

für

# Dampfkessel und Maschinenbetrieb

Mitteilungen aus der Praxis des Dampfkessel- und Dampfmaschinen-Betriebes sowie des Feuerungs-, elektro- und allgemeinen motorischen Betriebes

Organ für die Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine

**Erscheint wöchentlich**  
Die Zeitschrift ist in der Preisliste des Post-Zeitungs-Amts für 1916 eingetragen.

Begründet von  
**H. MINSEN** †  
Direktor des Schlesienschen Vereins.

Unter Leitung von  
**G. HILLIGER**  
Direktor des Berliner Vereins.

Den Verbands-Mitgliedern wird die Zeitschrift zum Vorzugs-Preis von 8 Mark jährlich pränumerando durch die Post frei Haus geliefert.

**INHALT.**

Das Recken als technologischer Formgebungs- und Veredlungsprozess bei Metallen. — Theoretische Grundlagen für die mittelbare Erzeugung künstlichen Saugzuges. — Polytechnische Umschau: Kohlenstaubbrenner

Bauart M. Gadd; Eine wichtige Neugründung auf dem Gebiete der Metallindustrie. — Patente.  
*Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.*

## Das Recken als technologischer Formgebungs- und Veredlungsprozess bei Metallen.

Von Materialprüfungschemiker *J. Czochralski* in Berlin-Karlshorst.

Wir wissen es längst, dass der Mensch in seiner frühesten Entwicklung Fundstücke aus Bernstein oder Ton durch Beschneiden, Kneten u. dgl. in eine seinen besonderen Absichten oder Zwecken dienende Form zu bringen trachtete und dass er andererseits frühzeitig an die Beständigkeit und Dauerhaftigkeit der aus ihnen gefertigten Gegenstände Ansprüche knüpfte, die nur Stoffe wie die bildsamen und „verfestigungsfähigen“ Metalle zu gewährleisten vermochten. Dieses rein äusserliche Bestreben führte bald zu der so überaus wichtigen Technologie der mechanischen Formgebung durch Verschiebung der kleinsten Massenteilchen einerseits und zu der mechanischen Metallveredlung (Verfestigung, Härtung usw.) durch eben dieses Mittel andererseits.

Diese Vorgänge, die in der Metallkunde jetzt allgemein in dem Begriff „Recken“ zusammengefasst werden, können

zweckmässig in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden, und zwar ergibt sich diese Einteilung aus der sogenannten „Verlagerungshypothese“, die zwischen „verlagerndem“ und „nichtverlagerndem“ Recken unterscheidet. Werden durch das Recken nur Formänderungen angestrebt, so spricht man vom Recken als Formgebungsprozess; soll dagegen durch das Recken auch gleichzeitig der Widerstand des Materials gegen Formänderung gesteigert werden, so spricht man auch vom Recken

als Veredlungsprozess. Man hat nun bisher das Recken in „Kaltrecken“ und „Warmrecken“ eingeteilt; diese Einteilung liess jedoch eine scharfe Trennung der Reckvorgänge infolge ihres häufigen Auftretens in den gleichen Temperaturgebieten nicht zu. Der folgenden Einteilung liegt daher das erste System zugrunde.

**1. Nichtverlagerndes Recken.**

Die Gestalt des Arbeitsgutes wird durch diese

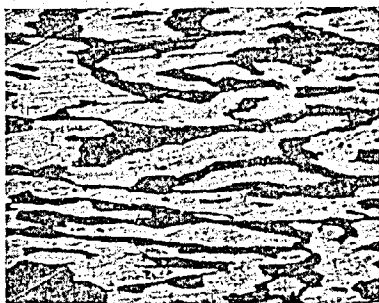


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 1. und 2. Gefüge von warm schmiebbarem Pressmessing. Abb. 2 vor, Abb. 1 nach starkem verlagernden Recken. Geätzt rund 5 Minuten in warmer Schwefelsäure 1:1. (V=200.)

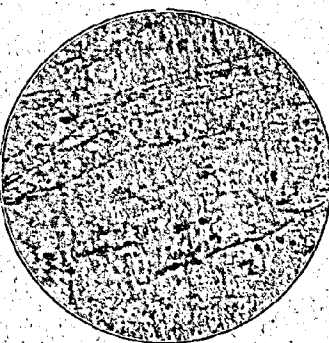
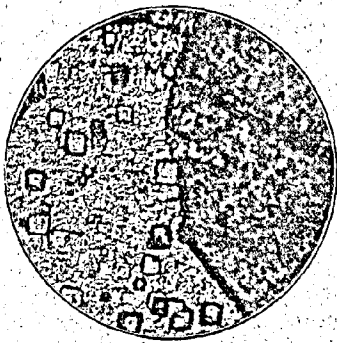
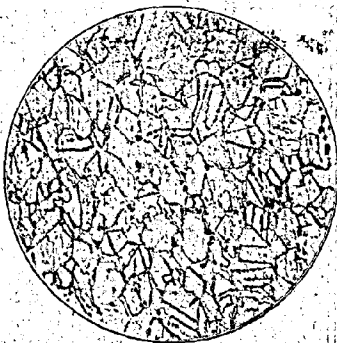


Abb. 3.

