

DER EINSCHNÜRUNGSABHÄNGIGE VERLAUF DER DEHNUNG VON FLACHPROBEN

Von

L. KATOR

Lehrstuhl für Mechanische Technologie, Technische Universität,
Budapest

(Eingegangen am 3. März 1964)

Vorgelegt von Prof. Dr. L. GILLEMOT

Einleitung

Der Zugversuch gehört zu den ältesten und meistverbreiteten Verfahren der Werkstoffprüfung. Die Untersuchungen bewegten sich insofern nach zwei Hauptrichtungen, als einerseits die in den Probestäben auftretenden Spannungen, andererseits die Verformung der Probestäbe geprüft wurden. Zwischen der Form der Probestäbe und den in ihnen auftretenden Spannungen besteht indes eine wechselseitige Abhängigkeit.

Den an der Einschnürungsstelle auftretenden mehrachsigen Spannungszustand haben SIEBEL, BRIDGEMAN und DAWIDENKOW—SPIRIDINOWA [1, 2, 3] untersucht, die trotz unterschiedlicher Ausgangsannahmen zu mehr oder minder übereinstimmenden Ergebnissen gelangten. Die Einschnürung, die nach dem Aufhören der gleichmäßigen Dehnung einsetzt, ist notwendigerweise mit dem Entstehen eines mehrachsigen Spannungszustandes verknüpft. Eben deshalb erfährt die ursprünglich gerade Begrenzungslinie des Probestabes die bekannte Krümmung an der Einschnürungsstelle. Eine Änderung erfährt hier auch die Verformungsgeschwindigkeit, die ihrerseits auch auf eine Änderung des mehrachsigen Spannungszustandes hindeutet. Diese Änderung läßt sich aber nur schwer verfolgen.

Die Verformung während des Zugversuchs kann an der Verlängerung des Probestabes und an den Änderungen in der Form der Begrenzungskurven verfolgt werden. Während jene unmittelbar meßbar ist, läßt sich diese nur durch empirische Formeln beschreiben.

Die Verlängerung des Probestabes in Längsrichtung ist eine stark veränderliche Größe. Die Gesamtverlängerung setzt sich aus zwei Teilen gemäß

$$\Delta L = \Delta L_g + \Delta L_c$$

zusammen [4, 5].

Dies bedeutet, daß sich die Probestäbe im Zugversuch in genau bestimmbarer Weise gleichmäßig dehnen, doch wird auch die Auffassung vertreten [6], der Begriff der gleichmäßigen Dehnung sei auch grundsätzlich falsch, weil der Probestab in seiner ganzen Länge eine konische Form annimmt.

Als Grenze der gleichmäßigen Dehnung bezeichnet KRUPKOWSKY [4] den Punkt, an welchem die Belastung ihren Höchstwert erreicht, nach den Beobachtungen von LUDWIK [7] setzt jedoch die Einschnürung noch vor Erreichen der Höchstbelastung P_{max} ein. Nach SACHS und FICK [8] gesellt sich zu dieser Erscheinung noch hinzu, daß die gleichmäßige Dehnung weiter anhält und erst nach Überschreitung des Punktes der Höchstbelastung aufhört.

Nach CZOBOLY [9] gliedert sich die Verlängerung glatter zylindrischer Probestäbe in Abhängigkeit von der Kontraktion in drei Abschnitte gemäß

$$\Delta L = \Delta L_g + \Delta L_p + \Delta L_c.$$

Im ersten Abschnitt erleidet der Probestab eine gleichmäßige Dehnung, deren Größe aus der Beziehung

$$\Delta L_g = nd_0 \frac{\psi_g}{1 - \psi_g}$$

bestimmt werden kann. Die Grenze dieses Abschnittes liegt noch vor dem Punkt der Höchstbelastung P_{max} .

Im zweiten Abschnitt beginnt zwar die Einschnürung, ohne daß jedoch der Wert der Verlängerung ziffernmäßig mit ausreichender Sicherheit erfaßt werden könnte.

Der dritte Abschnitt beginnt in dem Augenblick, da die Belastung sinkt, wobei die Verlängerung linear mit der Kontraktion wächst:

$$\Delta L_c = kd_0(\psi_c - \psi_m).$$

In dieser Gleichung bedeutet k eine Werkstoffkonstante, die bei Werkstoffen mit kubischem Raumgitter den Wert 1 hat.

