Spannungsarmglühen → Glühen

Durch ungleichmässige Abkühlung nach dem Walzen oder Schmieden sowie durch die Bearbeitung mit spanabhebenden Werkzeugen werden Spannungen im Werkstück erzeugt, die zum Verzug führen oder aber am fertigen

Werkstück beim Hinzutreten anderer Beanspruchungen vorzeitige Brüche verursachen können. Diese Spannungen lassen sich dadurch beseitigen, dass man das Werkstück oberhalb 450 °C, meist bei 600–650 °C durchgreifend erwärmt und anschliessend bis etwa 200 °C im Ofen abkühlt. Die Temperatur des Spannungsfrei-Glühens darf natürlich bei Werkzeugen nicht oberhalb der bei einem etwaigen vorgegangenen Vergüten angewendeten Anlass Temperatur liegen, da sonst die durch das Vergüten erzielten Eigenschaften verändert würden. Werkzeuge sollen grundsätzlich vor dem Härten spannungsfrei geblüht werden.

Normalglühen (Normalisieren) → Glühen
 Unter Normalglühen versteht man das Erhitzen auf eine Temperatur dicht oberhalb des A3-Punktes mit nachfolgender relativ rascher Abkühlung an ruhender Atmosphäre. Hierdurch wird eine vollkommene Umkristallisation des Kleingefüges erzielt. Dies ist z. B. erwünscht bei grösseren Schmiedestücken, an denen infolge von Abweichungen im Verformungsgrad und in der Schmiedetemperatur zwischen den einzelnen Stellen Gefügeunterschiede auftreten, ferner nach dem Schmieden bei hoher Temperatur zur Beseitigung des hierdurch entstandenen grobkörnigen Gefüges.

Härten

Unter Härten versteht man ein Abkühlen des Stahles aus Temperaturen oberhalb des unteren bei übereutektoiden und oberhalb des oberen Umwandlungspunktes bei untereutektoiden Stählen mit solcher Geschwindigkeit, dass dabei Martensitbildung eintritt.

Zum Härten werden die Werkstücke zuerst langsam und durchgreifend auf 600–650 °C gebracht und erst dann schneller auf die vorgeschriebene Härtetemperatur erwärmt.

Werkzeug- und Schnellstahl ist bei Erwärmung auf Härtetemperatur sehr empfindlich und sollte daher in mind.

2 Stufen auf die Härtetemperatur gebracht werden.

Sobald das Teil die Haltedauer auf Härtetemperatur abgeschlossen hat, ist es abzuschrecken. Unnötig langes Verweilen auf Härtetemperatur begünstigt Grobkörnigkeit, Verzunderung und Spannungsrisse.

Werkzeuge sind vor dem Härten unbedingt spannungsarm zu glühen. Leider wird dies vielfach in der Praxis übersehen und dadurch beträchtlicher Härteausschuss wegen Verzuges oder Reissens verursacht. Dieses spannungsarmglühen kann sowohl im vorgeschruppten als auch fertiggearbeiteten Zustand erfolgen. Bei der Wärmebehandlung sind die Teile vor Entkohlungs/Verzunderung zu schützen.

Die Abkühlung im Härtemittel → Abschreckmittel muss unterbrochen werden, wenn das Härtegut eine Temperatur von 50–70 °C erreicht hat und muss danach *unmittelbar der Anlassbehandlung unterzogen* werden. Ein grosser Teil der beim Härten entstehenden Risse ist darauf zurückzuführen, dass entweder die Abkühlung im Abschreckbad zu intensiv war oder das Teil nach dem Härten zu lange der Luft ausgesetzt war. In diesem Zusammenhang sei noch auf eine besondere Härtingsweise hingewiesen. Es handelt sich um die sogenannte → Warmbad-Härtung. Hierzu wird das Werkstück, wie normalerweise üblich, auf Härtetemperatur gebracht, anschliessend aber nicht in Wasser oder Öl, sondern in ein Flüssigkeitsbad eingebracht. Sobald der Temperatureausgleich erfolgt ist, kann die anschliessende Abkühlung an ruhiger Luft oder in Öl geschehen. Der grösste Vorteil dieser Wärmebehandlung besteht darin, dass praktisch kein Härteverzug und keine Rissgefahr auftreten. Leider kann diese Behandlungsart nicht bei allen, sondern vorwiegend nur bei höher legierten Stählen angewandt werden. Besonders geeignet sind für diese Art der Ablöschung die Schnellarbeitsstähle, hochlegierte Warmarbeitsstähle oder 13%ige Chrom-Werk-

