

Lösungen zu den Übungsaufgaben

Kapitel 1

Aufgabe 1.1

a) $T_{\text{Rk}_{\min}} \approx 0,4 \cdot T_{\text{S}}$

Aluminium: $T_{\text{S}} = (660 + 273)\text{K} = 933\text{K}$

$$\Rightarrow T_{\text{Rk}_{\min}} = 373\text{K}, \vartheta_{\text{Rk}_{\min}} \approx 100^{\circ}\text{C}$$

Kupfer: $T_{\text{S}} = (1.083 + 273)\text{K} = 1.356\text{K}$

$$\Rightarrow T_{\text{Rk}_{\min}} = 542\text{K}, \vartheta_{\text{Rk}_{\min}} \approx 270^{\circ}\text{C}$$

- b) Bei der Rekristallisation erfolgt die Kornneubildung im Wesentlichen durch die Bewegung von Korngrenzen. Diese Bewegung wird durch Legierungselemente und Verunreinigungen stark behindert.

Aufgabe 1.2

- a) Bei einem feinkörnigen Werkstoff sind Festigkeit und Verformungsfähigkeit besser.
- b) Festigkeit: Vielzahl der Korngrenzen und kleines Kornvolumen beschränken die freie Weglänge: Widerstand gegen Versetzungsbebewegungen ist größer. Verformungsfähigkeit: Vielzahl der Körner erhöht die Wahrscheinlichkeit, in Nachbarkörnern auf aktivierbare Gleitsysteme zu treffen.
- c) Verformungsgrad möglichst groß (und gleichmäßig über Querschnitt), damit kritischer Verformungsgrad deutlich überschritten wird. Rekristallisationstemperatur moderat, um Temperaturunterschiede zwischen Rand und Kern zu minimieren. Glühzeit so kurz, dass Kornwachstum nach Rekristallisation unterdrückt wird.

Aufgabe 1.3

Versetzung stauen sich vor Hindernissen auf und behindern so die Bewegung anderer Versetzun-

gen. Das führt zur Festigkeitssteigerung, weil zur weiteren Bewegung höhere Schubspannungen erforderlich sind.

Aufgabe 1.4

Es gilt die Phasenregel nach Gibbs

$$F = K + 1 - P.$$

Beim Schmelzpunkt reiner Metalle ist die Anzahl der Komponenten $K=1$, die Anzahl der Phasen $P=2$ (fest und flüssig). Damit wird die Anzahl der Freiheitsgrade

$$F = 1 + 1 - 2 = 0,$$

d. h. die Schmelztemperatur ist ein fester Wert. Beim Punkt S in Abb. 4.4 liegen zwei Komponenten (Eisen und Kohlenstoff) und drei Phasen (α -MK, γ -MK und Fe_3C) vor, folglich ist auch hier

$$F = 2 + 1 - 3 = 0.$$

Aufgabe 1.5

- a) Mischkristalle sind Kristalle, bei denen sich im Gitter eines Stoffes A weitere Atome von mindestens einem Element (in nennenswerter Menge) befinden. Ein Kristallgemisch ist eine Gemenge aus verschiedenen Kristallarten.
- b) Beides, in der Mischungslücke liegt ein Kristallgemisch aus Mischkristallen vor.

Aufgabe 1.6

- a) Inhomogene Mischkristalle sind Mischkristalle, bei denen die Verteilung der Fremdatome (Legierungsatome) innerhalb eines Kristalls bzw. Korns ungleichmäßig ist. Sie entstehen bei

schneller (er) Abkühlung, weil innerhalb der bereits festen Körner die Zeit für einen Konzentrationsausgleich durch Diffusion nicht ausreicht.

- b) Ja, ist bei technisch üblichen Abkühlbedingungen sogar die Regel.

Aufgabe 1.7

- a) ja
- b) Da das Hebelgesetz jeweils nur für zwei *Phasen* gilt, bei Raumtemperatur aber drei *Gefügebestandteile* vorliegen, muss es zweimal angewandt werden: Einmal bei eutektischer Temperatur zwischen den α -MK der Konzentration c_4 und der eutektischen Restschmelze, ein zweites Mal für die vorher errechneten α -MK zwischen den α -MK der Konzentration c_0 und den β -MK der Konzentration c_9 . (Mit den Daten in Abb. 1.92 ergeben sich folgende Gefügebestandteile: Eutektikum 60%, α -MK $\approx 32\%$, sekundäre β -MK $\approx 8\%$.)

Anmerkung: Die im Eutektikum ebenfalls ablaufende Segregatbildung führt lediglich zu einer weiteren Verfeinerung des im Allgemeinen schon feinen Gefüges, aber nicht zu einer Veränderung der Gesamtzusammensetzung des Eutektikums. Da auch das Eutektikum aus den Phasen α -MK und β -MK besteht, sind diese bei Raumtemperatur mit insgesamt 65% bzw. 35% vorhanden.)

Aufgabe 1.8

stofflich: Legierung muss bei höherer Temperatur (zumindest teilweise) aus Mischkristallen bestehen, Löslichkeit muss bei abnehmender Temperatur abnehmen (Segregatbildung bei langsamer Abkühlung), Auslagern muss zu Ausscheidungen im Gitter führen.

technisch: Glühtemperatur muss beherrschbar sein, Mischkristalle müssen so schnell abgekühlt werden können, dass Segregatbildung unterdrückt wird (Unterkühlung), Ausscheidungen im Gitter müssen zu einer Festigkeitssteigerung führen.

wirtschaftlich: höhere Festigkeit muss Aufwand für Wärmebehandlung rechtfertigen.

Aufgabe 1.9

Ausscheidungen müssen eine bestimmte Größe haben, damit Widerstand gegen Schneiden und

Umgehen optimal abgestimmt ist. Temperatur zu niedrig oder Zeit zu kurz: keine oder zu kleine Ausscheidungen, kein bzw. zu geringer Widerstand gegen Schneiden. Zeit zu lang: Ausscheidungen zu groß (Überalterung), Widerstand gegen Umgehen geringer. Temperatur zu hoch: Ausscheidungen nicht im Gitter, sondern auf den Korngrenzen (Segregate), keine Härtung.

Aufgabe 1.10

Stoffe mit metallischer Bindung zeichnen sich durch gute plastische Verformbarkeit und große elektrische Leitfähigkeit aus. Plastische Verformbarkeit weil Atomrümpfe gleichwertig sind und Platzwechsel deshalb nicht zur Störung der Bindung führen, elektrische Leitfähigkeit, weil sich zwischen den Atomrümpfen frei bewegliche Elektronen für den Ladungstransport befinden.

Aufgabe 1.11

Im krz-Gitter sind die Atome nicht in dichtester Kugelpackung, so dass Bewegungen größere Schubspannungen erfordern (s. Abb. 1.47).

Aufgabe 1.12

- a) Für anodische Spannungsrissskorrosion sind erforderlich: mechanische Zugspannung, (An) Riss, spezifischer Elektrolyt.
- b) Bei anodischer Spannungsrissskorrosion führt die Spannung zu erhöhter Versetzungsdichte an der Rissspitze, wodurch diese anodisch wird. Durch den Korrosionsprozess wird die Rissspitze deshalb bevorzugt aufgelöst, was letztlich zu einem beschleunigten Risswachstum führt. An der Kathode kann ggf. Wasserstoff entstehen.

Bei kathodischer Spannungsrissskorrosion ist atomarer Wasserstoff im Werkstoff. Wenn sich daraus im Werkstoff Wasserstoffmoleküle bilden, kommt es zu hohen lokalen Spannungen und zu Rissbildung. Ein elektrochemischer Korrosionsprozess ist dafür nicht erforderlich, weshalb der Begriff Wasserstoffversprödung zutreffender ist.

Aufgabe 1.13

zur Lösung benötigt man die Gleichung in 1.2.2.5 mit der HALL-PETCH-Beziehung:

$$\sigma_F = \sigma_0 + c_1 \cdot \sqrt{N} + c_2$$

Mit
$$\sigma_0 + c_1 \cdot \sqrt{N} = \sigma_F - c_2$$

$$\sigma_0 + c_1 \cdot \sqrt{N} = 135,5 \text{ MPa} \quad \text{und}$$

$$c_2 = 23,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{mm}}$$

und den Werten für d_1 , σ_{F1} , d_2 , σ_{F2} ergibt sich:
und damit $d_x = 0,012 \text{ mm}$.

Aufgabe 1.14

Bei Wasserstoffkorrosion wird an der Kathode Wasserstoff reduziert, sie ist nur in sauren Elektrolyten möglich. Sauerstoffkorrosion ist dagegen in allen Elektrolyten möglich, auch in neutralen. Der Reduktionsprozess (= Aufnahme von Elektronen) erfolgt hier nach der Beziehung: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$.

Aufgabe 1.15

Auch bei Gleichgewichtsprozessen ist ein Überhitzen oder Unterkühlen erforderlich, um die notwendige Energie für den Beginn des Schmelzens bzw. Kristallisierens oder Umkristallisierens bereit zu stellen.

Kapitel 2

Aufgabe 2.1

- Der Heißriss entsteht zwischen der Liquidus- und Solidustemperatur bei Legierungen oder bei Werkstoffen, die eine Mindestmenge an „bestimmten“, niedrigschmelzenden Verunreinigungen/Verbindungen enthalten. Beim Aufeinandertreffen der bei höheren Temperaturen entstandenen Körner kann die zwischen ihnen noch vorhandene Restschmelze die auftretenden Schrumpfspannungen nicht mehr übertragen.
- Als Ergebnis der Kristallisation der Schweißschmelze entstehen bei krz Metallen häufig schmale Stängelkristalle, deren Kristallisationsfronten in der Nahtmitte aufeinandertreffen. Die hier erstarrende Restschmelze enthält den größten Anteil der im Stahl bereits vorhandenen niedrigschmelzenden, nichtlöslichen Verunreinigungen.

- Nahtform (Abb. 2.31), geringere Wärmeeinbringung und Werkstoffe mit kleinem Erstarungsintervall (Abschn. 2.5.4).

Aufgabe 2.2

- Bereiche, in denen die Rekristallisationstemperatur überschritten wurde rekristallisieren, d. h. die ursprüngliche Festigkeit ist erst nach einem erneuten Kaltverformen erreichbar. Diese Maßnahme ist in der Praxis aus wirtschaftlichen und technischen Gründen kaum durchführbar. Bei kritisch verformten Teilen entsteht in Bereichen mit $T > T_{\text{RK}}$ auch Grobkorn.
- Bei Stahl kann durch künstliche Alterung in Temperaturbereichen mit $T \approx 500 \text{ K}$ bis 600 K ein starker Zähigkeitsabfall entstehen.

Aufgabe 2.3

- In der Wärmeeinflusszone kommt es zur Abnahme der Härte und Festigkeit, vor allem aber der Zähigkeit.
- In einem schmalen Bereich neben der Schmelzgrenze werden beim Erwärmen die festigkeitserhöhenden Ausscheidungen wieder gelöst und scheiden sich beim Abkühlen nicht vollständig oder in einer nachteiligen Form wieder aus. In einem daran anschließenden Bereich sind die Ausscheidungen durch Koagulation überaltert. Eine optimale Form, Anzahl und Verteilung der Ausscheidungen wird also nicht annähernd erreicht.
- Wenn möglich, geschweißtes Bauteil als Ganzes glühen, abschrecken und auslagern. (In solchen Fällen ist es natürlich wirtschaftlicher erst zu schweißen und dann auszuhärten.)

Aufgabe 2.4

Beim Schweißen werden die zu verbindenden Teile über Liquidustemperatur erwärmt und es gibt eine Durchmischung der Schmelzen, ggf. mit der des zugeführten Zusatzwerkstoffes. Beim Löten ist nur der Zusatzwerkstoff flüssig, die Arbeitstemperatur bleibt unter der Solidustemperatur der zu verbindenden Teile. Eine stoffliche Verbindung erfolgt nur durch Diffusion an der Phasengrenze fest-flüssig.

Aufgabe 2.5

- a) Temperaturgrenze ist die Rekristallisationstemperatur.
 b) Ja, z. B. können Zinn und Blei unterhalb Raumtemperatur rekristallisieren.

Aufgabe 2.6

Da rekristallisiertes Korn praktisch wieder volle Verformungsfähigkeit besitzt, können beliebig große Umformgrade erreicht werden, wenn die beim Umformen eingebrachte Energie ausreicht, um die Umformtemperatur aufrecht zu halten.

Aufgabe 2.7

- a) Auflösen von Segregaten, Homogenisierung (ggf. mit Beseitigung von Kristallseigerungen), Kornwachstum.
 b) Kornneubildung (Rekristallisation) vor Beginn des Kornwachstums.

Aufgabe 2.8

- a) Lunker sind Hohlräume in oder an Gussstücken.
 b) Sie entstehen, wenn die Volumenänderung durch das Schwinden beim Übergang flüssig/fest nicht durch nachfließende Schmelze ausgeglichen wird.
 c) Außenlunker: Formabweichungen, Innenlunker an Materialanhäufungen in Gussstücken: Festigkeitseinbuße, Röhren- oder Fadenlunker in Blöcken: Bildung von Doppelungen in Walzprodukten, Mikrolunker: Beeinträchtigung der Oberfläche beim Anschneiden durch spangebende Bearbeitung.