Abb. 4.

Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 3. Gefüge von warm schmiebbarem Pressmessing; der helle Bestandteil sind die nur kalt schmiebbaren, kupferreicheren  $\alpha$ -Kristalle, der dunkle die warm schmiebbaren, kupferärmeren  $\beta$ -Kristalle. Geätzt rund 5 Minuten in warmer Schwefelsäure 1:1. (V=200.) Abb. 4. Gefüge von kalt schmiebbarem Messing; das Gefüge besteht aus den nur kalt schmiebbaren, rotarm dagegen sehr spröden  $\alpha$ -Kristallen. Ätzipoliert mit ammoniakgetränktem Wattebausch. (V=200.) Abb. 5. Gefüge des Kupfers mit Ätzipolieren auf dem helleren Kristall. Stark geätzt mit 10prozentiger Ammoniumpersulfatlösung. (V=200.) Abb. 6. Das in Abb. 5 dargestellte Metallstück; nach starkem verlagernden Recken; Unterschiede zwischen hellen und dunklen Körnern verwischt, Korninneres bis zum Unkenntlichwerden verlagert. Ätzung wie bei Abb. 5.

Bearbeitung dem zu erzeugenden Gebrauchsgegenstand näher gebracht oder vielfach auch unmittelbar in diese übergeführt, ohne dass eine bleibende Verlagerung der kleinsten Massenteilchen und somit auch eine Veränderung der Materialeigenschaften

schaftlich ausgedrückt — der „spontanen Homöotropie“ schon bei der Temperatur der Umgebung; andere dagegen, wie Eisen, Kupfer oder Nickel, erreichen sie erst bei sehr hohen Wärmegraden. Mit dem Grade des selbsttätigen Ausrichtens

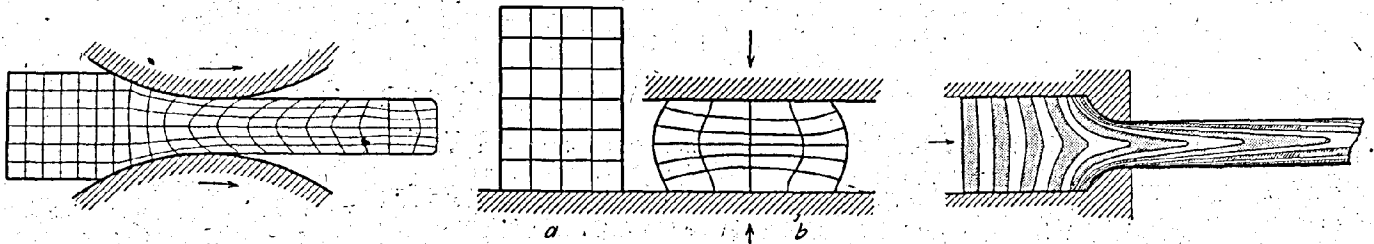


Abb. 7.

Abb. 8.

Abb. 9.

Abb. 7. Materialverschiebung im Innern eines kubisch geschichteten Versuchskörpers aus Porzellanmasse beim Walzen. (Nach Kick und Polak.)  
 Abb. 8. Materialverschiebung im Innern eines kubisch geschichteten Versuchskörpers aus Porzellanmasse beim Stauchen; a vor, b nach dem Stauchen.  
 Abb. 9. Materialverschiebung im Innern eines quer geschichteten Versuchskörpers aus Knetwachs beim Pressen.

auftritt. Bei dieser Art des Reckens wird, zwar die Nachbarlage der kleinsten Massenteilchen verändert, ihre gesetzmässige und natürliche molekulare Anordnung bleibt jedoch unbeirrt gewahrt: ähnlich wie die aufrechte Haltung einer Anzahl durcheinander gerüttelter Stehauffiguren. Solange

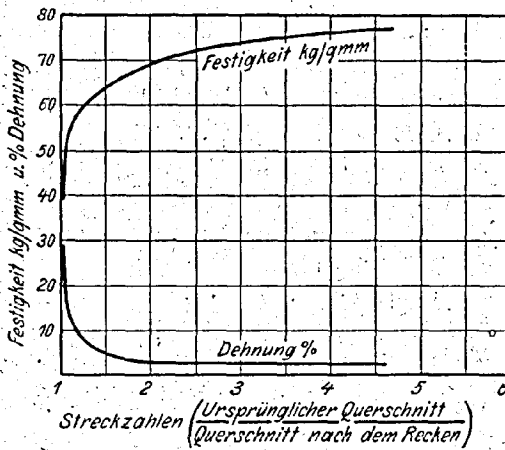


Abb. 10.

Abb. 10. Einfluss des verlagernden Reckens auf Festigkeit und Dehnung von Flusseisen, nach Speer und Winter (interpoliert). Abb. 11. Einfluss des verlagernden Reckens auf Festigkeit und Dehnung von Flussstahl, nach Speer und Winter (interpoliert).