zeugstähle, die man je nach der Höhe der Legierungsbestandteile in Salzbadern bei 350 bis 520 °C (bei Hochleistungsschnellarbeitsstählen) härtet. Nach erfolgtem Temperatúrausgleich geschieht die weitere Abkühlung an der Luft. Das sog «Warmbadhärten» kann auch im Vakuumofen simuliert werden.

Anlassen

Das Anlassen soll sich unmittelbar an das Härten anschliessen. Hierzu werden die Werkstücke, mit einer Temperatur von 50–70 °C in den bereits auf Anlasstemperatur befindlichen Anlassofen eingebracht. Die Anlassenzeit beträgt bei Werkzeugstählen 2 Std. Mehrmaliges Anlassen erhöht bekannterweise Zähigkeit und Lebensdauer von Werkzeugen. Mit mehrmaligem Anlassen (mind. 3x) im Sekundärbereich, kann der Restaustenit eliminiert werden.

Einsatzhärten

Für manche Bauteile wie auch Werkzeuge, z. B. Zahnräder, Verschleissteile, Press- und Spritzformen usw., ist es erwünscht, bei einer harten und gegen Verschleiss widerstandsfähigen Oberfläche einen zähen, gegen Biege- und Stossbeanspruchungen unempfindlichen Kern zu erhalten. Dies lässt sich durch Einsatzhärtung erreichen, indem man die Randzone von kohlenstoffarmen Stählen aufkohlt und das Teil anschliessend härtet. Entsprechend ihrem gesteigerten Kohlenstoffgehalt nimmt die Oberfläche hierbei eine sehr hohe Härte an, während der kohlenstoffarme Kern zäh bleibt. Das Einsatzmittel selbst kann fest, flüssig oder gasförmig sein. Einsatztemperatur, Einsatzzeit, Einsatzmittel und Legierung bestimmen die Dicke der Einsatzschicht und die Höhe des Randkohlenstoffgehaltes.

1. Einfache Einsatzhärtung

Nach Beendigung des Einsetzens werden die Teile direkt aus der Einsatztemperatur abgeschreckt. Infolge der zu hohen Härtetemperatur wird der Rand grobkörnig und spröde.

Diese Methode ist nur für Teile anwendbar, an welche keine hohen Anforderungen gestellt werden.

2. Einsatzhärtung ohne Kernrückfeinung

a) Das Werkstück wird unmittelbar aus dem Einsatz gehärtet. Dann erfolgt eine weitere Härtung von einer der aufgekohlten Randschicht entsprechenden Temperatur. Im Gegensatz zu der unter 1. angeführten Behandlung erhält man eine feinkörnige Oberflächenschicht. Der Verzug ist natürlich in beiden Fällen verhältnismässig stark.

b) Nach dem Einsetzen werden die Teile zuerst an Luft abgekühlt, nachher auf die Härtetemperatur entsprechend dem Randkohlenstoffgehalt neu erhitzt und dann erst abgeschreckt.

Die Oberfläche wird dabei feinkörnig und gleichmässig hart. Der Kern ist dagegen nicht rückgefeint und hat daher eine geringe Zähigkeit.

Diese Methode eignet sich für höher beanspruchte Teile mit regelmässiger Oberflächenhärte.

c) Das Einsatzgut erkaltet geschützt. Anschliessend erfolgt die Härtung von einer auf die Randschicht abgestimmten Temperatur. Das Verfahren eignet sich besonders für schwierige Werkstücke, die sich nicht verziehen sollen.

3. wie 2., jedoch mit Zwischenglühung

Gleiche Behandlung wie bei 2, nur dass mit einer Zwischenglühung die Neigung zum Verziehen verkleinert wird.