Aufgabe 2.9

- a) Zugabe von keimbildenden Stoffen kurz vor dem Abguss.
 b) feinkörnigeres Gefüge im Gussteil.

Aufgabe 2.10

Der sogenannte Grünkern schrumpft, weil die Pulverpartikel größere Einheiten bilden und dadurch das Porenvolumen verringert wird.

Aufgabe 2.11

Das Streben nach einem Energieminimum: Die hohe Oberflächenenergie des Pulvers bewirkt

eine Diffusion, wodurch die Oberfläche und damit Oberflächenenergie verringert wird.

Aufgabe 2.12

Die Temperatur muss unter der eutektischen Temperatur liegen: Doch die bei rascher Abkühlung erfolgende Kristallseigerung können Reste eutektischer Zusammensetzung vorhanden sein, die bei höheren Glühtemperaturen anschmelzen würden.

Kapitel 3**Aufgabe 3.1**

- a) A ist die Bruchdehnung eines Proportionalstabes mit der Messlänge $L_0 = 5 d_0$, $A_{11,3}$ die Bruchdehnung eines (langen) Proportionalstabes mit der Messlänge $L_0 = 10 d_0$.
 b) Ja, wenn ein langer Proportionalstab ohne Einschnürung bricht, weil sich an diesem A und $A_{11,3}$ ermitteln lässt.

Aufgabe 3.2

- a) Konzentration von Kohlenstoffatomen an Versetzungen (COTTRELL-Wolke) führt zu deren Blockade, nach dem Losreißen sinkt die für Versetzungsbewegung erforderliche Spannung.
 b) Nein, z. B. sind in austenitischen Stählen die Kohlenstoffatome gleichmäßig verteilt.

Aufgabe 3.3

Die Zahlenwerte sind abhängig vom Prüfverfahren und ggf. von den Prüfparametern.

Aufgabe 3.4

$$R_{p0,2} = 280 \text{ MPa}, F_m = 350 \text{ MPa}, \\ A = 15\%, Z = 31\%$$

Aufgabe 3.5

Dauerfestigkeit ist ein Werkstoffkennwert, ermittelt bei konstanter Schwingungsbelastung (konstante Mittelspannung, konstante Amplitude), Betriebsfestigkeit das Verhalten von Bauteilen bei veränderlicher Schwingungsbelastung, welche die betrieblichen Bedingungen simuliert.

Aufgabe 3.6

Hexagonales oder kubisch-raumzentriertes Gitter: zu wenig oder ungünstige Gleitsysteme, tiefe Temperaturen: eingeschränkte plastische Verformungsfähigkeit, mehrachsige Spannungszustände: Schubspannungen zu niedrig für Versetzungsbewegungen, Werkstoffe hoher Festigkeit: geringe Umformfähigkeit, Schlagbeanspruchung, ungleichmäßiges Gefüge (fehlerhafte Wärmebehandlung, Schweißnahtbereiche).

Aufgabe 3.7

Eine Spannung von $450 \text{ N/mm}^2 = 450 \text{ MPa}$ bewirkt bei 550°C nach 10.000 h eine plastische Verformung von 1 %.

Aufgabe 3.8

Zeitfestigkeit = Schwingfestigkeit bei einer bestimmten Anzahl von Schwingspielen, Zeitstandfestigkeit = statische (Warm) Festigkeit für eine bestimmte Anzahl von Stunden.

Aufgabe 3.9

Energiebedarf, Sprödbruch: frei werdende elastische Energie ist größer als Bedarf zum weiteren Bruch, Verformungsbruch: in der Regel weitere Energie von außen erforderlich.

Aufgabe 3.10

- Unterteilung der Bruchfläche in Anrissfläche(n) und Restbruchfläche, Rastlinien.
- Größenverhältnis Anrissfläche/Restbruchfläche: Höhe der Beanspruchung, Anordnung der Anrissfläche(n) und Form der Rastlinien: Beanspruchungsart, Form der Anrissfläche(n) und der Rastlinien: Kerbeeinfluss (s. auch Abschn. 8.6).

Aufgabe 3.11

Die zulässige Spannungsamplitude nimmt mit zunehmender statischer Vorspannung ab, weil sonst die Gefahr besteht, dass die statische Festigkeit überschritten wird.

Aufgabe 3.12

Daueranrisse entstehen in der Regel an der Oberfläche durch Versetzungsbewegungen in den äußeren Körnern. Es bilden sich so genannte Inclusionen, die letztlich Risskeime sind.

Aufgabe 3.13

Schwingungsstreifen sind (meist mikroskopisch kleine) Spuren plastischer Verformung beim Risswachstum, Rastlinien sind (makroskopische) Korrosionsmerkmale (Rastlinie = Rostlinie) und entstehen, wenn ein Anriss unter Betriebsbelastung zeitweise nicht weiter wächst.

Aufgabe 3.14

Jedes Verfahren hat eine absolute untere Nachweisgrenze, kleinere Fehler können nicht erkannt werden, Fehler, die nur etwas größer sind, werden oft nicht erfasst.

Aufgabe 3.15

- Bei der Korngrenzenätzung sind im Schliffbild nur die Korngrenzen zu sehen, bei der Kornflächenätzung haben die Kornflächen unterschiedliche Färbung.
- Je nach Lage der Gitterebenen werden die Kornflächen beim Ätzen unterschiedlich aufgeraut, wodurch sich bei Beleuchtung unterschiedliche Schatten oder Farbinterferenzen bilden.

Aufgabe 3.16

keine Blendwirkung, Farben besser erkennbar.

Aufgabe 3.17

bei höherer Vergrößerung Schärfentiefe deutlich unter $1 \mu\text{m}$.

Kapitel 4**Aufgabe 4.1**

- $T_1: \approx 100\%$, T_2 bis T_4 , Berechnung mit dem Hebelgesetz: 74 %, 51 % und 32 %.
- Achtung: Die Martensitanteile haben unterschiedlichen Kohlenstoffgehalt, sind aber, für sich betrachtet, jeweils zu ca. 99,5 % martensitisch: $T_1: C=0,2\%$, $\approx 44\text{HRC}$; $T_2: C=0,27\%$, $\approx 48\text{HRC}$; $T_3: C=0,39\%$, $\approx 54\text{HRC}$; $T_4: C=0,63\%$, $\approx 64\text{HRC}$.
- Im Gegensatz zu Gefügen, die nach vollständiger Austenitisierung nur teilweise gehärtet werden, besteht das Gefüge hier aus Ferrit und dem Martensit gemäß b) und die Härte wäre nach der Mischungsregel (siehe Abschn. 1.7.1)

zu berechnen. Bei Vernachlässigung der Härte des sehr weichen Ferrits: $T_1: \approx 44\text{HRC}$; $T_2: \approx 36\text{HRC}$; $T_3: \approx 28\text{HRC}$; $T_4: \approx 20\text{HRC}$.

Aufgabe 4.2

Der Umklappvorgang bei der Bildung der ersten Martensitnadeln durchsetzt immer ein ganzes Austenitkorn. Daraus folgt: je größer ein Austenitkorn, desto stärker werden die umgebenden Bereich verspannt, wodurch das Martensitgefüge spröder wird und die Neigung zu Härterissen steigt.

Aufgabe 4.3

- Durch Seigerungen bei der Primärkristallisation (insbesondere Phosphor) entstehen Bereiche mit wenig Kohlenstoff und solche mit mehr Kohlenstoff. Beim Warmumformen werden die Körner in Umformrichtung gestreckt (Primärzeiligkeit) und wandeln bei Abkühlung um zu Ferrit (kohlenstoffarm) bzw. Perlit (kohlenstoffreicher). Dadurch entsteht die Sekundärzeiligkeit.
- Bei Walzprodukten bewirkt die Zeiligkeit meist schlechtere Zähigkeitseigenschaften quer zur Walzrichtung, insbesondere bei Flachprodukten (Bleche, Bänder) rechtwinklig zur Walzebene.

Aufgabe 4.4

Verschmutzungen beim Umformen oder Oxidbildung beim Schweißen beeinträchtigen die Korrosionsbeständigkeit.

Aufgabe 4.5

Kohlenstoff bewirkt als Austenitbildner, dass hochlegierte ferritische Chrom-Stähle auch umwandlungsfähig werden können: perlitisch-martensitische und halb-ferritische Chrom-Stähle. Sowohl in ferritischen Chrom-Stählen als auch in austenitischen Chrom-Nickel-Stählen wird durch höheren Kohlenstoffgehalt die Bildung von Chromcarbiden begünstigt, wodurch bei den Stählen interkristalline Korrosion auftreten kann. Diese Gefahr ist in den ferritischen Stählen wegen der günstigeren Diffusionsbedingungen größer als in den austenitischen.

Aufgabe 4.6

Die Löslichkeit ist in kfz-Eisen trotz dichtester Kugelpackung größer, weil die zur Verfügung

stehenden Gitterlücken größer sind und deshalb die umgebende Matrix durch Einlagerungsatome nicht so stark verspannt wird. Gleichzeitig erschwert aber die dichteste Kugelpackung Diffusionsprozesse, so dass Diffusion in kfz-Eisen schneller erfolgt.

Aufgabe 4.7

- In tetragonalem Martensit ist der gesamte Kohlenstoff zwangsgelöst. Bei kubischem Martensit hat sich ein Teil des Kohlenstoffs als Fe_2C (ϵ -Carbid) ausgeschieden, wodurch dieser eine etwas geringere Härte und Sprödigkeit hat.
- Tetragonaler Martensit entsteht durch Abschrecken von Austenit auf Temperaturen unter M_s (ggf. unter M_p). Durch Entspannen von tetragonalem Martensit bei Temperaturen zwischen 100°C und 200°C scheiden sich die ϵ -Carbide aus und es bildet sich kubischer Martensit.

Aufgabe 4.8

Kohlenstoff

Aufgabe 4.9

Ca. 4 Sekunden. Lösungsweg: $d=20\text{mm} \rightarrow t_{\text{Austenitisieren}} \approx 30\text{min} \approx 2 \cdot 10^3\text{s}$. Nach dieser Zeit wird gem. Abbildung 4.129 bei 850°C die ASTM-Korngröße ≈ 8 erreicht, bei 1.100°C nach 4s.

Aufgabe 4.10

Gebrochenes Härten oder Warmbadhärten; die weitere Abkühlung in den Martensitbereich kann langsamer erfolgen, dadurch werden Spannungen infolge Temperaturdifferenzen (teilweise) abgebaut und überlagern sich nicht mit den Umwandlungsspannungen \rightarrow geringerer Verzug und geringere Rissgefahr.

Aufgabe 4.11

- Beim Bainitisieren wird die Temperatur (oberhalb M_s) gehalten bis die Umwandlung abgeschlossen ist, beim Warmbadhärten wird vor Beginn der Bainitbildung weiter abgekühlt.
- Bainitisieren: Bainit = nadeliger Ferrit mit feinen Zementitausscheidungen (in den Ferritnadeln oder auf deren Korngrenzen); Warmbadhärten: Martensit (evtl. auch kubisch).

Aufgabe 4.12

- Werkstoff, der sich nur in Randzonen härten lässt.
- Bei dem Werkstoff sind die kritischen Abkühlgeschwindigkeiten so hoch, dass sie selbst bei Wasserabschreckung nur in einer (schmalen) Randzone überschritten werden können.

Aufgabe 4.13

- Glühverfahren bei Eisenwerkstoffen, bei dem durch die zweimalige Umwandlung $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ ein feineres Korn erzeugt wird.
- Die meisten Eisenwerkstoffe werden **normalerweise** in diesem Zustand ausgeliefert.

Aufgabe 4.14

- Verfahren, bei denen Umformprozesse und Wärmebehandlungen zeitgleich kombiniert werden.
- Kostensparnis durch Wegfall nachträglicher Wärmebehandlungen; Erzeugung von Werkstoffzuständen, die durch Trennung Wärmebehandlungen und Umformprozessen nicht erzielt werden können.

Aufgabe 4.15

Perlitstufe: Temperatur so hoch, dass Kohlenstoff- und Eisenatome diffundieren können; Bainitstufe: nur noch Kohlenstoffatome können diffundieren, Platzwechsel von Eisenatomen nur durch Gitterumwandlung; Martensitstufe: Temperatur so niedrig, dass bei kurzen Zeiten keine Diffusion mehr erfolgt.

Aufgabe 4.16

Bei Umwandlung von kfz Austenit zum krz Ferrit gibt es eine Volumenzunahme durch Aufweitung des Gitters, weil das krz Gitter weniger dicht gepackt ist.

Aufgabe 4.17

- Wetterfester Stahl bildet unter normalen atmosphärischen Bedingungen eine (dichte) Rostschicht, die weiteres Rosten verhindert oder stark verlangsamt; rostfreier Stahl rostet unter normalen atmosphärischen Bedingungen nicht.
- Ja, rostfrei heißt nicht absolut korrosionsbeständig; z. B. gibt es bei rostfreien Stählen interkristalline Korrosion und Lochkorrosion.