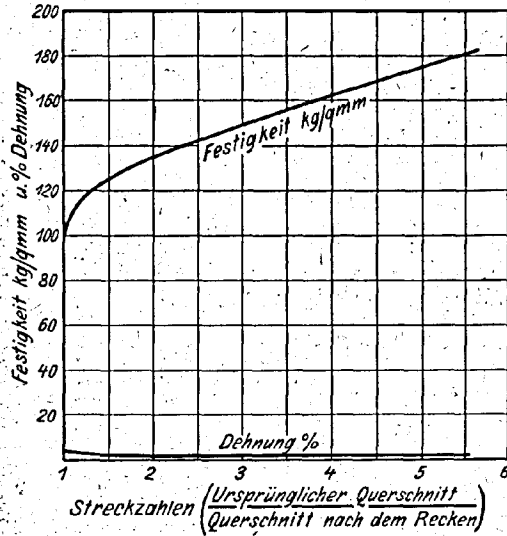


Abb. 11.

steht auch der Formänderungswiderstand der Metalle in engem Zusammenhang; Metalle der ersten Gruppe lassen sich bereits unter dem Drucke der Finger deformieren, die der zweiten Gruppe erreichen den geringen Grad des Formänderungswiderstandes dagegen erst bei sehr hohen

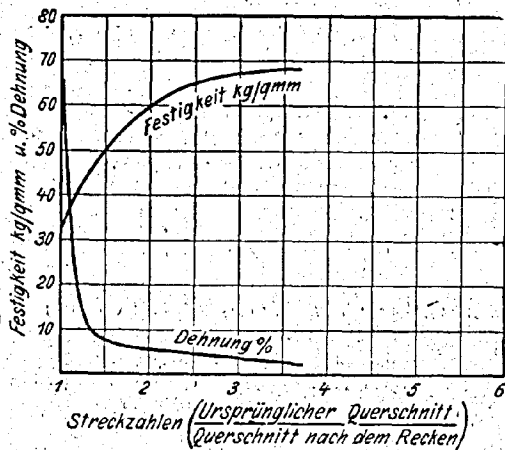


Abb. 12.

Abb. 12. Einfluss des verlagernden Reckens auf Festigkeit und Dehnung von Messing mit 67% Kupfer, nach Gard. Abb. 13. Schubvorgänge bei Druck- und Zugbeanspruchungen. Die Gleitflächen g bilden einen Winkel von etwa 45° zu der Hauptspannungsrichtung P-P. Abb. 14. Einfluss des verlagernden Reckens auf Festigkeit und Dehnung von Elektrolytkupfer, nach Gard.

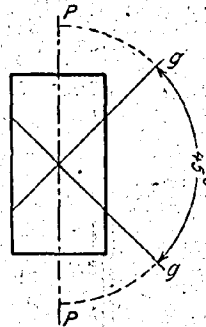


Abb. 13.

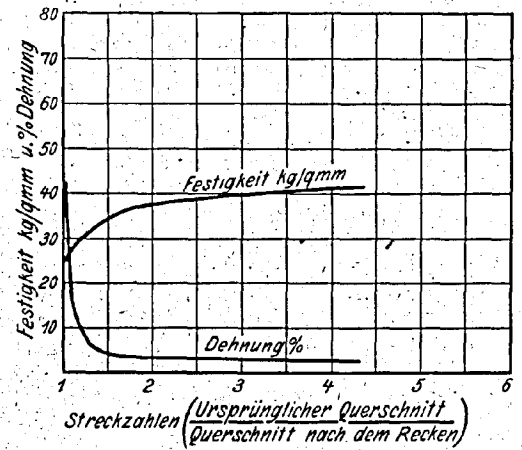


Abb. 14.

dieser „Richtsinn“ der kleinsten Massenteilchen voll in Tätigkeit bleibt, ist das Recken nur ein rein formgebendes, „nicht-verlagerndes“.

Manche Metalle, wie Natrium, Kalium oder Blei, besitzen diese Fähigkeit des selbsttätigen Ausrichtens oder — wissen-

Wärmegraden. — Neben dem Formänderungswiderstand spielt das Formänderungsvermögen oder der Bildsamkeitsgrad der Metalle eine wichtige Rolle. Eine mehr oder weniger willkürliche Reihe von Bezeichnungen, wie hämmerbar, knetbar, pressbar, prägbar, schmiedbar, walzbar, ziehbar u. dgl. m., mit dem

Index „warm“ oder „kalt“ werden zur näheren Kennzeichnung des Bildungsgrades der Metalle herangezogen. Ueber das Formänderungsvermögen lassen jedoch diese Bezeichnungen keine Schlussfolgerungen zu; eine vollkommene Charakteristik des Formänderungsvermögens bei Raumtemperatur bieten u. a. die im folgenden Abschnitt wiedergegebenen

liegendes Kennzeichen ist der „Schubvorgang“. Wird der Fließdruck des Materials erreicht und daraufhin konstant erhalten, so nimmt die Verschiebung mit der Zeit zu: der Stoff fließt, und zwar in Richtungen (Gleitflächen) unter etwa 45° zu den Hauptspannungsrichtungen (Abb. 13). Die inneren Vorgänge, nach welchen die unter Druck entstehenden Materialverschiebungen vor sich gehen, sind sehr mannigfaltig. Die Abb. 7 bis 9 geben in groben Zügen die Materialverschiebungen wieder, wie sie bei den wichtigsten technologischen Arbeitsprozessen: Stauchen, Pressen und Walzen auftreten. Weist das Material im Innern zonenweise Verlagerungen, Schichtungen, regelmässig angeordnete Einschlüsse u. dgl. auf, so können vielfach noch nachträglich die stattgehabten Material-