Diese Methode eignet sich für Teile mit regelmässiger Oberflächenhärte und geringem Verzug.

4. Einfachhärtung mit isothermischer Umwandlung

Ähnliche Behandlung wie 2. Anstelle der Abkühlung bis Raumtemperatur werden die Teile direkt nach dem Einsetzen in ein Salzbad von 580–680 °C gehängt. Beim Halten auf dieser Temperatur entsteht im Kern ein für gute Zähigkeit günstiges Gefüge.

Diese Methode wird hauptsächlich bei legierten Stählen angewendet.

5. Doppelhärtung mit Kernrückfeinung
Die Teile werden direkt nach dem Einsetzen oder nach einer Zwischenabkühlung zuerst bei einer dem C-Gehalt des Kerns entsprechenden Temperatur gehärtet. Anschliessend wird bei einer tieferen, dem C-Gehalt des Randes entsprechenden Temperatur nochmals gehärtet. Damit erhalten Kern und Randzone ihre optimalen Eigenschaften. Durch das zweimalige Härten wird der Verzug vergrössert. Dem kann durch eine Glühung zwischen den beiden Härten entgegen gewirkt werden. Diese Methode eignet sich für Teile mit hoher Oberflächenhärte und guter Kernzähigkeit.

Wärmebehandlungsfehler → Härtefehler

Wärmekapazität

ist der Wärmehalt eines Körpers oder das Fassungsvermögen eines Körpers für Wärme bei einer bestimmten Temperatur. Körper von geringer Wärmekapazität werden durch dieselbe Wärmemenge auf höhere Temperatur gebracht als Körper von grosser Wärmekapazität. Bezogen auf die Gewichtseinheit bei einer bestimmten Temperatur ist die Wärmekapazität verschiedener Stoffe gleich ihren spezifischen Wärmen.

Wärmeleitfähigkeit

(Wärmeleitzahl) ist die Wärmemenge in cal, die in einem Stoffe in der Sekunde durch den Querschnitt von 1 cm² hindurchfliesst, wenn senkrecht zu diesem Querschnitt auf der Strecke von 1 cm der Temperaturunterschied 1°C beträgt.

Walz- und Schmiedefehler

Querrisse durch zu hohe Verformungstemperatur.

Walzfalten treten bei unachtsamer Formgebung auf.

Zerschmiedung oder Zerwalzung kann ihre Ursache im Block oder aus fehlerhafter Walzung oder Schmiedung haben. *Überhitzung* bei der Warmformgebung

zufolge Nichtbeachtung der Anfangs- wie auch der Endtemperatur.

Flocken sind mattglänzende, metallisch aussehende Stellen, fast runder oder elliptischer Form. Es sind Risse, die sich bei der Abkühlung nach der Warmverformung bilden.

Oberflächenentkohlung

Warmarbeitsstähle

sind Stähle für Werkzeuge und Formen, die im Betrieb eine über 200°C liegende Dauertemperatur annehmen. Daraus ergeben sich einige spezielle Anforderungen an die Gebrauchseigenschaften:

– *Warmfestigkeit*, wird insbesondere durch Molybdän, Wolfram und kornfeinendes Vanadium erreicht.

– *Anlassbeständigkeit*, wird durch Chrom erzeugt, das zusammen mit Molybdän, Nickel und Mangan die Härbarkeit erhöht.

Warmbadhärten

Wärmebehandlung, bestehend aus Austenitisieren und anschliessendem Abschrecken auf eine Temperatur oberhalb Ms mit solcher Geschwindigkeit, dass die Bildung von Ferrit, Perlit oder Bainit vermieden wird, und einem ausreichend langen Halten bei jener Temperatur, um einen Temperaturengleich über den Querschnitt zu erzielen, jedoch nicht zu lange, um Bainitbildung zu vermeiden.. Das Warmbadhärten kann auch im Vakuumofen simuliert werden.

Warmbearbeitung → Warmverformung

Warmbeständigkeit

Werkzeuge, die während der Arbeit warm werden, müssen ihre Form auch bei erhöhten Temperaturen beibehalten, also warmbeständig sein. Die Erwärmung der Werkzeuge kann durch Berührung mit dem Werkstoff erfolgen, zu dessen Verarbeitung sie dienen, Gesenke, Pressmatrizen, Spritzwerkzeuge, Warmscherenmesser und dergleichen.