Kapitel 5**Aufgabe 5.1**

- Da die Zwischenlagerbedingungen für alle Hülsen gleich sind, muss die Ursache im Werkstoff liegen: Die Legierung enthält anscheinend geringe Mengen an β -MK, dadurch verschlechtert sich die Umformfähigkeit und die geschädigten Hülsen haben höhere Eigenspannungen als die anderen, außerdem werden β -MK bevorzugt angegriffen.
- Spannungsarmglühen (200 °C bis 300 °C) vor der Zwischenlagerung zur Verringerung der Eigenspannungen, Lösungsglühen (des Vormaterials) im Einphasengebiet (ca. 300 °C bis 600 °C) zum Auflösen der β -Phase (vgl. Abb. 5.10).

Aufgabe 5.2

beide Werkstoffe kristallisieren hexagonal: nur wenige Gleitsysteme für Umformung.

Umformen bei höheren Temperaturen: Aktivierung weiterer Gleitsysteme.

Aufgabe 5.3

- homogene Legierungen aus kfz α -MK: relativ hohe Festigkeit (Mischkristallverfestigung!) bei guter bis sehr guter Umformfähigkeit.
- heterogene Legierungen aus kfz α -MK und krz β -MK: höhere Festigkeit, aber schlechte Umformbarkeit \rightarrow meist Gusslegierungen (kleines Erstarrungsintervall), schlechtere Korrosionsbeständigkeit.

Aufgabe 5.4

Veredeln = Zusetzen (Impfen) von geringen Mengen Natrium (oder Strontium) \rightarrow feinkörnige Erstarrung der eutektischen Schmelze.

Aufgabe 5.5

Beim Feuerverzinken (-verzinnen, -aluminieren) von Stahl, Schicht dient in der Regel dem Korrosionsschutz, Zink schützt besonders, weil es ggf. als Opferanode wirkt.

Aufgabe 5.6

Die meisten Legierungselemente sind unedler als Cu und bilden mit Sauerstoff Oxide.

Oxide bleiben auf den Korngrenzen, so dass die Legierungselemente nicht die elektrische Leitfähigkeit von Cu durch MK-Bildung mindern können.

Aufgabe 5.7

- a) Temperatur muss unter der eutektischen liegen, also maximal ca. 540 °C, weil durch stärkere Kristallseigerungen bei der schnelleren Abkühlung auch Restbereiche eutektischer Zusammensetzung entstanden sein können, die beim Lösungsglühen anschmelzen würden.
- b) Auflösung von Segregaten und Beseitigung von Kristallseigerung (Homogenisieren).

Aufgabe 5.8

Kupfer hat den geringeren Widerstand, kleinere Querschnitte möglich, geringere Erwärmung, aber teuer. Aluminium hat zwar höheren Widerstand, ist aber leichter und billiger: Einsatz dort, wo Gewicht gespart werden muss und eine Erwärmung sekundär ist (Freileitungen).

Aufgabe 5.9

Festigkeit nimmt mit steigendem Zinkgehalt stetig zu, Umformfähigkeit nimmt zunächst auch zu, durchläuft bei ca. 28 % Zn ein Maximum.

Aufgabe 5.10

Kupfer ist edler als Wasserstoff und korrodiert deshalb nur in Ausnahmefällen, Gleiches gilt für Nickel bei wenig aggressiven Elektrolyten, Aluminium ist sehr unedel, bildet aber bei Luftzutritt eine schützende Oxidhaut.

Aufgabe 5.11

- a) wird deutlich verringert.
- b) wird meist kaum beeinträchtigt.

Aufgabe 5.12

Bei Aluminiumlegierungen erfolgt das Glühen im (homogenen) Einphasengebiet über der Phasengrenze, bei Titanlegierungen im (heterogenen) Zweiphasengebiet dicht unter der Phasengrenze, weil sonst das Kornwachstum zu groß wäre.

Kapitel 6

Aufgabe 6.1

In nichtkristallinen Festkörpern besteht zwischen den Atomen nur eine so genannte Nahordnung, aber keine Fernordnung.

Aufgabe 6.2

Keramische Werkstoffe können mechanische Spitzenbeanspruchungen nicht durch lokale plastische Verformungen abbauen.

Aufgabe 6.3

Hohe Härte, hohe Warmfestigkeit, gute Korrosionsbeständigkeit, hohe Wärmeleitfähigkeit, großer spezifischer elektrischer Widerstand, niedrige Dielektrizitätskonstante.

Härte, Warmfestigkeit: Schneidplatten.

Härte, Korrosionsbeständigkeit, Wärmeleitfähigkeit: Gleitringdichtungen.

Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Widerstand, Dielektrizitätskonstante: Substratwerkstoff.

Aufgabe 6.4

- a) elektrische Polarisation oder spontane Dipolbildung
- b) Dielektrizitätskonstante
- c) Es bewegt sich auf ein Sauerstoffion zu, so dass sich ein lokaler Dipol bildet.

Aufgabe 6.5

- a) Polyacrylnitril
- b) große Reißlänge und hohe Steifigkeit.

Aufgabe 6.6

Z. B. Diamant, Siliciumcarbid, Wolframcarbid (weitere s. Abschn. 6.5).

Aufgabe 6.7

Tiegelziehmethode oder Zonenziehmethode (Zonenschmelzen).

Aufgabe 6.8

Die Inversionsdichte gibt an, wieviele Elektronen bzw. Löcher bei 293 K als freie Ladungsträger anzusehen sind. Sie beträgt z. B. für Silicium 10^{10} cm^{-3} . Bei dieser Konzentration kehrt sich

bei dotierten Halbleitern der Leitungstyp von der p-Halbleitung $p > n$ in die n-Halbleitung $n > p$ um.

Aufgabe 6.9

Galliumphosphid GaP und seine Mischkristalle mit Galliumarsenid GaAs.

Aufgabe 6.10

Bei Lichteinstrahlung auf eine Solarzelle aus z. B. Silicium bilden sich Elektronen-Loch-Paare. Die Elektronenlöcher sammeln sich im negativ geladenen Teil der Raumladungszone, die Elektronen im positiv geladenen Raumladungsbereich. Zwangsläufig entsteht zwischen beiden Bereichen eine Spannung, die so genannte Leerlaufspannung.

Kapitel 7

Aufgabe 7.1

Eingruppierung in

Thermoplaste

- mit linearen und auch verzweigten Molekülketten,
- löslich, schmelzbar, mit überwiegend energie-elastischem Verformungsverhalten

thermoplastische Elastomere

- mit physikalisch vernetzten Molekülketten,
- löslich, schmelzbar, mit überwiegend entropie-elastischem Verformungsverhalten

Elastomere

- mit chemisch schwach vernetzten Molekülketten,
- nicht löslich, nicht schmelzbar, quellbar, mit überwiegend entropie-elastischem Verformungsverhalten

Duroplaste

- mit chemisch stark vernetzten Molekülketten,
- nicht löslich, nicht schmelzbar, nicht quellbar,
- mit energie-elastischem Verformungsverhalten

Aufgabe 7.2

Elastische, viskose und viskoelastische Verformung werden einzeln berechnet und addiert (Boltzmannsches Superpositionsprinzip); die zeitlich abhängige Gesamtverformung stellt die Kriechkurve dar.

Aufgabe 7.3

- a) Durch Hintereinanderschaltung der Modellkomponenten Hookesche Feder und Newtonscher Dämpfer zum Maxwell-Modell lässt sich bei gleichbleibender Dehnung die zeitlich abnehmende Spannung, die Relaxation, darstellen.
- b) Mit der Parallelschaltung von Feder und Dämpfer beim Voigt-Kelvin-Modell lässt sich bei gleichbleibender Belastung die zeitlich zunehmende Dehnung, das Kriechen, darstellen.

Aufgabe 7.4

Das Monomer muss eine Doppelbindung haben. Die bei der Kettenbildung entstehende exotherme Wärme muss kontrolliert abgeführt werden, weil die Doppelbindung im Monomer eine höhere Bindungsenergie hat als die Einfachbindung in der sich bildenden Kette.

Aufgabe 7.5

Durch den (mittleren) Polymerisationsgrad n , d. h. die (mittlere) Anzahl der Kettenbausteine je Polymerkette oder durch die (mittlere) relative Molekülmasse, d. h. Molekülmasse des Kettenbausteins multipliziert mit dem (mittleren) Polymerisationsgrad.

Aufgabe 7.6

Copolymer: Makromoleküle aus mindestens zwei verschiedenen Kettenbausteinen, chemisch im Kettenverband gebunden; Polyblend: physikalische Mischung (Gemenge) aus mindestens zwei verschiedenen Polymersorten.

Aufgabe 7.7

Die Thermoplaste müssen aus schlanken Kettenmolekülen bestehen, die keine oder nur kleine nicht störende Seitengruppen enthalten, dann können sich Kettenabschnitte parallel nebeneinander ausrichten und sogenannte kristalline Bereiche innerhalb der sonst amorphen Umgebung ausbilden.

Aufgabe 7.8

Taktizität beschreibt bei Kunststoffen mit Seitengruppen die Regelmäßigkeit von deren Anordnung entlang der Kettenmoleküle. Je

regelmäßiger die Seitengruppenanordnung desto größer ist die Neigung zur Kristallisation.

Aufgabe 7.9

Innere (chemische) Weichmachung: Verbindung von harten und weichen Kettensegmenten zu Polymermolekülen durch Copolymerisation, innerhalb der Ketten (Block-Copolymerisation) oder durch aufgepfropfte Kettenabschnitte entlang der Polymerketten (Pfropf-Copolymerisation); äußere (physikalische) Weichmachung: Lösen von hochsiedenden Lösungsmittel-Molekülen im thermoplastischen Kunststoff (oft PVC), dadurch zäh-elastisches Verhalten und Verschiebung des Glastemperaturbereiches zu niedrigeren Temperaturen.

Aufgabe 7.10

Zunahme bei Elastizitätsmodul, Zugfestigkeit, Härte; Abnahme bei Dehnbarkeit, Schlagzähigkeit.

Durch das Verstrecken werden die Molekülketten orientiert. Es können zusätzliche kristalline Bereiche entstehen oder bereits vorhandene vergrößern sich. Dadurch verändern sich mechanische Eigenschaften anisotrop (richtungsabhängig). Bei Beanspruchung in Orientierungsrichtung werden die Molekülketten in höherem Maße in Richtung der Hauptvalenzbindungen belastet. Die Bindungskräfte der Hauptvalenzen sind um ein Vielfaches größer als die der Nebenvalenzen.

Aufgabe 7.11

Die Schmelztemperatur T_s ist abhängig von der Kettenlänge der Moleküle, die jedoch nicht alle gleich lang sind. Bei teilkristallinen Thermoplasten erfolgt das Schmelzen der kristallinen und amorphen Strukturen außerdem nicht gleichzeitig und bei etwas unterschiedlichen Temperaturen.

Aufgabe 7.12

- Schar von Spannung/Dehnung-Kurven $\sigma(\varepsilon)$ für verschiedene Belastungszeiten
- Ablesung der zeitabhängigen Verformungszunahme $\varepsilon(t)$ (Kriechen) für beliebige gleichbleibende Belastungswerte oder Ablesung der zeitabhängigen Spannungsabnahme $\sigma(t)$ (Relaxation) für beliebige gleichbleibende

Verformungswerte; Vergleich verschiedener Werkstoffe: je geringer die Auffächerung der Kurven, desto schwächer ist der Zeiteinfluss auf mechanisches Verhalten.

Aufgabe 7.13

Kunststoffabfälle lassen sich entweder zu wiederverwendbaren Füllstoffen schreddern oder man kann deren zum Teil sehr hohen Heizwert als Wärmeenergie nutzen.

Aufgabe 7.14

Glaszustand bei tiefen Temperaturen:

für alle Kunststoffarten hartes, sprödes, energie-elastisches Verhalten

Erweichungsbereich bzw. Glasübergangsbereich oberhalb des Glaszustandes:

bei Erwärmung über die Glastemperatur für Duroplaste weiterhin Verhalten wie im Glaszustand, für alle anderen Kunststoffsorten

im sogenannten erweichten Zustand:

kunststoff-spezifisch mehr oder weniger stark ausgeprägtes energie-elastisches (hartes) und/oder entropie-elastisches (zähes) Verhalten, Elastomere überwiegend entropie-elastisch (gummi-elastisch);

im Schmelzübergangsbereich:

für die schmelzbaren Kunststoffe Thermoplaste und thermoplastische Elastomere, Übergang zur zähflüssigen Schmelze;

im Fließbereich:

bei Überhitzung der Schmelze sowie für die nicht schmelzbaren Kunststoffe Erreichen der Zersetzungstemperatur

Aufgabe 7.15

Durch die Darstellung von Schubmodulwerten, ermittelt aus Torsionsschwingversuchen bei verschiedenen Temperaturen, lassen sich über die unterschiedlichen Niveaus der Modulwerte die kunststoff-spezifischen Zustands- und Übergangsbereiche temperaturabhängig zuordnen.