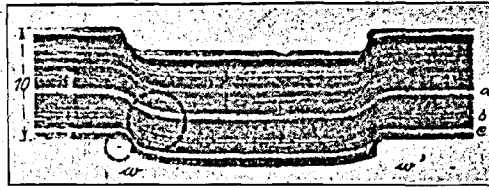
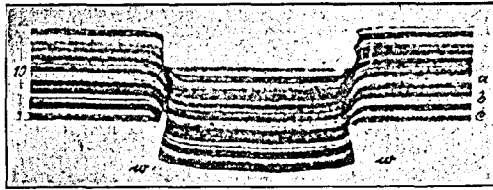


Abb. 15.

Abb. 16.

Abb. 15 und 16. Materialverschiebung beim Lochen von Schweißeisen. Aufdeckung von innerer Materialzerstörung durch Bestimmung des Krümmungshalbmessers der Fließlinien. Geätzt in 10%iger Ammoniumchlorid-Lösung. ( $V=1,5$ .)

„Reckdiagramme“. — Störungerscheinungen infolge mangelnden Formänderungsvermögens treten ganz besonders häufig bei Pressmessing auf. In den Abb. 17 und 18 sind typische Fälle mangelnden Formänderungsvermögens illustriert. Im Anschluss veranschaulichen die Abb. 3 und 4 die Nutzanwendungen der metallographischen Gefügebeobachtung auf das Pressmessing. Während gut warm geschiedbares Pressmessing bei Zimmertemperatur neben  $\alpha$ - etwa zu zwei Dritteln aus  $\beta$ -Körnern bestehen muss (Abb. 3), macht sich das mangelnde Formänderungsvermögen durch völlige Abwesenheit der  $\beta$ -Körner im Gefüge bemerkbar (Abb. 4: Gefüge der in Abb. 17 und 18 wiedergegebenen Probestücke). Der helle Bestandteil sind die kupferreicheren  $\alpha$ -, der dunkle die kupferärmere  $\beta$ -Kristalle.

Aehnlich wie der Martensit ein Kennzeichen für abgeschreckten Werkzeugstahl bildet, so bildet bei Messing der  $\beta$ -Bestandteil das Kennzeichen der Warm schmiedbarkeit, der  $\alpha$ -Bestandteil dagegen das der Kaltschmiedbarkeit.

2. Verlagerndes Recken.

In der Mehrzahl der Fälle werden durch das Recken nur Gestaltsänderungen angestrebt. Sehr häufig wird jedoch, sei es, dass es nicht immer möglich ist, nur diese allein zu erzeugen, sei es, dass man diese oder jene Eigenschaft auf Kosten der anderen durch das Recken bewusst zu beeinflussen trachtet, die mechanisch-physikalische Beschaffenheit des Arbeitsgutes mehr oder weniger stark verändert. In allen diesen Fällen findet neben einer Verschiebung der benachbarten Massenteilchen gleichzeitig auch eine Verwirrung ihrer gesetzmässigen Raumgitteranordnung statt. Den Nachweis für die Richtigkeit dieser Annahme liefert die Tatsache, dass in Metallen, die starke Formänderung unter Verlagerung erfahren haben, die Bildung von Aetzfiguren und die auf verschiedene kristallographische Anordnung zurückzuführende Färbung der Kristallkörner ausbleiben (vgl. Abb. 5 und 6). — Ein allgemeines, allen Arten des Reckens zugrunde

verschiebungen durch Aetzbilder sichtbar gemacht und zum Feststellen etwaiger unzulässig hoher Beanspruchungen herangezogen werden. — Die Nutzanwendung der metallographischen Gefügebeobachtung auf diese besonders bei technischen Unfällen wichtigen Fragen erläutern am Schweißeisen die Abb. 15 und 16 (nach Preuss). Die hellen Streifen a, b, c in Abb. 15 und 16 weisen an den Stellen w und w' starke doppelte Krümmungen (einen Wendepunkt) auf; dies sind die Stellen, die stets eine erhöhte Beanspruchung des Materials anzeigen. Zeichnet man die Krümmungskreise beispielsweise für die Kurve c vor und hinter dem Wendepunkt ein (Abb. 16), so darf der Abstand der zueinander parallel versetzten Teile der Linie c erfahrungsgemäss höchstens ein Fünftel des betreffenden Krümmungshalbmessers betragen, wenn der Gefahr einer Zerstörung des Materials durch Scherspannungen an den entsprechenden Stellen vorgebeugt werden soll. Dieser Wert ist in den Abb. 15 und 16 schon um ein Vielfaches überschritten. Während in dem in Abb. 16 wiedergegebenen Probestück erst eine latente Materialzerstörung vor sich gegangen ist, ist in dem zweiten Stück (Abb. 15) bereits eine völlige Materiallosterung

