

oder minder starke Schicht entstehen soll, benutzt. Das sich bildende, spröde, weiße Eisen muß aber auf einem Grund von zähem, grauem Gußeisen liegen und in dieses allmählich übergehen, weil sonst leicht Brüche und Ablätterungen vorkommen. Zufolge der verschiedenen Schwindung der beiden Schichten entstehen in Hartgußstücken leicht starke Spannungen und oft Risse (Hartborsten), so daß große Sorgfalt bei der Auswahl der Rohstoffe und bei der Zusammensetzung des Eisens notwendig ist. Der Konstrukteur wird möglichst einfache Formen anstreben, die die Zusammenziehung nicht hindern. Anwendung findet der Hartguß auf Teile, die hohen Flächendrücken ausgesetzt sind oder großer Abnutzung unterliegen: auf Walzen, Laufrollen, Laufräder, Platten für Steinbrecher und Erzquetscher, Hebadaumen u. a. m.

Die Bearbeitung der harten Oberfläche ist nur mittels Sonderstählen, mit Diamantwerkzeugen oder durch Schleifen möglich.

G. Temperguß.

Temperguß oder schmiedbarer Guß entsteht durch längeres Glühen der aus weißem Gußeisen hergestellten Stücke in Sauerstoff abgebenden Packungen. Dabei wird der Kohlenstoffgehalt von 2,8 bis 3,4% je nach der Glühdauer auf 1 bis 0,4% herabgemindert und das ursprünglich sehr spröde Eisen in schmiedbaren Zustand übergeführt. Bezeichnungen für Temperguß, die die Art und Herstellung nicht erkennen lassen, z. B. „Halbstahl, Stahleisen, Temperstahlguß“ sind irreführend. Da das weiße Eisen infolge des starken Schwindens um 1,6 bis 2,1% große Neigung zum Saugen und Lunkern hat und da die Wirkung des Glühens von außen nach innen fortschreitet, ist es wiederum besonders wichtig, den Gegenständen einfache Formen und überall gleiche Wandstärken zu geben, sowie scharfe Ecken und unvermittelte Übergänge zu vermeiden, um hinreichende Gleichmäßigkeit im fertigen Stück zu erzielen. Am vorteilhaftesten sind geringe Wandstärken zwischen 3 bis 8 mm; die größte, noch anwendbare Dicke wird mit 25 mm angegeben. Daß die Teile durch Gießen leicht in die gewünschte Form gebracht werden, macht Tempergußstücke billig und begründet die zunehmende Bedeutung derselben als Ersatz geschmiedeter oder aus Stahlguß hergestellter Stücke; andererseits beschränkt sich das Verfahren doch meist auf kleinere, in großen Mengen gebrauchte Maschinenteile, weil nur gleichartige Stücke in einer Packung genügend gleichmäßig getempert werden können. Beispiele bieten Schraubenschlüssel, mäßig belastete Kettenglieder, Normalköpfe, Griffe, Gasrohrverbindungsstücke, Flanschen, Teile von landwirtschaftlichen Maschinen, Webstühlen usw.

Die Anforderungen in bezug auf Festigkeit und Zähigkeit können die an Gußeisen zu stellenden übertreffen, müssen aber naturgemäß wegen des vom Gießen herrührenden weniger dichten Gefüges niedriger als die an geschmiedetem Stahl üblichen sein. Die Zugfestigkeit pflügt je nach dem weicheren oder härteren Zustande zwischen $K_z = 1900 - 2500 - 3100$, selbst bis zu 3500 kg/cm^2 bei einer mit steigender Zugfestigkeit abnehmenden Bruchdehnung $\delta = 7,5$ bis 1% zu liegen. Die Bruchfläche zeigt körniges Gefüge. Gute Stücke von 2 bis 3 mm Wandstärke müssen sich kalt um einen mäßig dicken Dorn um 180° biegen lassen ohne zu brechen.

Die Bearbeitung durch Werkzeuge bietet keine Schwierigkeiten. Sie entspricht je nach dem Grade der Entkohlung etwa derjenigen von weichem oder mäßig hartem Stahle.

III. Sonstige Metalle.

A. Kupfer.

Kupfer kommt, nach verschiedenen Verfahren gewonnen und durch Umschmelzen oder auf elektrolytischem Wege gereinigt, als Hütten- und Elektrolytkupfer in den Handel.