Sie kann aber auch bei der zerspanenden Bearbeitung an der Schneide als Reibungswärme auftreten, wie dies z. B. bei Dreh-, Bohr- und Fräswerkzeugen geschieht.

Die erste dieser Gruppe von Werkzeugen wird aus Warmarbeitsstählen angefertigt. Sie benötigt keine höchste Härte, dafür Zähigkeit und Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel. Für die zweite Gruppe darf neben höchster Härte und Verschleissfestigkeit die Zähigkeit der Temperaturwechselbeständigkeit geringer sein. Ihre bekanntesten Vertreter sind die Schnellarbeitsstähle. Diese Stähle müssen anlassbeständig sein. Hohe Anlassbeständigkeit lässt in den meisten Fällen auch eine günstige Warmfestigkeit erwarten, so dass die Verfolgung dieser Eigenschaft schon die Richtung weist, in der man auf warmbeständige Stähle stösst.

Kobalt (Co) beeinflusst die Warmbeständigkeit günstig.

Warmfestigkeit → Warmbeständigkeit

Der Widerstand, den die Metalle in der Wärme gegenüber Zug und Druck leisten (→ Festigkeit), hängt sehr von der Belastungsdauer ab. Die Warmfestigkeitseigenschaften des Stahles lassen sich durch die Legierung ausserordentlich heben. Einflüsse der Legierungen sind verschiedener Art. Das beste Beispiel für die unmittelbare Erhöhung der Warmfestigkeit durch Legierung ist die Schaffung des austenitischen Gefüges → Zunderbeständigkeit.

Warmpressen

bewirkt grundsätzlich dasselbe wie → Schmieden. Gewöhnlich wird unter Warmpressen die langsamere Formung durch mechanischen, oder hydraulischen Druck verstanden.

Warmstreckgrenze

ist die Fließ- oder Streckgrenze bei Wärmegraden oberhalb Raumtemperatur.

Warmverformung

(Warmformgebung, Warmverarbeitung) ist eine Sammelbezeichnung für Verarbeitungsverfahren bei hohen Temperaturen zur Gestaltsänderung (Formung) eines Werkstoffes ohne Materialtrennung. Sie hat fast durchwegs einen günstigen Einfluss. Daher sind die gewalzten und geschmiedeten Stäbe von feinerem Gefüge und höherer Festigkeit als der unverarbeitete Stahlblock, wie er vom Stahlwerk zunächst gegossen wird (→ Schmieden, → Walzen, → Warmpressen).

Wasser → Abschreckmittel, hat das grösste Abkühlungsvermögen. Die Beständigkeit der Dampfhaut, die sich zunächst beim Abschrecken in Wasser bildet, kann den Erfolg der Härtung in Frage stellen. Eine wirksame Abhilfe ist, das Werkzeug dauernd zu bewegen, wodurch die gebildete Dampfhaut entfernt, ein gutes Umspülen der Oberfläche gesichert wird und frisches Wasser das Härtegut umstreicht. Ein Wasserstrudel oder Wasserstrahl fördert die Abschreckung. Ein Zusatz von 9% Kochsalz zum Härtewasser unterbindet die Bildung einer stabilen Dampfhaut und verstärkt die Abkühlungswirkung des Wassers zu Anfang der Abschreckung. Sack- und Durchgangslöcher sind vor dem Erwärmen zum Härten mit Asbest auszufüllen. (Gewindelöcher sind vorteilhaft mit Schrauben zu verschliessen.)

Wasserhärten

(Härten in Wasser)

Wasserstoff – H

Stahlschädling, weil er Versprödung durch Abfall von Dehnung und Einschnürung ohne Erhöhung von Streckgrenze und Zugfestigkeit hervorruft.