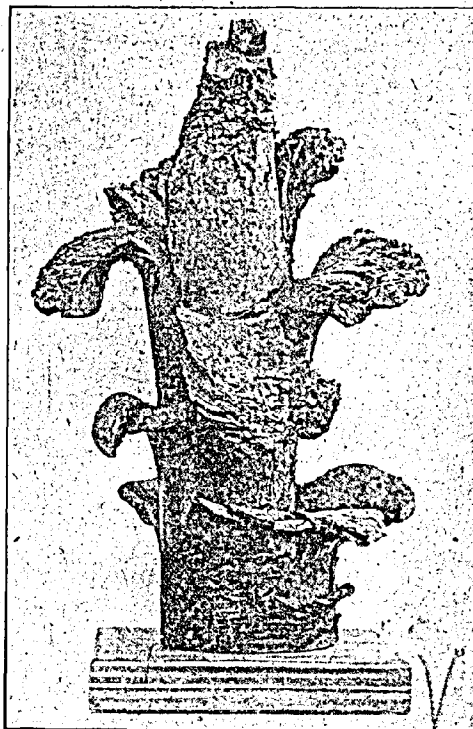


Abb. 17. Ein beim Herausnehmen aus dem Rezipienten durch innere Spannungen aufgeplatzter Messingbarren; infolge Rotbrüchigkeit (Kupfergehalt über 64%) nicht pressbar. ( $\frac{1}{6}$  natürlicher Grösse.)



Abb. 18. Rundmessingstange, rotbrüchig mit schuppenartig ausgebildeten Querrissen. (Natürliche Grösse.)

erfolgt. — Ausser durch das Ausbleiben der Helligkeitsunterschiede und der Aetzfiguren gibt sich das verlagernde Recken im Gegensatz zu dem nichtverlagernden Recken, durch das nur eine Verkleinerung des Kornes herbeigeführt wird, auch noch durch Streckung der einzelnen Kornindividuen zu erkennen. Abb. 2 gibt das Gefüge von Schmiedemessing vor dem Recken wieder; Abb. 1 zeigt dagegen das Gefüge desselben

Metalls nach starkem verlagernden Recken. Die Körner, die ursprünglich keine bevorzugte Streckrichtung zeigten, erscheinen jetzt in der Zugrichtung stark gelängt. Durch das verlagernde Recken verliert auch das Arbeitsgut seine ursprünglichen Eigenschaften fast völlig und wird steif und unnachgiebig.

Ueber den Einfluss des verlagernden Reckens auf die Eigenschaften einiger Metalle geben die Reckdiagramme (Abb. 10, 11, 12 und 14) Aufschluss. Die Werte für Festigkeit und Dehnung sind auf den Senkrechten, die Streckzahlen auf den Wagerechten abgetragen. (Schluss folgt.)

## Theoretische Grundlagen für die mittelbare Erzeugung künstlichen Saugzuges.

Von Dr.-Ing. M. Pfothner in Nürnberg.

(Fortsetzung von S. 346.)

### A. Theorie der Saugstrahlwirkung<sup>1)</sup>.

Ein allgemeines Schema der Strahlapparate ist in Abb. 4 dargestellt. An das Zuleitungsrohr  $L$  schliesst sich der Düsenkörper an, aus dessen Oeffnung der Arbeit verrichtende Strahl geschlossen austritt, um in das Mischrohr oder Injektorrohr  $R$  einzuströmen. In der Kammer oder dem Gehäuse  $K$  stellt sich ein Unterdruck ein, der ein Fließen der Liefermenge durch das Saugrohr zur Folge hat. Die so beschleunigte Fördermenge tritt neben dem aus der Düse strömenden Betriebsmittel in das Injektorrohr ein, das bei genügender Länge beiden Medien eine vollständige Mischung vor Verlassen der oberen Rohrmündung  $F_0$  gestattet. Der im Gehäuse sich einstellende Saugdruck und der vor der Düse herrschende Ueberdruck sind durch die Niveaudifferenz der Flüssigkeitsspiegel U-förmiger Manometer angedeutet. Für die Ableitungen selbst mögen folgende Voraussetzungen gelten:

Für die Zuleitung  $L$  bis zur Düse sei ein hinreichend grosser lichter Querschnitt vorgesehen, so dass an der Anschlussstelle des Manometers nur eine belanglose Geschwindigkeit des zuströmenden Betriebsmittels vorliegt und die Arbeitsverluste zwischen Messstelle und Düsenöffnung nicht nennenswert sind.

Der im Querschnitt  $f_1$  der Düsenmündung sich einstellende Druck sei stets gleich dem im Gehäuse  $K$  herrschenden absoluten Druck  $p_x = p_0 - h_x$ .

Der verhältnismässig geringe Unterschied des Gehäusedruckes  $p_x$  gegenüber dem äusseren Atmosphärendruck  $p_0$  rechtfertigt die Annahme, dass die spezifischen Gewichte des fördernden und angesaugten Mediums auf dem Wege durch das Gehäuse  $K$  und durch das Ansatzrohr  $R$  ins Freie eine nur unerhebliche Aenderung erfahren. Aus diesem Grunde sei es gestattet, zur Berechnung der Eintrittsgeschwindigkeit  $w_2'$  der Liefermenge  $Q_2$  in die Kammer  $K$  die einfachen hydraulischen Ausflussformeln anzuwenden.