Die DIN 1708 Bl. 1 unterscheidet die folgenden Sorten:

| Benennung | Kurzzeichen | Kupfergehalt mindestens % | Verwendungsbeispiele |
|---|-------------|---------------------------|---|
| Hüttenkupfer A (arsen- u. nickelhaltig) | A-Cu | 99,0 | Feuerbüchsen und Stehbolzen |
| Hüttenkupfer B (arsenarm) | B-Cu | 99,0 | Legierungen für Gußerzeugnisse sowie Legierungen mit weniger als 60% Kupfergehalt für Walz-, Press- und Schmiedeerzeugnisse |
| Hüttenkupfer C | C-Cu | 99,4 | Kupferrohre und -bleche |
| Hüttenkupfer D | D-Cu | 99,6 | Legierungen mit mehr als 60% Kupfergehalt für Walz-, Preß- und Schmiedeerzeugnisse |
| Elektrolytkupfer E | E-Cu | — ¹⁾ | Elektrische Leitungen, hochwertige Legierungen |

Bei der Bestellung ist die DIN-Nummer mit anzugeben, z. B. bei Hüttenkupfer A: A-Cu DIN 1708.

¹⁾ Für die Beurteilung des Elektrolytkupfers für elektrische Leitungen ist lediglich die elektrische Leitfähigkeit maßgebend, vgl. DIN 1708.

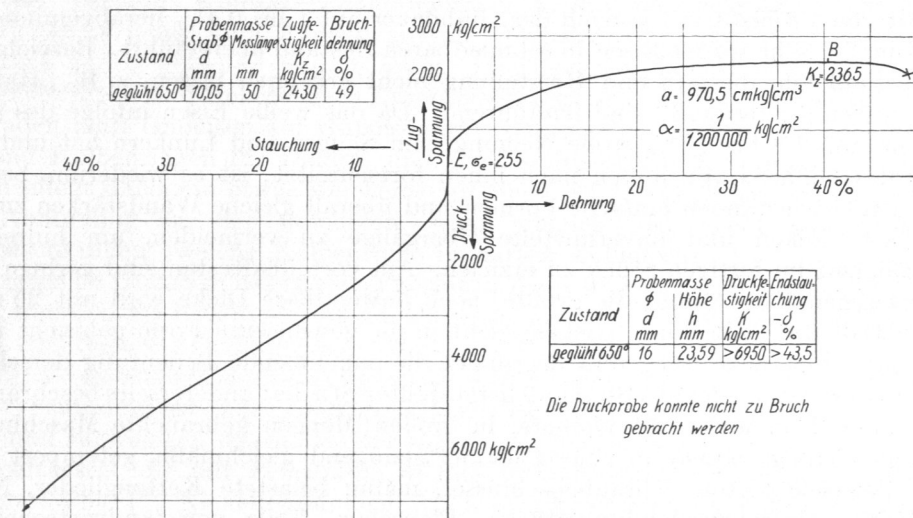


Abb. 113. Zug- und Druckversuch an Kupfer.

Das Hütten- und Elektrolytkupfer ist ein weiches, sehr dehnbares Metall, das sich im kalten und warmen Zustande durch Walzen, Ziehen, Pressen, Hämmern, Treiben und Schmieden leicht verarbeiten, aber wegen seiner Dickflüssigkeit und Neigung zur Blasenbildung schlecht vergießen läßt.

Es schmilzt bei 1083°, hat ein Einheitsgewicht von 8,9 kg/dm³ und zeichnet sich durch große Leitfähigkeit für elektrischen Strom und Wärme aus. Ein Draht von 1 mm² Querschnitt und 1 m Länge hat einen Widerstand von 0,017 bis 0,018 Ω, d. i. rund ein Sechstel von demjenigen des Eisens. Die Wärmemenge, die durch 1 m² Querschnitt bei 1° Temperaturunterschied beider Flächen in einer Stunde 1 m weit geleitet wird, beträgt 320 kcal und ist 6—8 mal größer als beim Eisen.

Das Verhalten ausgeglühten Kupfers beim Zugversuch ist durch eine langgestreckte Schaulinie, Abb. 113, gekennzeichnet, die keine ausgeprägte Fließgrenze, aber sehr große Dehnung aufweist. Die Elastizitätsgrenze tritt bei solchem Kupfer überhaupt nicht oder schon bei sehr niedrigen Spannungen auf; auch fehlt die Verhältnismäßigkeit zwischen Spannung und Dehnung. Durch Kaltbearbeitung wird die Fließgrenze gehoben und die Elastizitäts- und Proportionalitätsgrenze nachweisbar. Als Mittelwert für die Dehnungszahl α darf dann $\frac{1}{1200000}$ bis $\frac{1}{1100000}$ cm²/kg gesetzt werden. Der Bruch

erfolgt unter großer Einschnürung, zeigt lachsrote Farbe und feinkörniges, dichtes, seidenartig glänzendes Gefüge. Die Kaltbearbeitung bewirkt eine Verringerung der Dehnung, also eine Abnahme der Geschmeidigkeit, die sich jedoch durch Ausglühen bei 400 bis 450⁰ wieder herstellen läßt. Gezogener Kupferdraht fängt nach den Untersuchungen von Martens schon bei 250⁰ an, wieder weich zu werden, bei längerer Einwirkung einer Temperatur von 350⁰ verliert er seine Härte vollständig. Festigkeitszahlen verschiedener Kupfersorten bei gewöhnlicher Luftwärme enthält die folgende Zusammenstellung.