GILLEMOT [10] vertritt die Auffassung, daß die im Zugversuch am glatten zylindrischen Probestab ermittelten Ergebnisse auch für gekerbte Probestäbe gelten, mit dem Unterschied jedoch, daß bei diesen von gleichmäßiger Dehnung nicht gesprochen werden kann, weshalb mit $\psi_m \cong 0$

$$\Delta L_c = k_1 d_0 \psi_c$$

wird. Für den Proportionalitätsbeiwert k_1 gibt Gillemot einen Wert von 0,45 an.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob es bei Flachproben eine gleichmäßige Dehnung in makroskopischem Sinne gibt oder ob die Verformung von Anfang an ungleichmäßig ist. Die Arbeit setzt sich weiterhin zum Ziel festzustellen, ob die Grenze der gleichmäßigen Dehnung — sofern eine solche bestimmt werden kann —, mit dem Punkt der Höchstbelastung zusammenfällt. Ferner wurden die Gesetzmäßigkeiten der Einschnürungs-

dehnung untersucht, und schließlich bestimmten wir die Größe des Proportionalitätsbeiwertes k für Flachproben gleichbleibender Dicke, aber unterschiedlicher Breite.

Material und Abmessungen der Flachproben, Meßmethode

Bei den Messungen wurde weichgeglühtes Stahl 41ö ($C = 0,15\%$, $Mn = 0,65\%$, $Si = 0,22\%$, $P = 0,048\%$, $S = 0,025\%$) benutzt. Das Weich-

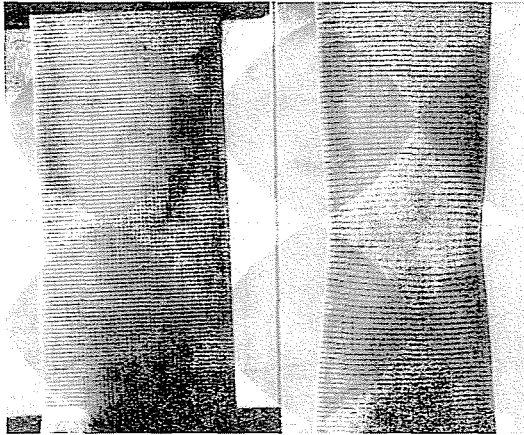


Abb. 1

glühen erfolgte bei einer Temperatur von $850\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Glühdauer betrug 3 Stunden, wonach die roh abgetrennten Flachproben im Ofen abkühlten. Die Bearbeitung erfolgte erst nach der Abkühlung. Sämtliche Flachproben hatten eine Dicke $a = 8\text{ mm}$, während die Breiten so gewählt wurden, daß der Quotient b/a einen ganzzahligen Wert im Intervall von 1 bis 7 hatte. Zu jedem b/a -Wert wurden 3 Flachproben hergestellt.

Die Oberfläche der Flachproben wurde mit einem Quadratmillimeternetz versehen (Abb. 1) und so beleuchtet, daß sich die Einteilung gut abhob. Hinter die Flachprobe wurde ein beleuchteter durchsichtiger Schirm aufgestellt. Dank dieser Beleuchtung hoben sich auch die Konturen der Flachproben ab, womit eine zum Photographieren geeignete Anordnung gegeben war. Die Flachproben wurden von den Seiten a und b mit Photoapparaten aufgenommen, die in Höhe des Halbierungspunktes der Flachproben waagrecht eingestellt waren. Durch geeignete Belichtung ließen sich von den Konturen und von der Einteilung der Flachproben gleich scharfe Bilder anfertigen.

Während des Zugversuches an je einer Flachprobe wurden 12—15 Aufnahmen gemacht, u. zw. so, daß die Zerreißmaschine während der Aufnahmen

nicht abgestellt wurde. Bei der Belastungsgeschwindigkeit von 4 mm/min ließ sich die Verschiebung des Netzes während der Belichtung so klein halten, daß unscharfe Aufnahmen nicht zu befürchten waren. Zugleich mit den Aufnahmen wurde die jeweilige Belastung gemessen. Die Aufnahmen wurden schließlich vergrößert, wobei die Millimereinteilung die genaue Bestimmung des Ausmaßes der Vergrößerung und die exakte Messung der Verlängerung ermöglichte. Überdies gestatte es die Anordnung, die Breiten- und Dickenabmessungen an beliebig gewählten, während je eines Zugversuches jedoch konstanten Stellen zu bestimmen.