Die Entfernung  $e$  des Düsenmundes von der Ebene des engsten bzw. unteren Mischrohrquerschnittes  $F$  bleibe vorläufig ausser acht, also die Strömungsenergie des Fördermittels  $Q_1$  erleide auf der Strecke  $e$  keine Einbusse; der Möglichkeit ihrer Minderung wird jedoch später, auf alle Fälle Rechnung getragen werden.

Die Niveaudifferenz  $e + l_0$  spiele gleichfalls keine Rolle, solange das Ansatzrohr nicht übermässig hoch wird. Kommen für den Betrieb flüssige Körper in Frage, so ist für den Strahlapparat eine horizontale Lage anzunehmen, um einen Höhenunterschied zwischen Ein- und Austrittsöffnung des Mischrohres zu vermeiden.

Den weiteren Betrachtungen mögen nun folgende Bezeichnungen zugrunde gelegt werden:

- $g = m/s^2$  Beschleunigung durch die Schwerkraft.
- $p_0 = kg/m^2$  bzw. mm W.-S. absoluter Druck der Atmosphäre ausserhalb des Strahlapparates.
- $p = kg/m^2$  bzw. mm W.-S. absoluter Druck in der Zuleitung vor der Düse.
- $h = kg/m^2$  bzw. mm W.-S. Ueberdruck in der Zuleitung vor der Düse.
- $Q_2 = kg/s$  Gewicht des sekundlich ausströmenden Fördermittels.
- $V_2 = m^3/s$  Volumen des Förder- oder Betriebsmittels.
- $\gamma = kg/m^3$  spezifisches Gewicht des Fördermittels beim Druck  $p$ .
- $\gamma_2 = kg/m^3$  spezifisches Gewicht des Fördermittels nach der Austrittsöffnung, also beim Druck  $p_0$  bzw.  $p_x$ .
- $v = m^3/kg$  spezifisches Volumen eines flüssigen bzw. gasförmigen Körpers.
- $d_1 = m$  lichter Durchmesser der Düsenausflussöffnung.

<sup>1)</sup> Veröffentlicht in des Verfassers Abhandlungen: „Der Energiebedarf von Injektoranlagen“ in der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins 1913, Heft 16 bis 20, und „Untersuchungen an Strahlapparaten“ im Gewerheits-Ingenieur 1914, Heft 18 ff. (Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin).

- $f_1 = m^2$  lichter Querschnitt der Düsenausflussöffnung.
- $w_1 = m/s$  mittlere wirkliche Ausflussgeschwindigkeit aus der Düse.
- $\alpha_1 =$  Kontraktionskoeffizient
- $\varphi_1 =$  Geschwindigkeitskoeffizient } des ausströmenden Fördermittels.
- $\mu_1 = \alpha_1 \varphi_1$  Ausflusskoeffizient
- $p_x = kg/m^2$  bzw. mm W.-S. absoluter Druck im Gehäuse  $K$ .
- $h_x = kg/m^2$  bzw. mm W.-S. Unterdruck im Gehäuse  $K$ .
- $Q_2 = kg/s$  Gewicht der sekundlich angesaugten Förder- oder Liefermenge.
- $V_2 = m^3/s$  Volumen
- $D_2 = m$  lichter Durchmesser der Saugleitung am Gehäuse.
- $F_2 = m^2$  lichter Querschnitt
- $w_2' = m/s$  mittlere Eintrittsgeschwindigkeit der Fördermenge  $Q_2$  in das Gehäuse  $K$ .
- $w_2 = m/s$  mittlere Eintrittsgeschwindigkeit der Fördermenge  $Q_2$  in das Mischrohr  $R$ .
- $\alpha_2 =$  Kontraktionskoeffizient des mit  $w_2'$  ins Gehäuse tretenden Strahles der Fördermenge (bei vorhandenem Saugrohr wird  $\alpha_2 = 1$ ).
- $\varphi_2 =$  Geschwindigkeitskoeffizient des angesaugten Mittels, der bei vorhandener Saugleitung von ihrer Länge, ihrem Durchmesser und Rauheitsgrade abhängt.
- $\mu_2 = \alpha_2 \varphi_2$  Ausflusskoeffizient, für den auch das zu  $\varphi_2$  Bemerkte gilt.
- $\gamma_2 = kg/m^3$  spezifisches Gewicht der Fördermenge  $Q_2$  beim Druck  $p_x$  bzw.  $p_0$ .
- $l_0 = m$  Länge
- $\lambda_0 =$  Wandreibungskoeffizient
- $D = m$  unterer lichter Durchmesser
- $F = m^2$  unterer lichter Querschnitt
- $D_0 = m$  oberer lichter Durchmesser
- $F_0 = m^2$  oberer lichter Querschnitt } des Ansatzrohres  $R$ .
- $w = m/s$  mittlere Eintrittsgeschwindigkeit des Gemisches ( $Q_1 + Q_2$ ) ins Ansatzrohr  $R$ .
- $w_0 = m/s$  mittlere Austrittsgeschwindigkeit des Gemisches ( $Q_1 + Q_2$ ) aus dem Ansatzrohr  $R$ .