Aufgabe 7.16

Die bei Elastomeren ungeordneten Molekülabschnitte zwischen den Vernetzungspunkten sind amorph und lassen sich während des Streckens leicht ausrichten, was zu einer momentan anhal-

tenden Kristallisation und Verfestigung führt. Diese Veränderungen gehen nach Entlastung spontan zurück.

Kapitel 8

Aufgabe 8.1

Analyse ist schwierig, weil 1. immer alle Komponenten eines Verschleißsystems einbezogen werden müssen und 2. Verschleißschäden meist so weit fortgeschritten sind, dass die primären Merkmale bereits zerstört sind.

Aufgabe 8.2

- Aufstellung einer fundierten Schadenshypothese
- ausreichende Erfahrung.

Aufgabe 8.3

- Einsatz „moderner“ Werkstoffe bei gleichbleibender Konzeption oder Änderung der Konzeption bei „altem“ Werkstoff oder Einsatz „moderner“ Werkstoffe und gleichzeitige Änderung der Konzeption
- Hochwertige, teure Werkstoffe, weil sie bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit eingesetzt werden.

Aufgabe 8.4

- Wiederholung von Untersuchungen nicht möglich, weil Untersuchungsmaterial oft nur einmalig verfügbar ist.
- Sichtprüfungen ohne Veränderung des Ausgangsmaterials.

Aufgabe 8.5

falsche Werkstoffwahl, Werkstoffverwechslung, Fehler bei Wärmebehandlung oder Oberflächenbehandlung.

Aufgabe 8.6

Aus dem Schadensbild der geschädigten Bauteile lässt sich meist die Schadensart eindeutig bestimmen und lässt dadurch Rückschlüsse auf mögliche Ursachen zu.

Aufgabe 8.7

Bevorzugte Lösung von atomarem Wasserstoff an Fehlstellen, weil dort das Gitter aufgeweitet ist → Wahrscheinlichkeit steigt, dass zwei Wasserstoffatome ein H_2 -Molekül bilden → Großer H_2 -Druck im Bereich der Fehlstellen → Gleichgewicht zwischen H_2 -Druck und gelöstem Wasserstoff gestört → Nachdiffundieren von Wasserstoff zu den Fehlstellen → Kombination von hoher Fehlstellendichte und ausreichendem Wasserstoffangebot fördert Wasserstoffversprödung.

Aufgabe 8.8

Bildung von Dampfblasen in Flüssigkeiten durch lokales Unterschreiten des Dampfdrucks → Implosion der Dampfblasen bei Druckanstieg → Druckstöße infolge Implosion und Flüssigkeitsstrahle hoher Geschwindigkeit bewirken Ermüdungsschäden in der Oberfläche..

Aufgabe 8.9

Aussage kann falsch werden, wenn Restbruch spröde erfolgte.

Aufgabe 8.10

Entstehen großer Drücke auf den Korngrenzen durch Bildung von H_2 -Molekülen (Drucktheorie) bzw. Wassermolekülen (Wasserstoffkrankheit), interkristalline Risse.

Sachverzeichnis

A

- Abdrucktechnik, 171
Abkühlgeschwindigkeit, 24-26, 44, 48, 57, 63, 98, 112,
113, 178, 187, 196-198, 200, 202, 211
beim Schweißen, 104
kritische, 30, 31, 200, 201, 204, 211
obere kritische, 197, 200, 204
untere kritische, 197, 200
Schweißen, 104
Abkühlzeit ($t_{8/5}$), 251
Abrasion, 492
Abschreckalterung, 190
Abschrecken, 190, 195, 196, 209-211, 213, 217, 218,
220, 225, 251, 274-276, 284, 330, 337, 346, 510
Abschreckmittel, 211, 212
Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymerisat, 430
Additiv, 454, 455
Adhäsion, 491
ADI-Eisen, 300
Adsorption, 494
Aktivierungsenergie, 6, 24, 30, 32, 33, 493
Akzeptor, 384-387
Akzeptorniveau, 386
Aldehyd, 408
Alkohol, 408
Allotropie (Siehe auch Polymorphie), 5
Alterung
künstliche, 190
natürliche, 190
Neigung zur, 190
Aluminium, 332, 335
aushärtbare Al-Si-Cu-Legierung, 339
aushärtbare Al-Si-Mg-Legierung, 338
aushärtbare Legierung, 338
elektrische Leitfähigkeit, 334
elektrolytische Oxidation, 333
Gusslegierung, 338
Gusstextur, 334
Knetlegierung, 337
Kolbenlegierung, 339
Oxidschicht, 333
Polierbarkeit, 334
Raffinationselektrolyse, 333
Strangpressen, 334
thermische Ausdehnung, 334
unlegiertes, 333
Wärmebehandlung, 336
Aluminiumlegierung, 338
Verarbeitung, 339
Aluminiumoxid, 367
Amid, 408
Amin, 408
Aminoharz, 418
Aminoplast, 418, 440
amorpher Stoff, 1
Analyse, thermische, 45
Anion, 2, 67, 369
Anisotropie, 5, 11, 12, 17, 92, 162, 163, 193
senkrechte, 163
Anlassbeständigkeit, 216, 228, 251, 253, 255, 257, 283
Anlassen, 216
Anlassstufe, 216
Anlassstemperatur, 160, 206, 215, 216
Anlassvergüten, 216
Anlassversprödung, 219
Anodenpotenzial, 70
Anodisation, 333
Antiblockmittel, 455
Antistatikum, 455
äquikohäsive Temperatur, 39
Aramidfaser, 456
Atombindung, 403
Atomrumpf, 1-3, 6
Aufbereitung, 82
Aufhärbarkeit, 214, 254
Aufhärtung in der Wärmeeinflusszone, 102
Aufkohlen, 221, 223, 224
Ausferrit, 300
Ausforming, 245
Aushärten, 63, 100
Auslagern, 64
Ausscheidung
inkohärente, 64
kohärente, 64
teilkohärente, 64
Ausscheidungshärtung, 63
Ausscheidungsriss, 263
Außenlunker, 88, 508
Austauschmischkristall, 42
Austenit, 175
homogener, 193-195, 209, 245

- inhomogener, 194, 195
 - labiler, 270, 275
 - stabiler, 275
 - Umwandlung, 204
 - Austenitbildner, 229
 - Austenitumformung, 245
 - Automatenmessing, 318
 - Automatenstahl, 189
- B**
- B(10^5), 132
 - Bainit, 198-200
 - körniger, 199, 200
 - nadeliger, 199, 200
 - oberer, 199, 201
 - unterer, 199, 200
 - Bainitisieren, 218-220
 - Bändermodell, 382
 - Basisgleitung, 19
 - Baumann-Abdruck, 168, 190
 - Baumann-Hammer, 148
 - Bauschinger-Effekt, 128, 129
 - Baustahl, 182, 189-191, 200, 202, 230, 235, 237, 239-242, 244
 - Beanspruchung
 - einstufige, 132
 - mehrstufige, 134, 135
 - schwingende, 131, 133-137, 139-143
 - Beanspruchungsgeschwindigkeit, 127, 149, 159
 - Beanspruchungsgrad, 144, 145
 - Beizblase, 279
 - Beizprobe, 165
 - Beizsprödigkeit, 192
 - Belastungsgeschwindigkeit, 129
 - Belüftungselement, 73
 - Benzol, 407
 - Berührungskorrosion, 73
 - Berylliumoxid, 367
 - Beständigkeitsschaubild, 76
 - Betriebsfestigkeit, 136
 - Biegeschwellfestigkeit, 135
 - Biegeversuch, 126, 136, 149, 153, 155-158, 162
 - Biegewechselfestigkeit, 136, 137, 139
 - Bildgüte, 167
 - Bindung
 - Doppelbindung, 406
 - Hauptvalenzbindung, 405
 - heteropolare, 2
 - kovalente, 2, 373, 403
 - metallische, 1
 - polare, 404
 - unpolare, 404
 - Bindungsform, 1
 - Blaubruch, 190
 - Blei, 351
 - Legierung, 352
 - Bleiglas, 361
 - Bleivergiftung, 351
 - Blochwand, 16
 - Block-Copolymerisation, 415
 - Blockguss, 89
 - Blockseigerung, 87
 - Bor
 - Einfluss auf Härtebarkeit, 249, 253
 - Einfluss auf Kriechfestigkeit, 262
 - Borcarbid, 378
 - Bornitrid, 378
 - Borsilicatglas, 361
 - Braggsche Reflexionsgleichung, 171
 - Brandschutzmittel, 454
 - Brinellverfahren, 144
 - Bronze, 319
 - Bezeichnung, 311
 - Bruch
 - interkristalliner, 496
 - Krater-Kegel, 151
 - Trichter, 150
 - Bruchdehnung, 123
 - Brucheinschnürung, 124
 - Bruchfläche
 - makroskopische Merkmale, 496
 - Bruchmechanik, 152
 - Bruchquerschnittsvergrößerung, 125
 - Bruchschwingspielzahl, 133
 - Bruchspannung, 158
 - Bruchstauchung, 125
 - Bruchzähigkeit, 154
 - Bucky Ball, 393
 - Butylen (Buten), 407
- C**
- Cadmiumsulfid, 382, 391
 - Calciumfluoritgitter, 369
 - Carbidbildner, 229
 - Carbon Nano Tube, 394
 - Carboxylgruppe, 408
 - Chromäquivalent, 277
 - Chrom-Nickel-Stahl
 - austenitischer, 271, 275
 - Chromstahl
 - ferritischer, 271, 273
 - perlitisch-martensitischer, 271
 - Chromverarmungstheorie, 267
 - Copolymerisat, 414
 - Cottrell-Wolke, 130, 494, 508
 - Crack-Arrest-Temperature (CAT), 159
 - CT-Probe, 157
 - 475°C-Versprödung 274
 - Curie-Punkt, 175
- D**
- Dauerbruch, 142
 - Dauerfestigkeit, 134
 - bruchmechanische, 155
 - Dauerfestigkeitsschaubild
 - nach Haigh, 136
 - nach Smith, 136

- Dauerschwingfestigkeit, 133, 221
 Debye-Scherrer-Verfahren, 172
 Defektelektron, 384
 Dehngrenze, 122
 Dehnung, 16
 bleibende, 119
 elastische, 119
 gesamte, 119
 plastische, 119
 Dehnungszustand
 ebener, 154
 Dekohäsion, 494
 Dendrit, 13
 Desensibilisierungsglühen, 269
 Desoxidation, 83, 185
 Diamagnetismus, 15
 Diamant, 373
 Diffusion, 33
 Kornzendiffusion, 33
 Oberflächendiffusion, 33
 Volumendiffusion, 33
 Diffusionsglühen, 110, 111, 206, 282
 Diffusionskoeffizient, 34
 Diffusionskonstante, 33
 Dilatometerverfahren, 45, 46
 Diode, 388
 Dipol, 371, 404
 Dissoziationsgrad, 66
 Domäne, 370
 Donator, 384
 Donatorniveau, 386
 Doppelbindung, 406
 Doppelsintern, 95
 Dopplung, 88
 Dreistoffsystem, Al-Mg-Si, 336
 Dressieren, 243
 Druckeigenspannung, 138
 Druckfestigkeit, 126, 294, 363-366, 368, 380, 431, 437,
 441, 443
 Druckguss, 89
 Drucksintern, 95
 Drucktheorie, 191, 494
 Druckversuch, 124, 470, 473, 475
 Dunkelfeldbeleuchtung, 169
 Dünnschlifftechnik, 171
 Duplexstahl, 278
 Durchgangswiderstand, 366
 Durchläufer, 133
 Durchschlagfestigkeit, 367
 Duroplast, 398-401, 423, 427, 439, 440-442, 444, 445,
 448, 452, 456, 458, 459, 462, 464, 466-468, 474,
 477, 513, 514
- E**
- Edelstahl, 239
 Eigenfotoleitung, 390
 Eigenleitung, 383
 Eigenspannung, 98, 114
 beim Schweißen, 99
 mehrachsig, 100
 Verteilung, 115
 Eindringverfahren, 147, 165, 289
 Einfangquerschnitt, 346
 Einhärtbarkeit, 210, 211, 214, 220, 229, 283
 Einkristall, 11, 22, 27, 28, 83, 87, 172
 Einlagerungsatom, 8
 Einlagerungsmischkristall, 42, 48, 378
 Einlagerungsstruktur, 43, 44, 378
 Einlaufen, 492
 Einsatzhärten
 mittlere Eindringtiefe, 223
 Einsatzhärtungstiefe (CHD), 225
 Einsatzstahl, 252, 259, 260
 Aufkohllbarkeit, 259
 Randhärtbarkeit, 260
 Einscheibensicherheitsglas, 362
 Einschluss, 83, 91, 92, 102, 151, 193
 endogener, 83
 exogener, 83
 nichtmetallischer, 85, 87, 92, 141, 149, 192, 502
 Wirkung auf Zähigkeitseigenschaften, 249
 Einschnürbruch, 150, 151
 Einsetzen, 223
 Eisen, 175
 Eisengusswerkstoff, 284
 Manganhartstahl, 288
 Temperguss, 301
 Eisen-Kohlenstoff-Schaubild (EKS), 177
 metastabiles, 177
 stabiles, 177
 Eisenwerkstoff, 175
 Bezeichnung nach Werkstoffnummer, 239
 Einteilung, 181
 normgerechte Bezeichnung, 235
 elastische Verformung, 16
 Elastizitätsgrenze
 technische, 123
 Elastizitätsmodul, 122
 Aluminium, 334
 Elastomer
 thermoplastisches, 398, 399, 401, 425, 439
 ELC-Stahl, 276
 Elektrolyt, 68
 Elektrolytkupfer, 313
 Elektronegativität, 404
 Elektronenabgabe, 68, 415
 Elektronenleerstelle, 384
 Elektronenleitung, 66, 385
 Elektronenmikroskop
 Raster-Elektronenmikroskop (REM), 170, 490, 497, 500
 Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM), 170
 Elektronenpaarbindung, 2
 Elektrostahl, 184
 Elementarzelle, 3
 Emulsionspolymerisation, 412
 Emulsions-PVC, 431
 Energie
 freie, 6
 innere, 6