Zusammenstellung 35. Festigkeitswerte von Kupfer.

| | Zugfestigkeit K_z kg/cm ² | Dehnung δ % | Einschnürung ψ % |
|---|---|-----------------------|--------------------------|
| Kupfer, gewalzt | 2000 . . . 2300 | 35 . . . 40 | 45 . . . 60 |
| Kupfer, gehämmert | 2600 . . . 2700 | — | — |
| Kupfer, gezogen | 3000 . . . 3800 | — | — |
| Feuerbüchskupfer, Rundkupfer | 2200 | 38 | 45 |
| Spezialfeuerbüchskupfer | 2500 . . . 2600 | ≧ 38 | 60 |
| Spezialrundkupfer „extragehärtet“ | 4000 . . . 6000 | 4 . . . 12 | 60 |

C. Heckmann,
Duisburg

Ein mit Gewinde versehenes Stück Stehbolzenkupfer von 180 mm Länge soll sich kalt mit seinen Enden zusammenbiegen lassen, ohne Risse zu erhalten.

Müller [II, 4] nennt als Grenzen, innerhalb deren die mechanischen Eigenschaften guten Kupfers, an handelsüblichen Blechen ermittelt, liegen können:

| | Elastizitätsgrenze σ_E kg/cm ² | Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ kg/cm ² | Zugfestigkeit K_z kg/cm ² | Dehnung δ % | Elastizitätszahl α cm ² /kg |
|-------------------------------------|---|---|---|-----------------------|--|
| Blech ausgeglüht | 160 | 800 | 2200 | 50 | $\frac{1}{1080000}$ |
| Kaltgewalzt, 90% Reckgrad | 640 | 4500 | 4700 | 3,50 | $\frac{1}{1350000}$ |

Bei höheren Wärmegraden nehmen Festigkeit und Dehnung ab. Dabei ist die Dauer der Kraftwirkung von großem Einfluß, wie Striebeck nachgewiesen hat [II, 20]. Die seiner Abhandlung entnommenen Abb. 114 bis 115 zeigen diese Erscheinung an Stehbolzenkupfer. Die gestrichelten Linien entsprechen Versuchen Rudeloffs [II, 21] mit üblicher, verhältnismäßig kurzer Versuchszeit, die ausgezogenen den Striebeck'schen von langer Dauer. Danach sinkt bereits von 200⁰ an die Widerstandsfähigkeit des Kupfers gegenüber ständiger Kraftwirkung sehr beträchtlich; insbesondere fällt die Linie der Dehnung jäh ab, so daß Kupfer bei mehr wie 200⁰ als

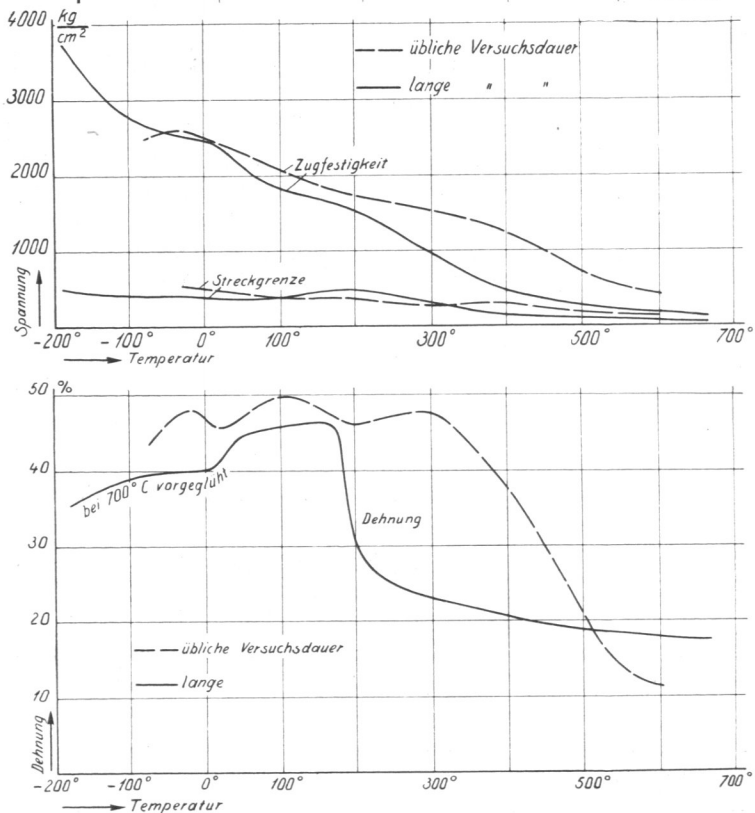


Abb. 114—115. Einfluß der Temperatur auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer (Striebeck und Rudeloff).

nicht mehr zuverlässig vermieden werden sollte, wenn seine Festigkeit in Betracht kommt.