- $q =$  Gewichtsverhältnis  $\frac{Q_2}{Q_1}$  } spezifische Fördermenge
- $s =$  Volumenverhältnis  $\frac{V_2}{V_1}$  } bzw. relative Liefermenge.
- $m =$  Querschnittsverhältnis  $\frac{F}{F_1}$  }  $\frac{m}{n} = \frac{F}{F_2}$
- $n =$  Querschnittsverhältnis  $\frac{F_2}{F_1}$  }

- $A_0 = mkg/s$  Arbeitsverluste im Strahlapparat.
- $\beta =$  Verlustfaktor.
- $\eta_p =$  mechanischer Wirkungsgrad des Strahlapparates (Pumpenwirkungsgrad).
- $\eta =$  Wirkungsgrad des Arbeitsvorganges bis zur Düse.

Für die Austrittsgeschwindigkeit  $w_1$  des Betriebsmittels  $Q_1$  aus der Düsenöffnung  $f_1$  besteht die allgemeine Beziehung

$$1. w_1 = \varphi_1 \sqrt{2g \int_{p_x}^{p_0} v dp},$$

so dass sich im Falle einer Strahlkontraktion für die sekundlich ausströmende Gewichtsmenge ergibt:

$$2. Q_1 = f_1 \alpha_1 \varphi_1 \gamma_1 \sqrt{2g \int_{p_x}^{p_0} v dp}.$$

Die Eintrittsgeschwindigkeit  $w_2'$  der angesaugten Fördermenge  $Q_2$  in das Gehäuse  $K$  schreibt sich nach den gemachten Voraussetzungen:

$$3. w_2' = \varphi_2 \sqrt{\frac{2g h_x}{\gamma_2}}$$

Mithin erhält man für die sekundliche Liefermenge:

$$4. Q_2 = F_2 \alpha_2 \varphi_2 \sqrt{2g h_x \gamma_2}$$

Die Division der 2. und 4. Gleichung führt dann auf einen Ausdruck für die wirkliche spezifische Fördermenge:

$$5. q = \frac{n \mu_2}{\mu_1} \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1} \frac{h_x}{\gamma_1} \int_{p_x}^{p_0} v dp}$$

## Das Recken als technologischer Formgebungs- und Veredlungsprozess bei Metallen.

Von Materialprüfungsschemiker *J. Czochralski* in Berlin-Karlshorst.

(Schluss von S. 356.)

Durch zu weit getriebenes verlagerndes Recken kann ein sogenanntes „Ueberziehen“ oder „Ueberrecken“ und damit eine Zerstörung des Materials eintreten. Beim Drahtziehen macht sich das „Ueberrecken“ häufig durch trichterförmige Brüche im Innern bemerkbar (Abb. 19 nach *Heyn*), weil die inneren

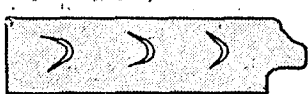


Abb. 19. „Ueberzogener“ Flusseisendraht mit trichterförmigen Brüchen im Innern. (Längs- und Querschnitt.)

Schichten im Zieheisen in der Längsrichtung stärker gereckt werden als die äusseren und daher früher erschöpft werden. Mikroskopisch kann man die Vorgänge durch Ermittlung des Streckgrades verfolgen und zur Aufdeckung unzulässig hoher Reckbeanspruchung heranziehen. Werden nämlich die Abmessungen der einzelnen Körner parallel und senkrecht zur grössten Streckung bestimmt, so erhält man vielseitige Prismen, aus denen der ungefähre Streckgrad abgeleitet werden kann. Bezeichnet man ihre Länge mit  $c$ , den Mittelwert der Breite und Dicke mit  $a$ , so gibt der Wert  $c/a$ , unter der

Voraussetzung, dass die Streckung nur in einer Richtung erfolgte, den ungefähren Grad der vorangegangenen Streckung. Bei Eisen und Kupfer wird durch einen Streckgrad  $> 5$  in der Regel schon eine durchgreifende Materialzerstörung bewirkt; nur dünne Drähte überstehen solche Streckungen unbeschadet, weil sie im Zieheisen starkem Manteldruck ausgesetzt sind. Die Querschnittsabnahme bei Zwischenzügen dürfte nur selten über 25% und beim vorgereckten Arbeitsgut (besonders von geringem Querschnitt) nicht über 10% des Ursprungsquerschnittes hinausgehen. Bei den verhältnismässig grossen Deformationsgeschwindigkeiten der Arbeitsmaschinen sind häufige Zwischenglühungen und geringe Querschnittsabnahmen von vornherein unumgänglich, da mit der Erhöhung der Deformationsgeschwindigkeit bekanntlich auch die Bruchgefahr gesteigert wird.