Entmischung, 87
 einphasige, 63
 Entropie-Elastizität, 426
 Entspannen, 112, 214, 215, 221, 510
 Entspannungsversuch, 126
 Entzinkung, 73, 318, 499
 Epoxidharz, 401, 422, 442
 Ermüdung
 dynamische, 495
 statische, 492, 495
 Erosion, 75, 300, 491
 Erosionskorrosion, 75, 261, 491
 Erschmelzungsverfahren, 182
 Erstarrung
 gerichtete, 86
 Erz, 81
 Ester, 408
 Ethylen, 407
 Eutektikale, 50
 Eutektikum, 25, 40, 41, 49, 50
 entartetes, 189
 Eutektoid, 56, 182
 Extrudieren, 399, 431, 432, 448, 449
 Extrusion, 75, 141, 142

F

Fadenlunker, 88
 Fallgewichtsversuch, 158
 Farbeindringverfahren, 147, 165, 289
 Fasergefüge, 92
 Fehlerecho, 166
 Feinblei, 310, 352
 Feinkornbaustahl, 101, 182, 189, 195, 200, 230, 239,
 242, 244, 247
 mikrolegierter, 247
 normalgeglühter, 248
 thermomechanisch behandelte, 245
 vergütete, 244, 245, 251
 Fernordnung, 42, 43, 358
 ferrimagnetisch Wechselwirkung, 372
 Ferrit, 13, 31, 112, 169, 175, 178-180, 373
 Ferritbildner, 229
 Ferritpfadkorrosion, 267, 274
 Ferromagnetismus, 15
 Fertigungsschweißen, 289
 Festigkeitserhöhung
 Korngrenzenhärtung, 244
 Methoden, 244
 Feststoffelektrolyt, 369
 Feuerverzinken, 350
 Feuerverzinnung, 348
 Ficksches Gesetz, 33
 Fischauge, 191
 Flächenabtrag, 71-73
 Flammhärten, 222
 Fleck
 kristalliner, 159
 Fließfigur, 191, 243
 Fließkurve, 22

Flintglas, 363
 Flocke, 191
 Flotation, 82
 Flussmittel, 104, 105, 107
 Formaldehyd, 408
 Formaldehyd-Kunstharz, 418
 Formänderungsfestigkeit, 91
 Formgedächtnislegierung, 31
 Formguss, 84, 85, 88, 89
 Formmasse, 399
 Formstoff, 399
 Dichte, 443
 Fotodiode, 391
 Fotoleiter, 390, 391
 Fototransistor, 390, 391
 Fracture-Transition-Elastic (FTE), 159
 Fraktografie, 170, 496
 Frank-Read-Quelle, 21
 Fräsebruch, 152
 Freiheitsgrad, 41, 45, 505
 Frenkel-Paar, 7
 Fressen, 227, 258, 492
 Frischen, 83, 182, 183
 FTE-Temperatur, 159
 Fulleren, 393
 Füllstoff, 399, 400, 419, 439-441, 453, 454

G

Galliumarsenid, 382
 Gammaprüfung, 167
 Gangart, 82
 Gasaufkohlen, 224
 Gasblasenseigerung, 84
 Gaslöslichkeit, 84, 100, 103
 Gasnitrieren, 226
 Gebrauchstemperatur, 285, 329, 398, 399, 426, 430, 433,
 438, 441, 443, 444, 459
 Gefüge, 11
 lamellares, 207
 Nichtgleichgewichtsgefüge, 54, 57, 218
 Widmannstätten-Gefüge, 200
 Gefügerechteck, 52, 53
 Germanium, 381
 Gewaltbruch, 149
 Gießbarkeit einer Legierung, 60
 Gießharz, 400
 Gießspirale, 163, 164
 Gitter
 hexagonal dichteste Kugelpackung (hdP), 3
 kubisch-flächenzentriertes (kfz), 4
 kubisch-raumzentriertes (krz), 3
 primitives, 4
 Gitterbaufehler, 6
 Gitterebene, 3
 Gitterkonstante, 3, 5, 166, 170, 321
 Gitterzelle, 3
 GKZ-Glühen, 208
 Glänzwerkstoff, 334, 337
 Glas, 357-359

- Borsilicatglas, 361
 - Brechungsindex, 363
 - Druckfestigkeit, 363
 - Elastizitätsmodul, 361
 - Kali-KalkGlas, 361
 - Keimbildung, 362
 - Lichtstärke, 363
 - metallisches, 25
 - optisches, 363
 - Reflexionsvermögen, 363
 - Soda-Kalk-, 361
 - Transparenz, 362
 - Glasfaser, 362, 456
 - Glashärte, 215
 - Glaskeramik, 362
 - Glaskohlenstoff, 375, 376
 - Glasübergangstemperatur, 429, 433, 447
 - Glattbrand, 365
 - Gleichgewicht
 - metastabiles, 6
 - thermodynamisches, 6, 7, 9, 44, 48, 57, 81, 109, 183, 339, 493
 - Gleichgewichtspotenzial, 68, 70, 71
 - Gleichmaßdehnung, 121, 122, 246
 - Gleitband, 140-142
 - Gleitebene, 18-21, 23, 73-75, 141, 142
 - Gleitlinie, 18
 - Gleitsystem, 19
 - Gleitverschleiß, 491
 - Globulit, 26, 85
 - Glühbehandlung, 109, 110, 190, 206, 239, 268, 269, 285, 302, 496
 - Glühbrand, 365
 - Glühtemperatur, 36, 37, 76, 110, 111, 190
 - Goss-Textur, 16, 38
 - Grafit, 73, 177, 221, 285-287, 291-301, 374
 - Grauguss, 120, 130, 137, 221, 285, 290, 293
 - Dämpfungsverhalten, 295
 - Einfluss der Zusammensetzung, 296
 - Grafitformen, 294
 - Hookesches Gesetz, 295
 - mechanische Eigenschaften, 293
 - Schweißen, 297
 - Wachsen des, 297
 - Witterungsbeständigkeit, 296
 - Grenzhärte (GH), 222, 225, 226
 - Grenzschwingspielzahl, 133
 - Grenzziehverhältnis, 162
 - Grobkornbildung (in der WEZ), 206, 208, 257, 270
 - Härte der Grobkornzone, 100
 - Grobkornglühen, 109, 206
 - Grübchen, 493
 - Grünspan, 316
 - Gruppe
 - funktionelle, 403
 - Guinier-Preston-Zone, 64
 - Gummielastizität, 427, 439, 445
 - Gummihärtegrad
 - internationaler, 474
 - Gussbronze, 311, 320
 - Gusseisen, 50, 139, 181, 285, 290, 339
 - austenitisches, 297
 - Bezeichnung, 291
 - Grafitformen, 292
 - graues, 286, 292
 - Greiner-Klingenstein-Diagramm, 291
 - Maurer-Diagramm, 290
 - mit Kugelgraphit, 286, 292, 298
 - mit Lamellengrafit, 286, 292
 - mit Vermiculargrafit, 286, 292, 301
 - weißes, 179, 180-182, 286, 290
 - Gusseisenkaltschweißen, 298
 - Gusseisenwarmschweißen, 298
 - Gussmessing, 318
 - Gusstextur, 89, 334
- ## H
- Hafnium, 347
 - Haftvermittler, 414, 455
 - Halbleiter, 14, 15, 83, 316, 358, 381, 389, 391
 - Donator, 384
 - Eigenleitung, 383
 - Galliumarsenid, 382
 - Leitfähigkeit, 385
 - Lochenergie, 386
 - p-n-Übergang, 387
 - Potenzialwall, 387
 - Sperrspannung, 388
 - Halbwarmschweißen, 298
 - Halbwertszeit, 346, 347
 - Halbzelle, 67-69
 - Hall-Effekt, 389
 - Hall-Generator, 389
 - Hall-Petch-Beziehung, 23
 - Hall-Spannung, 389
 - Haltedauer, 110, 195
 - Haltepunkt, 46, 49, 55, 175, 178
 - Harnstoff-Formaldehyd-Kunstharz, 420
 - Harnstoff-Formaldehyd-Kunststoff, 441
 - Härtbarkeit, 209-211, 233, 254
 - Härtbarkeitsprüfung, 214
 - Hartblei, 352
 - Härte, 31, 43, 143, 145, 147
 - Härtegrenzenbestimmung, 215
 - Härten, 30, 198
 - oberflächennahe Schicht, 220
 - übereutektoider Stahl, 210
 - untereutektoider Stahl, 211
 - Verzug, 260
 - Härteöl, 212
 - Härteprüfung, 144, 471
 - Kugeleindruckversuch, 473, 475
 - Shore-Härte, 474
 - Härteprüfverfahren, 144
 - Brinell-Verfahren, 144
 - dynamisches, 148
 - Rockwell-Eindringtieftiefenmessung, 145
 - Universal-, 146
 - Vickers-Härteprüfung, 145

- Härtesack, 251
 Härtespannung, 213, 233
 Härtetiefe, 220, 222, 226
 Härteverfahren, 211
 gebrochenes Härten, 212
 kontinuierliches Härten, 212
 nach dem Aufkohlen, 224
 Warmbadhärten, 212
 Härteverlauf, 35, 210, 214
 Hartguss, 285, 286, 290, 291
 Hartlot, 106-108,
 Hartlöten, 107, 318
 Hartmetall, 323, 339, 368, 378, 379
 Hartporzellan, 364, 365, 367
 Hartstoff
 metallischer, 378
 nichtoxidischer, 376, 377
 Härungsgrad, 254
 Harz
 härbares, 399
 Harzmatte, 400
 Hauptvalenzbindung, 405
 Hebelgesetz, 46, 47, 50
 Heißbruch (Siehe auch Heißriss), 188, 189
 Heißriss, 59, 101-104
 Heizleiterwerkstoff, 329
 Hellfeldbeleuchtung, 169
 Hinderung
 sterische, 427
 hitzebeständiger Stahl, 263
 Hochtemperaturlot, 107
 Homogenisieren, 110, 183, 206, 336
 Homopolymerisat, 414, 430
 Hundeknochen-Modell, 154
 Hüttenaluminium, 333
 Hysterese, 370
 elektrische, 370
 mechanische, 130, 131, 140, 141
 thermische, 175
- I**
 Impulsechoverfahren, 166
 Indiumantimonid, 382, 390, 391
 Indiumarsenid, 382, 390
 Induktionshärten, 220-222
 Inkubationszeit
 für Rissbildung, 495
 Innenlunker, 88
 Instandsetzungsschweißen, 289
 interkristalline Korrosion
 Aluminium, 326, 336
 Intrusion, 141-142, 509
 Inversionsdichte, 383, 384
 Ionenbindung, 2
 Ionenkettenreaktion, 411
 Ionenleitung, 66
 Iso-Butylen, 408
 isochrones Spannung/Dehnung-Diagramm, 472
 Isomerie, 407
 isothermes Härten, 212
 Isotropie, 5
- J**
 Jominy-Probe, 214
- K**
 Kaltarbeitsstahl, 280
 legierter, 280, 283
 Kaltformgebung, 94
 Kalthärtung, 422
 Kaltriss, 101, 102, 191, 251, 272, 279, 495
 Kaltschweißen, 90, 298
 Kaltumformen, 36, 37, 91, 110, 111
 Kaltverfestigung, 128, 219, 244, 275, 314
 Kapillarverfahren, 165
 Kathodenpotenzial, 70
 Kathodenreaktion, 67, 69, 70, 74
 Kation, 2, 67, 361, 369, 372
 Kavitation, 75, 491
 Kavitationskorrosion, 75, 491
 Keimbildung, 23
 heterogene, 25
 homogene, 24
 Keimzahl, 24
 Keramik, 281, 357, 363
 Durchgangswiderstand, 364, 366
 Kriechstromfestigkeit, 366
 Oberflächenwiderstand, 366
 Kerbschlagbiegeversuch, 149, 153, 155
 instrumentierter, 157
 Kerbschlagzähigkeit, 156, 159
 Kerbwirkungszahl, 137
 Kettenlänge, 409, 410, 427
 Kieselglas, 360, 361
 Kleinwinkelkorngrenze, 10, 11
 Knickpunkt, 45, 47
 Kohäsionskraft, 3, 16
 Kohlenstoffäquivalent, 240
 Kohlenstoff-Faser, 375, 456
 Kohlenstoffverbindung, 405, 407
 Kohlenwasserstoff, 405, 407
 ringförmiger, 407
 Kohlewerkstoff, 373, 375
 Kokillenguss, 25, 89, 90, 188
 Kompakt-Zugversuch, 157
 Komponente, 41, 46
 Kompressionsmodul, 121
 Konstantan, 321
 Konstruktionsschweißen, 290
 Kontaktelement, 73, 74
 Kontaktkorrosion, 73, 77
 Konzentration, 29, 32, 33, 34, 40-47
 Konzentrationselement, 73
 Kopflunker, 88
 Korn, 11
 globulares, 12
 polyedrisches, 13