Wasserstoffversprödung

Der atomar in das Eisen eingedrungene Wasserstoff vereinigt sich an Gitterstörstellen (Versetzungen, Korngrenzen, Einschlüssen) zu Molekülen. Die Mo-

lekülbildung ist mit einer erheblichen Druckerhöhung verbunden. Da der molekulare Wasserstoff nicht diffusionsfähig ist, bleibt er am Entstehungsort unter hohem Druck eingeschlossen. Die Folge ist ein sprödes Verhalten des Stahles, beim Erreichen der Trennfestigkeit entstehen Risse.

Weichfleckigkeit

entsteht durch Unsauberkeit der Oberfläche, wie z. B. anhaftenden Zunder, örtliche Entkohlung durch Randblasen, durch Gase, Dämpfe beim Einsetzen infolge Verwendung ungeeigneten Härtepulvers → Härtefehler.

Weichglühen → Glühen

Weichhaut → Entkohlung, Härtefehler

Werkstoffverwechslungen, einfache Schnellprüfverfahren
→ Funkenprobe
→ Härteprüfung
→ Anfeilprüfverfahren

Werkzeugstahl

ist ein nach thermischer Behandlung (Härtung) besonders harter Stahl für die Bearbeitung aller in der Technik gebrauchten Werkstoffe durch Drehen, Hobeln, Stanzen, Sägen, Bohren, Feilen, Pressen. Schon durch Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes wird der Stahl härter. Dies genügt aber heute nicht mehr. Zusätze von Chrom, Wolfram, Kobalt, Molybdän, Vanadium in den verschiedensten Mengen sowie geeignete Wärmebehandlungen ermöglichen es heute, die härtesten und verschleissfestesten Werkzeuge herzustellen. Eine wesentliche Eigenschaft der Werkzeugstähle ist ein gleichmässiges Verhalten bei der → Abschreckhärtung:

- a) Härte von Oberfläche und Kern im richtig gehärteten Zustand,
- b) Einhärtungstiefe, d. h. die Dicke der Härteschicht,
- c) Feinkörnigkeit der Härteschicht,
- d) Härtetemperaturbereich, innerhalb

dessen dieses feine Korn in der Härteschicht erreicht werden kann,
e) Sicherheit gegen Härterisse bei einmaligem oder wiederholtem Abschrecken.

Wichte γ

Das Gewicht der Raumeinheit eines Stoffes nennt man Wichte (spezifisches Gewicht). Die Formel für die Ermittlung der Wichte lautet:

Wichte $\gamma =$

$\frac{\text{Normalgewicht des Körpers (Gn)}}{\text{Volumen des Körpers (V)}}$

Windfrischen → Stahlerzeugung

Wolfram / Symbol: W / Schmelzpunkt: 3'410 °C, DIN-Multiplikator 4

Wolfram steigert die Festigkeit; es erhöht die Härte und Schneidhaltigkeit wesentlich und erzeugt auch hohe Warmhärte. Wolfram kommt daher als Zusatz für Schnell- und Warmarbeitsstähle in Frage. Zugfestigkeit und Streckgrenze des Stahles werden um etwa 40 N/mm² je 1% Wolfram erhöht. W ist ein sehr starker Karbidbildner und wird bevorzugt in warmfesten Stählen verwendet, da es diese anlassbeständig und warmfest macht. Verbessert die Zähigkeit.

Zeitiges Gefüge

hängt mit Verunreinigung des Stahles zusammen. Für manche Zwecke (Federstähle) legt man auf diese Struktur besonderen Wert, für andere sucht man sie möglichst zu vermeiden.

Zeitdehngrenze

Der Zeitstandversuch dient zur Ermittlung des Festigkeitsverhaltens von Werkstoffen bei ruhender Zugbeanspruchung. Für den Temperaturbereich über 600 °C geben Versuche, die auf 1'000, 10'000 Stunden oder noch längere Zeiträume ausgedehnt werden, Unterlagen für das Kriechverhalten der Stähle → Festigkeitseigenschaften bei höheren Temperaturen.

Zementation → Einsatzhärtung

Zementieren

(Aufkohlen, Einsetzen). Meist auf die Randschicht beschränkte Kohlenstoffanreicherung durch Glühen bei einer Temperatur oberhalb A_{c1} oder A_{c2} in Kohlenstoff abgebenden Mitteln. → Einsatzhärten.