Da beim Ziehen durch das Recken die einzelnen Schichten verschieden starke Verlängerung erfahren und demzufolge bestrebt sind, verschiedene Längen anzunehmen, birgt die Steigerung der Zerreiissfestigkeit, so sehr sie auch vielfach erwünscht ist, infolge innerer Spannungserregung manche



Gefahren in sich. Latente Reckspannungen bilden nicht selten die Ursache plötzlicher oder allmählicher Rissbildung. Typische Fälle sind in den Abb. 20 und 21 wiedergegeben. In Messing lassen sich durch mässiges Erwärmen (bis zu  $230^{\circ}\text{C}$ )

die Reckspannungen beträchtlich vermindern, so dass die Gefahr des freiwilligen Aufreissens des Materials beim Verarbeiten oder im Betriebe geringer wird. Nach den Untersuchungen Heyns kann man das Vorhandensein solcher ungleichförmigen Spannungen dadurch nachweisen, dass man zylindrische Stücke des Materials von genauer Messlänge an ihrer Manteloberfläche schichtweise abdrehet und jedesmal die dabei auftretende Längenänderung

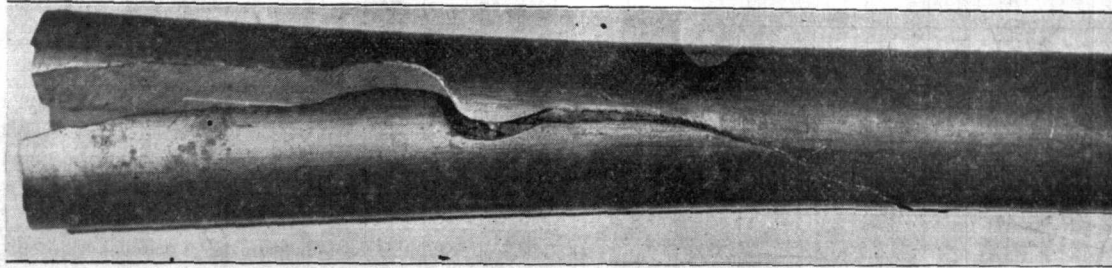


Abb. 20. Rundmessingstange, die beim Lagern durch innere Reckspannungen in der Längsrichtung aufgerissen wurde. (Natürliche Grösse.)

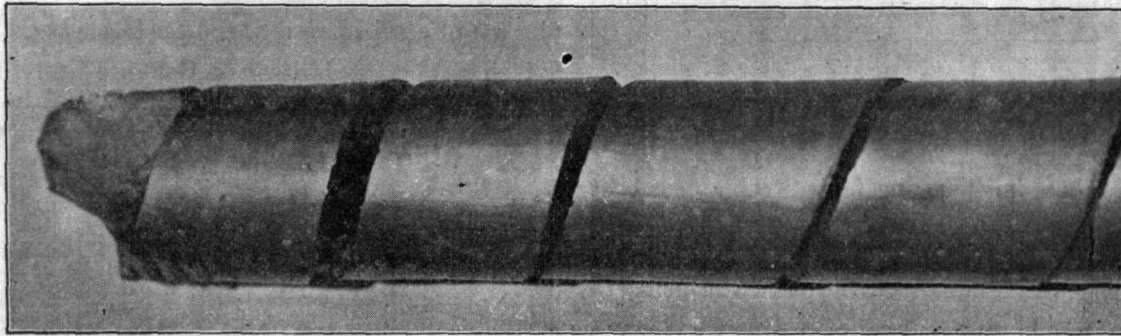


Abb. 21. Rundmessingstange, die beim Ziehen durch innere Spannungen schraubenlinienartig aufgerissen wurde. (Natürliche Grösse.)

des Stabes bestimmt. — Die Vorausbestimmung der für die einzelnen Formänderungen erforderlichen Arbeitsgrössen ist eine der Hauptaufgaben der technologischen Mechanik. Es bestand aber bis vor kurzem keine Methode, die die für die einzelnen Arbeitsgattungen der Technik erforderlichen Deformationskräfte zu berechnen gestattete.

Neuere Untersuchungen von P. Ludwik haben gezeigt, dass die „Fliesskurven“ (eine Beziehung, die sich zwischen dem jeweiligen Grad der Reckung oder „spezifischen Schiebung“ und der zu der ersten bleibenden Formänderung

erforderlichen „Schubspannung“ ergibt) das Hauptmerkmal aller Formänderungsarten bilden. Die Fliesskurven ergeben nicht nur die charakteristischen Merkmale für das Verhalten eines Metalles im Gebiete der bleibenden Formänderungen, sondern gestatten auch, in vielen Fällen die für die Formänderung erforderlichen Arbeitsgrössen direkt abzuleiten. Ihre allgemeine Anwendbarkeit zur Bestimmung der bei den technischen Arbeits-

gattungen erforderlichen Arbeitsgrössen steht wohl unmittelbar bevor<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Anmerkung zu dem ersten Teil des Aufsatzes: Bekanntlich lassen sich auch kupferreichere Messingsorten, wenn auch begrenzt, warm pressen. Ihre Warmpressbarkeit wird jedoch nicht wie bei Pressmessing (etwa 50 bis 65 % Kupfer) durch gewisse Gefügebestandteile bedingt.