- Kornflächenätzung, 168, 169
- Korngrenze, 10
 - Einfluss auf mechanische Gütewerte, 28
- Korngrenzenätzung, 168
- Korngrenzgleiten, 39, 40, 263
- Korngrenzsubstanz, 28
- Korngröße, 11, 12
- Kornzerfall, 76, 267
- Korrosion, 65, 69, 71, 73, 77
 - chemische, 65
 - elektrochemische, 66
 - Entzinkung, 73, 318
 - selektive, 73
 - Spannungsrisskorrosion, 74, 75, 77, 78, 154, 155, 267, 269, 276, 278, 279, 318, 329, 330, 354
- korrosionsbeständiger Stahl
 - ELC-, 276
 - Ferritpfadkorrosion, 267, 274
 - Spannungsrisskorrosion, 74, 75, 77, 78, 154, 155, 267, 269, 276, 278, 279, 318, 329, 330, 354
 - Stahlgruppen, 271
 - stickstofflegierter, 276
- Korrosionsbeständigkeit, 28, 62, 76, 129, 227, 228, 230, 261, 264, 266, 269, 272, 275
 - Aluminium, 333
 - Aluminiumoxid, 368
 - Einflüsse, 266
 - Nickel-Kupfer-Legierungen, 326
 - Titan, 343
 - Zirkoniumoxid, 370
- Korrosionselement, 70
- Korrosionspotenzial
 - freies, 72
- Korrosionsprüfung, 77
- Korrosionsriss, 71-73
 - interkristalliner, 76
 - transkristalliner, 75
- Korrosionsschaden, 66, 493
- Korrosionsschutz, 65
 - aktiver, 76
 - Oberflächenschutzschicht, 77
 - passiver, 77
- Kriechbruch, 39, 150
- Kriechen, 38, 40, 121
 - Diffusionskriechen, 39
 - logarithmisches, 39
 - primäres, 38
 - sekundäres, 39
 - stationäres, 39
 - tertiäres, 39
- Kriechmodul, 461, 471
- Kriechvorgang, 19
- Kristall, 1
 - intermediärer, 40, 43
- Kristallerholung, 35, 39
- Kristallgitter, 3
- Kristallit, 11
- Kristallitschmelztemperatur, 429, 435, 448
- Kristallseigerung, 48, 57, 58, 62, 98, 101, 110
 - im Schweißgut, 104
- Kristallwachstum, 23, 25
- Kronglas, 363
- Kugeleindruckhärte, 473, 474
- Kunstharz, 399
- Kunsthorn, 398
- Kunststoff
 - Bruchdehnung, 431, 436, 440, 443, 470
 - Bruchspannung, 431, 469
 - chemische Beständigkeit, 431, 432, 440, 441
 - Dämpfung, 440, 452, 476
 - Dehnung bei Zugfestigkeit, 470
 - dielektrische Eigenschaften, 463, 465
 - Durchgangswiderstand, 464
 - Durchschlagfestigkeit, 464, 481
 - Elastizitätsmodul, 470
 - elektrische Eigenschaften, 463, 479
 - Entropie, 423
 - faserverstärkter, 399, 442
 - Gebrauchstemperatur, 399, 433, 437, 438, 443, 444, 459
 - glasfaserverstärkter, 430, 436, 442, 456
 - Gummielastizität, 427
 - Härte, 427, 432, 433, 468, 472
 - Isolationswiderstand, 463
 - Kerbschlagzähigkeit, 476
 - kohlefaserverstärkter (CFK), 375, 457
 - Konditionieren, 436
 - Kriechstromfestigkeit, 464, 481
 - Kurzzeichen, 401
 - mechanische Eigenschaften, 438, 458
 - Memory-effect, 31
 - Nachhärtung, 416, 452
 - Normung, 401
 - Oberflächenwiderstand, 455, 464, 480
 - Orientierung, 424, 430
 - plastische Formgebung, 449
 - plastische Verformung, 412, 427, 443
 - Rückstellbestreben, 449
 - Schlagzähigkeit, 463, 476
 - Schmelztemperatur, 444-447
 - Schweißen, 448, 450
 - spanabhebende Bearbeitung, 448
 - Spannungsrelaxation, 461
 - statische Aufladung, 465
 - Streckdehnung, 470
 - Streckspannung, 469
 - Taktizität, 423, 428
 - Tempern, 451, 453
 - thermo-elastischer, 447
 - Torsionsmodul, 477
 - Verzweigung, 410, 413, 427
 - VICAT-Erweichungstemperatur, 432, 434, 436, 437, 444, 447, 479
 - Wärmeausdehnung, 458
 - Wärmebeständigkeit, 459
 - Wärmeformbeständigkeitstemperatur, 479
 - Wärmeleitfähigkeit, 458
 - Warmumformung, 449
 - Zeitspanndehnung, 471
 - Zeitstandschaubild, 471
 - Zeitstandverhalten, 470

- Zeitstand-Zugfestigkeit, 471
- Zugfestigkeit, 431, 437, 441, 443, 469
- Kunststoffprüfung, 468
 - Dielektrizitätszahl, 364, 431, 432, 436, 441, 464, 481
 - Durchgangswiderstand, 464, 480
 - Durchschlagfestigkeit, 464, 481
 - elektrische Eigenschaften, 463, 479
 - Formbeständigkeit in der Wärme, 423, 425, 427, 435, 478
 - Härteprüfung, 472, 475
 - Kriechstromfestigkeit, 464, 481, 480
 - mechanische Eigenschaften, 438, 458, 468
 - Mikro-Härteprüfung, 475
 - Oberflächenwiderstand, 455, 464, 480
 - Relaxationsversuch, 470
 - Rockwell-Härteprüfung, 475
 - Schlagbiegeversuch, 463, 476
 - Torsions-Pendel-Verfahren, 477
 - Widerstand zwischen Stöpseln, 480
 - Zeitstand-Zugversuch, 470, 473
 - Zugversuch, 462, 468, 469
- Kupfer, 309, 311, 312
 - CuAl-Legierung, 320
 - CuMn-Legierung, 320
 - elektrische Leitfähigkeit, 313
 - Grünspan, 316
 - Herstellung, 313
 - Kupferstein, 313
 - niedriglegiertes, 316
 - oligodynamische Wirkung, 316
 - Polen, 313
 - Schwarzkupfer, 313
 - unlegiertes, 313
 - Wärmeleitfähigkeit, 314
- Kupfer-Nickel-Legierung, 322
 - Kupfer-Aluminium-Zink-Zinn-Legierung Nordisches Gold, 323
- Kurzglasfaser, 430, 436, 456
- Kurzzeitfestigkeit, 132, 139, 140, 244
- Kurzzeitgasnitrieren, 226

- L**
- Lack
 - kratzfester, 393
- Lagermetall, 348
- Lambda-Sonde, 370
- Laminat, 400
- Laminierharz, 400
- Langglasfaser, 456
- Lanzettmartensit, 201
- Laserrandschichthärten, 222
- Laue-Verfahren, 172
- LC-Nickel, 324
- LD-Stahl, 183
- LED, 392
- Ledeburit, 50, 177, 178
- Leerstelle, 6
- Leerstellenkondensation, 39, 40, 87
- Legierung, 41
 - Eisen-Kohlenstoff-Legierung, 175
 - eutektische, 50
 - Gießbarkeit, 60
 - mit intermediärer Phase, 63
 - Kupfer-Nickel, 322
 - Kupfer-Zink, 317
 - Kupfer-Zinn, 319
 - Pseudo-Legierung, 97
 - übereutektische, 52, 50, 339
 - untereutektische, 50
- Legierungselement
 - Einfluss auf Einhärtbarkeit, 210, 229
 - im Stahl, 228-233
 - Wirkung auf Phasengrenzen EKS, 230
- Leitfähigkeit
 - elektrische, 13, 14
 - thermische, 13, 14
- Leitungsband, 14, 15, 383
- Lichtemissionsspektroskopie, 171
- Lichtleitfaser, 363
- Lichtmikroskopie, 168
- Liquiduslinie, 46, 178
- Löcherleitung, 385
- Lochfraß, 71, 493
- Lochkorrosion, 71-73, 269, 333, 502
- logarithmisches Dekrement, 478
- Lokalelement, 73, 268, 333
- Lösung
 - feste, 7, 41
- Lösungsdruck, elektrolytischer, 69
- Lösungsglühen, 62, 63, 110-112
 - korrosionsbeständiger Stahl, 276
- Lotbrüchigkeit, 107, 318
- Löten, 104
 - Arbeitstemperatur, 104-107, 107
 - Benetzbarkeit, 105
 - Diffusionszone, 105, 106
 - Grenzflächenreaktion, 105
 - Haftspannung, 105
 - Löten unter Schutzgas, 105, 107
 - Löten unter Vakuum, 107, 108
 - metallurgische Probleme, 107
 - Verschießen des Lots, 105
 - werkstoffbedingte Probleme, 107
 - Wirktemperaturbereich (Tw), 105
- Lotmessing, 318
- Lüderssche Linien, 191
- Luftvergüten, 217
- Lumineszenzdiode, 382, 390, 392
- Lunker, 88

- M**
- Magnesium, 340
 - Magnesiumlegierungen, 19, 310, 341
- Magnetismus, 15
- Magnetostraktion, 324
- Magnetpulverprüfung, 165
- Magnetscheidung, 82
- Magnetwerkstoff, 330
- Makroätzmittel, 168
- Makroelastizität, 113

- Makroelement, 73
 Makromolekül, 397, 398, 403, 405
 Manganhartstahl, 230, 288
 Manson-Coffin-Regel, 140
 Martenshärte, 146
 Martensit, 194, 197
 Härte, 198
 kubischer, 215
 massiver, 201, 202
 nadeliger, 201
 niedriggekohlter, 202, 250
 Selbstanlassen, 251
 tetragonal verzerrter, 200, 213, 215
 Martensitbildung, 29, 30, 200, 201, 204, 212, 222
 Massepolymerisation, 411
 Masse-PVC, 432
 Matrix, 7
 Mattschweißstelle, 90
 Melamin-Formaldehyd-Kunstharz, 419
 Melamin-Formaldehyd-Kunststoff, 441
 Memory-effect, 31
 Memorymetall, 31
 Messing, 310, 317
 Entzinkung, 318
 Kartusch-Messing, 317
 Spannungsrissskorrosion, 318
 Metall
 poröses, 97, 343
 unedles, 70, 343
 Metallbindung, 1
 Metallherstellung, 81
 hydrometallurgischer Prozess, 82
 pyrometallurgische Prozesse, 82
 Röstprozess, 82
 Methan, 265, 279, 406
 M_f -Temperatur, 30, 234
 Mikroeigenspannung, 113
 Mikrolunker, 88, 89
 Mikrosonde, 171
 Mischcarbid, 230
 Mischkristall, 8, 26, 40-42
 inhomogener, 57
 Mischkristallbildner, 229, 352
 Mischkristallreihe
 lückenlose, 48
 Mischungen, 414
 Mischungslücke, 51
 Monel-Metall, 325
 Monomer, 397, 403
 Mosaikblöckchen, 10
 M_s -Temperatur, 30
 Berechnen, 234
 Münzlegierung, 323
- N**
 Nahentmischung, 63, 274
 Nahordnung, 43, 358
 Nanomaterial, 392, 393
 Nanotechnologie
 Gelcasting, 392
- Näpfchenprobe, 162
 Nassguss, 89
 NDT-Temperatur, 158
 Nebenvalenzkraft, 405
 Nelson-Schaubild, 279
 Netzwerkbildner, 360
 Netzwerkschwandler, 361
 Neusilber, 318
 n-Halbleitung, 384
 Nichteisenmetall, 309, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322,
 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342,
 344, 346, 348, 350, 352, 354
 normgerechte Bezeichnung, 309, 311
 Nickel, 16, 322, 327, 329, 331
 Curie-Temperatur, 324
 Ferromagnetismus, 324
 Gewinnung, 323
 Heißbrissanfälligkeit, 324
 Korrosionsbeständigkeit, 323
 legiertes, 325
 manganhaltiges, 325
 Reinnickel, 323
 Wasserstofflöslichkeit, 324
 Nickeläquivalent, 277, 278
 Nickel-Kupfer-Legierungen, 326
 Nickellegierung, 323
 harmagnetischer Werkstoff, 332
 hitzebeständige, 329
 korrosionsbeständige, 329, 330
 Magnetwerkstoff, 330
 warmfeste, 326
 weichmagnetischer Werkstoff, 332
 Niederspannungsbruch, 158, 159
 Nitrieren, 220, 226
 Nitrierhärte tiefe, 226
 Nitrierstahl, 238, 252, 258
 Nitrocarburieren, 221, 226
 n-Leitung, 385
 Normalglühen, 196, 207, 208
 Normalisieren, 196, 208
 Normalpotenzial, 68, 69
 Normalspannung, 118-120
 Novolak, 419
- O**
 Oberflächenenergie, 9
 Oberflächengüte, 138
 Oberflächenhärte, 220
 Oberflächenwiderstand, 366
 Oberflächenzerrüttung, 491, 492
 Oberspannung, 131, 132, 133, 134, 136
 Oktaedergleitung, 19
 Ölkochprobe, 165
 Ölvergüten, 218
 Opferanode, 76, 77, 78, 341, 350
 Orientierungsspannung, 451
 Orowan-Mechanismus, 22, 66
 Oxidation, 66, 67, 69, 71, 142, 182
 Oxidkeramik, 365, 367