Zementit

ist Eisenkarbid von der chemischen Formel Fe_3C . Mit Mangankarbid, Chromkarbid usw. kann das Eisenkarbid Mischkristalle bilden (Manganzementit, Chromzementit).

Bildet sich frei nur in Stählen mit mehr als 0,9% C nach langsamem Abkühlen.

Zerreissfestigkeit → Zugfestigkeit

Zerspannungswärme

an Drehstücken entsteht:

1. durch das Stauchen des Spanes, Stauchwärme,
2. durch die Reibung des Spanes beim Abfließen über den Drehstahl, Spanreibwärme,
3. durch die Reibung der Hauptschneide und Spitze beim Antrennen des Spanes vom Werkstück, Trennwärme.

Stauchwärme und Spanreibwärme werden entsprechend der Fläche des Spanquerschnittes dem Drehstahl zugeführt.

Dazu kommt die Trennwärme durch das Abtrennen des Spanes, die direkt in die schmale Schneide des Drehstahles eintritt, und zwar so breit auf der Schneide, wie der Span ist. Diese Wärme wird einmal durch die Strahlung der Drehstahloberflächen an die Luft und besonders durch reichliche Kühlung abgeführt. Es ist deshalb besonders wichtig, dass der Kühlstrom reichlich und direkt auf die Schneide geleitet wird. Ein weiterer Teil der Wärmemenge fließt durch den Stahlquerschnitt ab. Der Vorgang beim Abstumpfen verläuft so, dass bei richtiger Schnittgeschwindigkeit gerade so viel Wärme zugeführt wird, wie an der Schneide bleibt. Wenn aber durch das Abtrennen des Spanes vom Werkstück allmählich die Schneide stumpfer wird, entsteht nun zusätzliche Reibungswärme. Diese erhöht die Wärmezufuhr über die Menge der Wärme, die abgeführt werden kann. Die Temperatur der Schneide steigt, steigt schliesslich so weit, dass der Drehstahl weich wird. Die Schneide wird so heiss, dass sich plötzlich Teilchen von ihr abtrennen, auf dem Werkstück manchmal kalt aufschweissen und dort blanke Riefen bilden. Es muss daher sofort ausgeschaltet werden, und zwar der Vorschub zuerst, sonst geht der Drehstahl völlig zu Bruch.

Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

→ Ultraschallprüfung

Ziehen

Das Ziehen von Stahl und Metallen kann zur Querschnittverminderung, zur Erzielung enger Masstoleranzen sowie glatter Oberfläche und schliesslich auch zur Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften wie Festigkeit, Streckgrenze, Zerspanbarkeit usw. vorgenommen werden. Ziehwerkzeuge haben eine oder mehrere sich verjüngende Öff-

nungen, durch die der Werkstoff meist unter Anwendung von Schmiermitteln durchgezogen wird. Dabei treten an den Arbeitsflächen des Werkzeuges hohe Drücke und damit eine starke Verschleisswirkung auf. Dies erfordert Werkzeuge, die im Gebrauchszustand meist hohe und gleichmässige Oberflächenhärte haben und in vielen Fällen die Herstellung sehr glatter, polierter Arbeitsflächen ermöglichen. Geeignete Schmiermittel, die bei allen Kaltzieharbeiten unerlässlich sind, sollen das «Fressen» des Werkstoffes am Werkzeug verhindern.

Zirkon / Symbol: Zr / Schmelzpunkt: 1'860 °C, DIN-Multiplikator 10

Zr-Legierungen werden zur Entziehung des schädlichen Sauerstoffs, Stickstoffs und Schwefels manchen Edelstahl-schmelzen hinzugefügt. Karbidbildner. Bildet Sondernitride und verbessert in warmfesten Stählen die Warmfestigkeit.

ZTU-Schaubild

In den ZTU-Schaubildern wird das von Temperatur und Zeit abhängige Umwandlungsgeschehen während dem → Abschrecken festgehalten.