Beim Druckversuch zeigt Kupfer nach Abb. 113 eine etwa gleich hohe Fließgrenze wie beim Zugversuch, bei höheren Belastungen aber eine wesentlich größere Widerstandsfähigkeit; ein Bruch tritt bei der Weichheit des Stoffes trotz weitgehender Zusammendrückung überhaupt nicht ein.

In trockner Luft ist Kupfer sehr beständig; in feuchter bildet sich an seiner Oberfläche eine Schicht basisch kohlensaurer Kupfers, welche das darunterliegende Metall schützt. Durch die meisten Säuren und durch Seewasser wird es, wenn auch zum Teil langsam, angegriffen und zerfressen.

Seine Anwendung im Maschinenbau ist wegen des hohen Preises beschränkt. Auf Grund seiner leichten Formänderungsfähigkeit, sowohl bei der Verarbeitung, wie im Betriebe, wird es zu Kesseln, Pfannen, Trommeln, Anschlußkrümmern, Ausgleichrohren, Stehbolzen, Dichtungsringen u. a. m. benutzt. Verbindungen von Kupferteilen lassen sich leicht durch Weich- oder Hartlötten, in neuerer Zeit auch durch Schweißen herstellen. Die große Leitfähigkeit für den Strom begründet seine ausgedehnte Anwendung in der Elektrotechnik. Gelegentlich finden sich kupferne Niete wegen ihrer Weichheit verwendet, z. B. beim Anschluß gußeiserner Stützen an schmiedeeisernen Gefäßen. Wichtig ist das Kupfer als Bestandteil zahlreicher Legierungen.

B. Blei.

Blei wird als Werkblei gewonnen und als solches oder in gereinigtem Zustande als Kaufblei in den Handel gebracht. Seine große Geschmeidigkeit ermöglicht die leichte Verarbeitung durch Pressen, Walzen, Ziehen und Drücken. Beispielweise lassen sich Drähte und Röhren durch Pressen des Metalls durch Öffnungen hindurch herstellen, Kabel auf ähnliche Weise mit einer dichten Schutzschicht umgeben. Die Schmelztemperatur liegt bei 327°, das Vergießen ist leicht und liefert dichte Stücke. Das Einheitsgewicht beträgt 11,3 kg/dm³.

Die Zugfestigkeit K_z des Bleies ist gering, die Dehnung dagegen sehr groß, so daß sich weiches Blei beim Zugversuch Abb. 116, bis zu einer Spitze an der Bruchstelle ausziehen läßt. Bei der Beanspruchung auf Druck ist die Spannung an der Quetschgrenze σ_s maßgebend, aber sehr von der Höhe des Probekörpers h im Verhältnis zu seiner Breite b oder zum Durchmesser d abhängig. Vollständig eingeschlossenes Blei hält sehr hohe Pressungen aus. Mit der Temperatur nimmt die Festigkeit rasch ab.

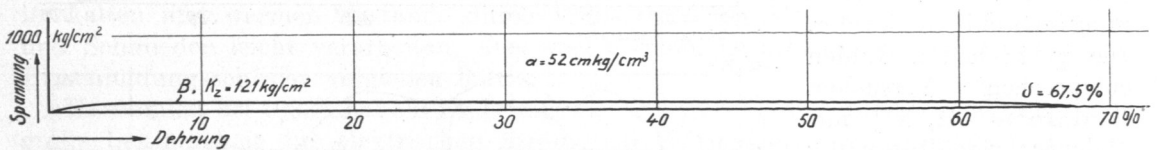


Abb. 116. Zugversuch an Blei.

Zusammenstellung 36. Festigkeitseigenschaften von Blei.

| | Dehnungszahl α cm ² /kg | Zugfestigkeit K_z kg/cm ² | Quetschgrenze σ_s kg/cm ² |
|---|---|--|---|
| Weichblei, gegossen, gewalzt. | $\frac{1}{50000}$ | 125 | 50 bis 150 bei $h:d = 2 \dots 0,1$ |
| Bleidraht | $\frac{1}{70000}$ | 170 . . . 220 | — |
| Hartblei (mit Antimonzusatz) | — | — | 300 bei $h:d = 1$ |
| Hartblei bei 20° C (Rudeloff) | — | 460 | — |
| 60° C | — | 440 | — |
| 100° C | — | 280 | — |