P

- Packungsdichte, 20, 44, 45, 175
- Palmgren-Miner-Regel, 135
- Paramagnetismus, 15
- Passivschicht, 75, 76, 322, 326
- Passungsrast, 75, 490
- Patentieren, 219, 247
- Patina, 316
- Pellini-Diagramm, 158, 159
- Pendelschlagwerk, 156, 476
- Peritektikale, 53
- Peritektikum, 54, 55
 - Zustandsschaubild, 55
- Perlit, 56, 101, 177-180
 - eingeformter, 207
 - feinstreifiger, 196-198, 204, 219
 - Lamellenform, 178
- Perlitisieren, 219
- Pfannenmetallurgie, 184
- p-Halbleitung, 384
- Phase, 45
 - interstitielle, 44
- Phasengesetz, 40
- Phasengrenzlinie, 44
- Phasenumwandlung, 23, 25, 27, 29, 31
 - im festen Zustand, 57
- Phenol-Formaldehyd-Kunststoff, 440
- Phenolharz, 418, 440
- Phenoplaste, 440
- pH-Wert, 66, 68-70, 76
- Piezoelektrizität, 370
 - keramische Werkstoffe, 371
- pitting, 493
- Plattenmartensit, 201
- Platzwechselmechanismus, 29, 30, 32-34
- p-Leitung, 385
- Poisson-Zahl, 120, 478
- Polyaddition, 409, 420
- Polyaddukt, 421
- Polyamid, 417, 435
- Polybutylenterephthalat, 417
- Polycarbonat, 417, 437, 438
- Polyesterharz, 422
 - ungesättigtes (UP), 442
- Polyethylen, 403, 406, 433
 - hoher Dichte, 433
 - niederer Dichte, 427, 433
- Polyethylenterephthalat, 417
- Polygonisation, 35, 39
- Polykondensat, 416
- Polykondensation, 409, 416
- Polymer, 376, 397, 398, 401, 403, 406, 409
- Polymerisat, 412
- Polymerisation, 409-418
 - Emulsions polymerisation, 412
 - Fällungs polymerisation, 412
 - katalytische, 411
 - Lösungen polymerisation, 412
 - Masse polymerisation, 411, 413
 - Perl polymerisation, 413, 414
 - Pfropf polymerisation, 415, 454
 - Radikalketten polymerisation, 409-411
 - Substanz polymerisation, 411, 413
 - Suspensions polymerisation, 412-414
- Polymerisationsablauf, 410
- Polymerisationsgrad, 410
- Polymer-Werkstoff, 397, 446
- Polymethacrylsäuremethylester, 414, 437
- Polymorphie, 5
- Polypropylen, 429, 434, 435, 439
- Polystyrol, 403, 406, 428, 430, 431
- Polyterephthalat, 417
- Polyurethan, 421, 422, 439
- Polyvinylchlorid, 428, 431, 432, 450, 454
 - Copolymerisat, 433, 438, 442, 453
 - Schaumstoff, 433
 - weichmacherfreies, 432
 - weichmacherhaltiges, 432
- Porzellan, 363-366
- Postbronze, 319
- Prepreg, 400
- Pressen, 93, 448, 463
- Primärgefüge, 23
- Primärkristallisation, 23
 - doppelte, 58
 - in Gusskonstruktion, 85
 - von Legierungen, 25
 - Schweißgut, 86, 99
- Propylen (Propen), 407
- Prüffrequenz, 139
- Prüftemperatur
 - Einfluss, 128, 139
- Prüfung
 - zerstörungsfreie, 161, 164-167
- Prüfverfahren, technologische, 161
 - Prüfen der Gießeigenschaften, 163
 - Prüfen von Schweiß- und Lötwerkstoffen, 164
 - Prüfung der Umformeigenschaften, 162
 - Tiefungsversuch, 162
 - Tiefziehversuch, 162
- pseudo-plastisches Verhalten, 31
- Pulvermetallurgie, 95
- Pyrocera®, 362
- pyroelektrischer Effekt, 371

Q

- Qualitätsstahl, 189, 236-239, 254, 256
- Quarzglas, 360-362
- quasi-isotrop, 11
- Quasi-Spaltbruch, 152
- Quergleiten, 23
- Querkontraktion, 120, 122
- Quetschgrenze, 125, 137

R

- Radikal
 - freies, 404
- Raffinadekupfer, 313

- Raffination
 elektrolytische, 82
Randhärte tiefe, 220
Randschichthärten, 220, 255
Raster-Elektronenmikroskop (REM), 170, 490, 497, 500
Rastlinie, 142, 143, 497
Raumladung, 387
Reaktion
 eutektische, 51
 eutektoide, 56
 peritektische, 55
Reaktionsharz, 399, 400, 415, 440
Reaktionsmasse, 400, 401
Realkristall, 6
Reckung, 117
Reduktionsreaktion
 elektrolytische, 69, 82
Reflektogramm, 166
Reibkorrosion, 75
Reinstaluminium, 333
Reinzinn, 347
Rekristallisation, 10, 32, 34, 35
 sekundäre, 39
 verzögerte, 249
Rekristallisationsglühen, 94, 109, 111, 206, 207, 247
Rekristallisationsschaubild, 37
Rekristallisationstemperatur, 36, 37, 347
Rekristallisationstextur, 38, 93
Relaxation, 119
Relaxationsmodul, 460, 471
Resistenzgrenze, 266
Resit, 418
Resitol, 418
Resol, 418
Restaustenit, 210, 211, 214, 215, 225, 234
Ringgussprobe, 164
Rissauffangkurve, 159
Rissauffangversuch, 158
Rissausbreitung
 instabile, 155
 stabile, 155
Rissauflöseversuch, 158
Rissauflösung, 155, 157
Rissbildung, 95, 100, 101, 140, 154
 verzögerte, 494
Rissfortschritt, 155, 495
Risskeim, 141, 494
Risszähigkeit, 154
Rockwell-Verfahren, 145
Röntgenfeinstrukturuntersuchung, 172
Röntgenprüfung, 167
Röntgenspektroskopie, 171
Rosten, 71, 77, 243
Rotbruch, 188, 189
Rotguss, 320
Roving, 456
Rückprallverfahren, 147
Rückwandecho, 166
- S**
Salzbadaufkohlen, 224
Salzbadnitrieren, 226
Sandguss, 89
Sandstelle, 90
Sauerstoffsonde, 370
Säure
 organische, 408
Säurekorrosion, 70
Schadenfall, 485, 497–499
 Bruch der Kurbelwelle von Dieselmotor, 501
 Bruch eines Auslassventils, 500
 Lochkorrosion in Wärmeübertrager, 502
 Wasserschaden durch undichten Rohrentlüfter, 498
 wasserstoffversprödeter Federring, 503
Schadensakkumulation, 135
Schadensanalyse, 425, 485
 Methodik, 487
Schadenshypothese, 488
Schadensuntersuchung, 489
Schaeffler-Schaubild, 277
Schalenhärter, 211
Schalenhartguss, 292
Scherbruch, 150
Scherlippe, 150, 152, 159
Scherwabe, 152
Schichtpressstoff, 400, 419
Schiebung, 16, 22, 117, 118, 119, 120
Schlagarbeit, 218, 463, 476
Schlagenergie, 152, 153, 156
Schleuderguss, 89
Schmelzflusselektrolyse, 82
Schmelzindex, 434, 449, 450
Schmieden, 93
Schnellarbeitsstahl, 236, 280–282, 284, 285
 Sekundärhärte, 281
Schraubenversetzung, 8
Schrumpfen, 88
Schrumpfriss, 90
Schubmodul, 120
Schubspannung, 120
Schülpe, 90
Schweißbarkeit, 97, 98
Schweißbeignung, 98
 Aluminium, 340
 Kohlenstoffäquivalent, 240
 warmfester Stahl, 262
 weißer Temperguss, 303
Schweißen, 97
 Aluminium(-legierung), 340
 Aufhärten, 240
 ausscheidungsgehärteter Werkstoff, 103
 austenitischer Cr-Ni-Stahl, 276, 277
 austenitisch-ferritischer Stahl, 278
 Einfluss Abkühlzeit $t_{8/5}$, 251
 Einfluss intermediärer Verbindungen, 105
 Feinkornbaustahl, normalgeglühter, 249
 Feinkornbaustahl, vergüteter, 250

- ferritischer Cr-Stahl, 274
- Formänderung, 99
- Gaslöslichkeit der Schmelze, 100
- von Grauguss, 297
- von Gusseisen mit Kugelgraphit, 298
- hochreaktiver Werkstoff, 101
- kaltverfestigter Werkstoff, 100
- kontrollierte Wärmeführung, 251
- Kupfer, 314
- Maximaltemperatur in WEZ, 98
- perlitisch-martensitischer Cr-Stahl, 272
- Probleme beim Erstarren, 101
- Probleme beim Erwärmen, 100
- Rissbildung, 104
- von Stahl, 240
- thermische Wirkung, 98
- Titan, 344
- umwandlungsfreier Werkstoff, 100
- unterschiedlicher Werkstoffe, 104
- Vergütungsstahl, 252
- Wärmeeinflusszone, 100, 101
- Schweißgut, 101
- Schweißmöglichkeit, 98
- Schweißsicherheit, 98
- Schwellbeanspruchung, 132
- Schwellfestigkeit, 134, 136
- Schwereseigerung, 89
- Schwinden, 88
- Schwindmaßbestimmung, 163
- Schwingbeanspruchung, 140, 155, 157
- Schwingbreite, 131
- Schwingungsausschlag, 133
- Schwingungsbruch, 142, 149
- Schwingungsfrequenz, 131
- Schwingungsrissskorrosion, 74, 75, 326
- Schwingungstreifen, 142
- Schwingungsverschleiß, 491
- Segregatbildung, 54, 62, 63, 506
- Segregatlinie, 51, 62, 112
- Seigerung, 87, 89, 92
- Seigerungsverfahren, 83
- Seitengruppe, 428
 - ataktische, 428
 - isotaktische, 429
- Sekundärgefüge, 23
- Sekundärhärte, 281
- Sekundärmetallurgie, 184
- Selbstanlassen, 251
- selektive Korrosion, 73
- senkrechte Anisotropie (r), 163
- Sensibilisierungsglühen, 269
- Shore-Härte, 474
- Sigma-Phase, 270, 274
- Silberlot, 106, 107
- Silicatglas, 359
- Silicium, 360, 376
 - Silicium-Einkristall, 381
 - Zonenschmelzverfahren, 381
- Siliciumcarbid, 376, 377
- Siliciumnitrid, 377
- Sintern, 95
- Einstoffsystem, 96
 - Zweikörpermodell, 96
 - Zweistoffsystem, 96
- SiO₂-Tetraeder, 360
- Solarzelle, 382, 391
- solid solution, s. Mischkristall, 42
- Soliduslinie, 46
- Solidusverschleppung, 57
- Sonderbronze, 320
- Sondercarbid, 199, 216, 230
- Sondermessing, 318
- Spaltbruch, 149 150, 151, 158, 159
- Spaltkorrosion, 73, 74
- Spannung, 14, 16, 17
 - wahre, 23, 91, 119, 222
- Spannungsamplitude, 132, 133
- Spannungsarmglühen, 110, 115, 206
- Spannungsgradient, 137
- Spannungsintensitätsfaktor, 153
 - zyklischer, 155
- Spannungsreihe
 - elektrochemische, 69
- Spannungsrelaxation, 38, 461
- Spannungsrissskorrosion, 74
 - kathodische, 74
 - Nickel, 330
- Spannungsverhältnis, 131, 132, 134, 136
- Spannungszustand
 - ebener, 154
- Speckstein (Steatit), 366
- Spektralanalyse, 171
- Sphäroguss®, 298
- Sphärolith, 299, 424
- Spin, 13
- Spongiose, 73
- Spritzgießen, 450
- Spröbruch, 115, 149
 - interkristalliner, 149, 150
 - transkristalliner, 149
- Spröbruchsicherheit, 241
- Stabilisator, 269, 276, 413, 435, 455
- Stahl, 181
 - alterungsbeständiger, 190
 - Austenitbildner, 229
 - austenitischer, 231
 - austenitisch-ferritischer, 270, 271, 277, 278
 - druckwasserstoffbeständiger, 279
 - Einsatz-stahl, 224, 240, 252
 - Einteilung, 266-307
 - Ferritbildner, 229, 231
 - ferritischer, 231
 - Flocken, 191
 - Glühen, 193
 - Gütegruppe, 241
 - härter, 201, 209, 252
 - hitzebeständiger, 261
 - hochfester, 240, 244
 - hochlegierter, 212, 228, 229, 233
 - hochlegierter, Definition, 228
 - zum Kaltumformen, 242
 - kaltzäher, 240, 249, 265