Zugfestigkeit R_m

Die Zugfestigkeit R_m ist die Spannung, die sich aus der Höchstkraft F_m (N) und dem Anfangsquerschnitt S₀ (mm²) ergibt:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Zugversuch

dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter einachsiger über den Querschnitt gleichmässig verteilter Zugbeanspruchung. Dabei misst man nicht nur die Höchstbelastung, sondern auch die Verlängerung, die der Stab bei der langsam fortschreitenden Belastung erfährt, indem man die je zueinandergehörigen Werte von Belastung und Verlängerung beobachtet und im Zer-reisschaubild zusammenstellt (vergl. VSM-Norm 10921).

Zunder

Die hohen Temperaturen, denen der Stahl in den Wärmeöfen während des Schmiedens und Walzens ausgesetzt ist, wobei ein Schutz vor Hinzutritt der Luft nicht möglich ist, macht ein Zundern unvermeidlich. Die Zunderbildung hängt nach Art und Menge ab, von der Zeit, der Temperatur, der Gasgeschwindigkeit, Gaszusammensetzung, dem Werkstoff, seiner Oberflächenbeschaffenheit, Lage der Oberfläche zum Gasstrom usw. Festhaftender Zunder, der überwiegend aus FeO besteht, tritt in Form von Klebzunder auf und erschwert die Verarbeitung im Gesenk, weil das Fliessen des Stahles durch die raue Oberfläche gehemmt ist. Die Menge des entstehenden Zunders wird in abnehmender Reihenfolge durch folgende Gase beeinflusst: Sauerstoff, Wasserdampf, oxydierende Gemische, feuchte Luft, trockene Luft, Kohlensäure. Luftüberschuss in den Abgasen bewirkt eine Zunahme, Luftmangel eine Abnahme der Zundermenge.

Bei nichtrostendem Stahl ist selbstverständlich eine Abnahme der gebildeten Zundermenge zu beobachten. Die Verzunderung des Werkzeugstahles beim Schmieden (Hammerschlag) und Walzen (Walzzunder) ist unvermeidlich. Neben der Verzunderung geht vielfach eine → Entkohlung einher. Sie verlangt eine weitere Zugabe in der Bearbeitung, um auf vollständig gesunden Werkstoff zu gelangen. Vor dem Härten muss die Zunderschicht sorgfältig durch spanabhebende Bearbeitung entfernt werden, da sonst Härterisse oder ungenügende Härteannahme erfolgt.

Zunderbeständigkeit

Zunderbeständige Stähle müssen in erster Linie widerstandsfähig gegen Verbrennungsgase sein, wobei wieder zu unterscheiden ist, ob diese starkoxydierend sind oder nicht und ob sie besondere Angriffsmittel, besonders Schwefel, enthalten. Je nach der Verwendung müssen sie eine bestimmte Festigkeit in der Wärme haben. Unlegierter Stahl ist

für praktische Zwecke bis etwa 500 °C zunderbeständig. Für höhere Temperaturen verwendet man Chrom- oder Chrom-Nickel-legierte Stähle.

Zunderfreiglühen → Blankglühen

Zwischenglühen

Weichglühen eines Werkstückes nach dem Zementieren oder nach der Kernrückfeinung durch längeres Erhitzen auf eine Temperatur knapp unterhalb A_{c1} mit nachfolgendem langsamem Abkühlen → Einsatzhärten.

Allgemein versteht man unter Zwischenglühen ein Glühen zwischen zwei Verarbeitungs- oder Behandlungsstufen. → Wärmebehandlung (Spannungsfreiglühen).

Zwischenstufen- oder Bainit-Härten

Beim *Zwischenstufen-* oder *Bainit-Härten* wird das Härtegut von der Härte-temperatur in ein Salz- oder Metallbad gebracht. Die Temperatur dieses Bades muss tiefer liegen als für die Bildung von Perlit notwendig ist, und höher sein als für die Martensitbildung gefordert wird (Badtemperatur zwischen 200–400 °C). Wir halten nun auf dieser Zwischenstufe bis zur Beendigung der Umwandlung. Anschliessend erfolgt eine beliebige Abkühlung auf Raumtemperatur. Ein nachfolgendes Anlassen ist nicht erforderlich.

Zyanbadhärten

Einsatzhärten, bei dem die Randschicht des Werkstückes durch Karbonitrieren im Zyanbad aufgekohlt und aufgestickt wird.