- ledeburitischer, 231
 - legierter, Definition, 226
 - legierter, Vorteile, 233
 - Legierungselement, 206, 210, 215, 226, 228
 - luflhärtender, 233
 - Manganhartstahl, 288
 - martensitaushärtbarer, 161, 245
 - nichtrostender, 258, 266
 - niedriglegierter, 145, 147, 177, 194, 202, 206, 215, 228, 228, 233, 234, 235, 236, 244, 251
 - Nitrierstahl, 258
 - öhlhärtender, 233
 - zum Randschichthärten, 252
 - Seigerung, 186
 - Umschmelzen, 184
 - untereutektoider, 189
 - Vergüten, 211, 215
 - warmfester, 236, 238, 240, 261
 - wasserhärtender, 233
 - wetterfester, 243
 - zunderbeständiger, 261
 - Stahl, Eisenbegleiter
 - Mangan, 188
 - Phosphor, 189
 - Sauerstoff, 192
 - Schwefel, 189
 - Silicium, 189
 - Stickstoff, 190
 - Wasserstoff, 192
 - Stahlformguss, 208
 - Stahlguss, 285, 287
 - Fertigungsschweißen, 289
 - für allg. Verwendungszweck, 288
 - Instandsetzungsschweißen, 289
 - Konstruktionsschweißen, 290
 - nichtrostender, 289
 - Stahlherstellung, 181, 187
 - Elektrostahl-Verfahren, 184
 - Induktionsofen, 184
 - Injektionsverfahren, 185
 - Lichtbogen-Abschmelzelektroden-Verfahren, 184
 - Lichtbogen-Elektroofen, 184
 - Sauerstoff-Aufblas-Verfahren, 183
 - Vakuumverfahren, 185
 - Stahl-Umschmelzverfahren, 185
 - Stängelkristall, 26
 - Stapelfehler, 10
 - Stauchgrenze, 125
 - Steadit, 296
 - Steatit, 365, 366
 - Steingut, 365
 - Steinzeug, 365
 - Stirnabschreck-Versuch, 215
 - Störstellenfotoleitung, 390
 - Störstellenleitung, 384, 391
 - Strangguss, 89, 187
 - Strangpressen, 92-94
 - Streckgrenze, 125
 - ausgeprägte, 62
 - obere, 124
 - untere, 123
 - Streckgrenzenverhältnis, 124
 - Streuflussverfahren, 165
 - Stufenversetzung, 8
 - Styrol-Acrylnitril-Copolymerisat, 430
 - Styrol-Butadien-Polymerisat, 430
 - Styrol-Mischpolymerisat, 430
 - Subkorn, 10
 - Subkorngrenze, 10
 - Substitutionsatom, 7
 - Substitutionsmischkristall, 42
 - Superelastizität, 31
 - Superferrit, 273
 - Superlegierung, 264
 - Suspensions-PVC, 432
 - System
 - thermodynamisches, 44
 - tribologisches, 490
- T**
- Taktizität, 423, 428
 - Tannenbaumkristall, 12
 - Tantalcarbid, 376, 377, 379
 - Teilreaktion, elektrolytische
 - anodische, 67, 69
 - kathodische, 67, 68
 - Teilstromkurve
 - anodische, 71
 - kathodische, 71
 - Temperatur
 - äquikohäsive, 39
 - NDT-Temperatur, 158, 159
 - Übergangstemperatur, 159
 - Temperguss, 285, 286-288, 302
 - schwarzer, 302,
 - weißer, 302, 303
 - Tempern, 302
 - Terrassenbruch, 193
 - Textur, 12
 - thermisch aktivierter Vorgang, 7, 32
 - Thermoelementwerkstoff, 322
 - thermomechanische Behandlung, 247
 - Thermoplast, 398, 423, 428
 - amorpher, 424, 451
 - teilkristalliner, 423, 424, 429
 - Tiefätzung, 168
 - Tiefungsversuch nach Erichsen, 162
 - Tiefziehversuch, 162
 - Titan, 343, 345
 - unlegiertes, 343
 - Wasserstoffaufnahme, 343
 - Titancarbid, 376-379
 - Titan-Legierung, 344
 - Titanzink, 350
 - Tombak, 318
 - Tonkeramik, 364
 - Torsionsschwellfestigkeit, 135
 - Torsionswechselfestigkeit, 135
 - Trainiereffekt, 135
 - Transformationstemperatur, 359

- Transistor, 388
 Basis, 388
 Emitter, 388
 Kollektor, 388
 Minoritätsträger, 389
 Steuerspannung, 389
 Transkristallisation, 85
 Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM), 170
 TRIP-Stähle, 246
 Trockenguss, 89
 übereutektoid, 181
 Übergangstemperatur, 159, 186
 Überstruktur, 42, 58, 330
 Überwälzung, 94
- U**
- Ultraschallprüfung, 166, 167
 Umformen, 90
 Umformgrad, 90
 wahrer, 162
 Umschmelzverfahren, 185
 Umwandlung
 im festen Zustand, 28
 in der Bainitstufe, 198
 in der Martensitstufe, 200
 in der Perlitstufe, 199
 Umwandlungsspannung, 213
 Universalhärteprüfung, 145
 untereutektoid, 181
 Unterkühlung, 24
 konstitutionelle, 26, 27
 thermische, 29
 Unterspannung, 131
 Untersuchungsverfahren
 makroskopische, 167
 mikroskopische, 167
 physikalische Analyseverfahren, 171
 Röntgenfeinstrukturuntersuchung, 171
- V**
- Vakuumentgasen, 192
 Vakuumgießen, 187
 Vakuumverfahren, 185
 Valenzband, 14
 Halbleiter, 383
 Valenzelektron, 1
 Van-der-Waals-Kraft, 405
 Verbindung
 intermetallische, 43
 Verbindungsschicht, 226
 Verbundwerkstoff, 97
 Verdrehversuch, 125
 Verfestigung, 20, 21
 Verfestigungsexponent (n), 163
 Verfestigungskoeffizient, 22
 Verformung
 plastische, 16
 Verformungsalterung (Siehe auch Abschreckalterung), 190
 Verformungsbruch, 149
 Verformungsfähigkeit, 90
 Verformungsgeschwindigkeit, 91, 244, 268
 Verformungsmartensit, 31
 Verformungstextur, 38, 95
 Vergüten, 215
 Vergütungsschaubild, 217
 Vergütungsstahl, 252
 Neigung zur Grobkornbildung, 257
 Wärmebehandlung, 253, 254
 Zerspanbarkeit, 255
 Verlustfaktor
 dielektrischer, Aluminiumoxid, 364
 Vernetzungsdichte, 411
 Verschleißart, 491
 Verschleißmechanismus, 491
 Verschleißmerkmal, 492
 Verschleißschaden, 490
 Verschleißsystem, 490
 Versetzung, 8
 gemischte, 8
 Klettern, 18
 Schrauben versetzung, 8
 Stufen versetzung, 8
 Versetzungsaufstau, 20
 Versetzungsbewegung, 18, 31
 Versetzungsdichte, 8
 Versetzungsnetzwerk, 9
 Versetzungsring, 8, 21
 Verstärkungstoff, 454
 Verstrecken, 456
 Verunreinigung
 nichtmetallische, 83
 Verzweigungsgrad, 410
 VICAT-Erweichungstemperatur, 432, 434, 436, 437
 Vickersverfahren, 145
 Vielkristall, 11
 Vielschichtkeramik, 371
- W**
- Wabenbruch, 151
 Waldversetzung, Siehe auch Versetzung, 20
 Walzen, 93
 Wälzverschleiß, 491
 Warmarbeitsstahl, 280-283
 Warmbadhärten, 213
 Wärmebehandlung, 108-111, 194-225
 Aluminium, 336
 Glühbehandlung, 109, 110
 Glühtemperatur, 111
 Haltedauer, 110, 112, 194, 206, 210
 Temperaturführung, 109
 Titanlegierungen, 345
 Ziel, 111
 Glühbehandlung, 110
 Wärmebeständigkeit, 441, 459
 Wärmeeinflusszone (WEZ), 95, 98, 99
 Wärmeformbeständigkeitstemperatur, 479
 Wärmeführung
 kontrollierte, 251
 Wärmeleitfähigkeit, 14

- warmfester Stahl, 262
 Warmfestigkeit, 90, 111, 126
 Aluminiumoxid, 368
 Warmhärte, 280, 284
 Warmpressmuttereisen, 189
 Warmumformen, 91
 Umformtemperatur, 91
 Wasserstoff
 Fallen, 494
 Wasserstoffaufnahme, 85
 Wasserstoffbrücke, 405
 Wasserstoffkorrosion, 69, 70
 Wasserstoffkrankheit, 314
 Wasserstoffversprödung, 76, 493, 503
 irreversibel, 496
 reversibel, 496
 Wasservergüten, 218
 Wattebauschstruktur, 424
 Wechselbeanspruchung, 132
 Wechselfestigkeit, 134
 Wechselverfestigung, 140
 Weglänge
 freie, 14
 Weichblei, 352
 Weichfleckigkeit, 227, 231
 Weichglühen, 94, 109, 111, 207
 Weichlot, 348
 Weichlöten, 104, 107
 Weichmachung, 454
 Weißblech, 347
 Weissche Bezirke, 16
 Werkstoff
 anisotroper, 357
 anorganisch nichtmetallischer, 357
 dispersionsgehärteter, 264
 ferroelektrischer keramischer, 370
 magnetischer keramischer, 372
 Werkstofffehler
 Häufigkeit, 486
 Werkstoffrecycling, 353
 Werkzeugstahl, 280
 unlegierter, 283
 Whisker, 11, 130, 247
 Widmannstätten-Gefüge, 200
 Wiedemann-Franz'sches Gesetz, 15, 314
 Wiedererwärmungsrisse, 263
 Windfrischen, 183
 Wirbelstromverfahren, 165
 Wöhler-Kurve, 132, 133, 134, 138, 476
 Wolframcarbide, 377, 379
- Z**
- Zählbruch
 energiearmer, 160
 Zähigkeitsanisotropie, 188, 192, 193
 Zeilengefüge, 92
 primäres, 189
 Zeitbruchdehnung, 126
 Zeitbrucheinschnürung, 126
 Zeitdehnungsgrenze, 126, 127, 289, 315, 327, 329
 Zeitfestigkeit, 132, 133, 139
 Zeitschwingfestigkeit, 134
 Zeitstandfestigkeit, 126, 127, 132
 Zeitstandversuch, 128, 471
 Zementieren, 223
 Zementit, 178-181, 198, 285
 körniger, 207
 Zink, 349
 Korrosionsschutz, 350
 unlegiertes, 349
 Zink-Druckguss, 350
 Zinn, 347
 Zinnlegierung, 348
 Zinnpest, 347
 Zipfelbildung, 163
 Zipfelprüfung, 163
 Zirkonium, 193, 341, 346
 Zirkoniumdioxid, 368
 Zirkoniumoxid, 369
 Zonenmischkristall, 59
 Zonenschmelzverfahren, 381
 ZTA
 Abschreckhärte-Schaubild, 196, 210
 Austenitkornwachstum-Schaubild, 195
 Carbidauflösung-Schaubild, 196
 Martensitbeginn-Schaubild, 196
 ZTA-Schaubild, 195
 isothermes, 195, 209
 kontinuierliches, 193
 ZTU-Schaubild, 201
 Austenitumwandlung, 201, 202
 isothermes, 204, 205
 kontinuierliches, 205
 Zug-Druck-Wechselfestigkeit, 135
 Zugfestigkeit, 60, 122-124, 127
 Zugschwellfestigkeit, 135
 Zugversuch, 117, 119, 121, 123
 Zündstelle, 100
 Zustand
 aktiver, 75
 passiver, 75
 transpassiver, 75
 Zustandsschaubild, 40, 44-59
 Al-Cu, 335
 Al-Mg, 336
 Al-Mg-Si, 336
 Fe-Zn, 351
 Mg-Al, 342
 Mg-Zn, 342
 Ti-Al, 345
 Ti-V, 345
 binäres, 48
 Zwillingsgrenze, 10
 Zwischengitteratom, 7
 Zwischenstufenferrit, 200