Versuchsergebnisse

An sämtlichen Aufnahmevergrößerungen lokalisierten wir die Stelle des Bruchquerschnittes und merkten sie an. Zur Dehnungsmessung zeichneten wir in die Vergrößerungen Meßstrecken ein, u. zw. so, daß sie zur Bruchstelle

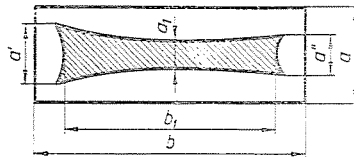


Abb. 2

tunlichts symmetrisch und genügend weit vom Kopf der Flachproben zu liegen kamen. Selbstverständlich wurde darauf geachtet, daß der Verformungsbereich um die Einschnürsstelle gleichfalls in die Meßstrecke falle.

In der Reihenfolge der Aufnahmen wurden sodann zur rechnerischen Ermittlung der Kontraktionswerte an den angezeichneten Stellen die Breiten- und Dickenabmessungen bestimmt. Die Ermittlung der relativen Querschnittsverminderung verursacht bei Probestäben mit kreisrundem Querschnitt keine sonderlichen Schwierigkeiten, weil der Probestab seine kreisrunde Form in sämtlichen Querschnitten beibehält und weil der Wert F_c durch Messung des Durchmessers d_c auch an der Einschnürungsstelle unschwer bestimmt werden kann. Bei Flachproben mit rechteckigem Querschnitt kann der Wert von ψ nach dem Einsetzen der Einschnürung nicht mehr genau bestimmt werden, weil sich die Form des Querschnitts verzerrt, so daß sich die Bestimmung seiner Fläche schwierig gestaltet. Abb. 2 zeigt den ursprünglichen Rechteckquerschnitt $F_0 = ab$ der Flachprobe sowie den Querschnitt F_c an der Einschnürungsstelle, dessen Fläche kaum noch gemessen werden kann. Die Verzerrung tritt am augenfälligsten in der ungleichmäßigen Verminderung

der Dicke a zutage. Nach Überschreitung einer bestimmten Belastung wird die quergerichtete Zusammenziehung und die Längsdehnung der im Querschnitt rechteckigen Flachprobe an der Einschnürungsstelle in beiden Dimensionen ungleichmäßig. In der Achse der Flachprobe ist die Dehnung und Querschnittsverminderung größer als an den Kanten. Die größte Dickenverminderung zeigt sich in der Mitte der endgültigen Querschnittsbreite b_1 . Der mittlere Teil des kleinsten Querschnitts verdünnt sich an der Einschnürungsstelle so stark, daß der Bruch im mittleren Teil der Querschnittsbreite beginnt und sich von hier aus nach den Kanten hin fortsetzt. Unterdessen hält die plastische Verformung in den äußeren Teilen der Flachprobe an. Letzten Endes ist es häufig unmöglich, die Bruchflächen von Flachproben bildsamerer Werkstoffe zur Bestimmung der Dehnung so zusammenzupassen, daß zwischen ihnen kein Spalt verbleibe.

Näherungsweise wird statt der tatsächlichen Fläche F_c an der Einschnürungsstelle das Produkt aus der kleinsten Dicke a_1 und der kleinsten Breite b_1 gesetzt. Solcherart wird das Produkt $a_1 \cdot b_1$, welches kleiner ist als die tatsächliche Querschnittsfläche F_c , bei Ermittlung des ν_c -Wertes allgemein als Bruchquerschnitt akzeptiert. Die mittelbare Grundlage dieser Erwägung besteht darin, daß der Bruch an der Einschnürungsstelle als Ergebnis der lokalen Querschnittsverminderung eben bei der Dicke a_1 beginnt. Andererseits vereinfacht es die Bestimmung des Querschnittes nach dem Bruch sehr wesentlich, wenn man bei Ermittlung von ν_c von der beschriebenen Annahme des Querschnitts F_c ausgeht. Mit den Dimensionen a' , a'' , a_1 und b_1 laut Abb. 2 sind für die Bestimmung von F_c folgende Formeln im Gebrauch:

$$F_{c1} = a_1 \cdot b_1 \quad (11)$$

$$F_{c2} = b_1 \frac{a' + a'' + 2a}{4} \quad (11)$$

$$F_{c3} = b_1 \frac{a_1 + 2a'}{3} \quad (12).$$

Aus den an beiden Hälften der zerstörten Flachproben gemessenen Größen a und b wurden die Werte von F_c nach jedem dieser drei Zusammenhänge rechnerisch ermittelt. Den Zusammenhang zwischen Einschnürungsquerschnitt und Verhältniß b/a veranschaulicht die Abb. 3, aus der sich folgende Folgerungen ziehen lassen:

1. Die Berechnung der Querschnittsflächen an den beiden Hälften der zerstörten Flachprobe ergibt selbst bei Benützung ein und derselben Formel unterschiedliche Werte.

2. Bei kleinen b/a Verhältnissen ergeben sich gleiche Querschnittsflächen, gleichviel, nach welcher der obigen Formeln die Berechnung erfolgt, während

bei höheren b/a -Werten die Formel F_{c3} bei gleichen a - und b -Werten höhere Ergebnisse liefert. Der Unterschied zwischen den anhand der einzelnen Bestimmungsformeln für F_c ermittelten Werten ist jedoch gering.

3. Der Einschnürungsquerschnitt von Flachproben mit denselben Anfangswerten a_0 und b_0 zeigt unabhängig von der Art und Weise der Bestimmung einen mit wachsendem Verhältnis b/a zunehmenden Streuungszuwachs.

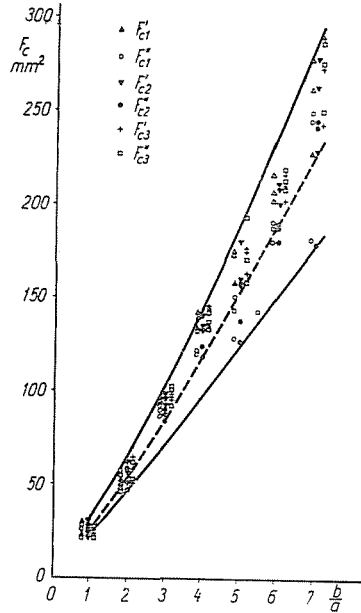


Abb. 3

Die Exaktheit und Streuung in der Ermittlung der Kontraktion ψ hängt weitgehend von der Genauigkeit in der Bestimmung des Kontraktionsquerschnittes ab, weil in der Beziehung

$$\psi_c = \frac{F_0 - F_c}{F_0}$$

die Größe F_0 stets genau bekannt ist. Da sich das Ausmaß der Verlängerung an den Filmaufnahmen gleichfalls gut messen läßt, hängt die Richtigkeit der Folgerungen aus der Beziehung $\Delta L - \psi$ einzig und allein davon ab, wie genau die Querschnittfläche an der Einschnürungsstelle bestimmt werden kann.

Im Zuge der Versuche wurde ferner die Streuung von F_c und ψ_c sowie die Größe des relativen Fehlers bestimmt. Die Untersuchungen fußten auf

den aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung bekannten Zusammenhängen, denen zufolge

$$\sigma_{F_c} = \sqrt{\frac{\varepsilon(\bar{F}_c - F'_c)^2}{N}}$$

$$\sigma_{\psi_c} = \sqrt{\frac{\varepsilon(\bar{\psi}_c - \psi'_c)^2}{N}}$$

in denen

- σ_{F_c} die Streuung des Einschnürungsquerschnitts,
- σ_{ψ_c} die Streuung des Wertes der Einschnürung,
- \bar{F}_c das arithmetische Mittel aus den anhand der verschiedenen Formeln ermittelten Einschnürungsquerschnitten,
- \bar{F}'_c den anhand der verschiedenen Formeln errechneten Einschnürungsquerschnitt der einzelnen Flachproben,
- $\bar{\psi}_c$ das arithmetische Mittel aus den Einschnürungen, wie sie sich aus den anhand der verschiedenen Formeln ermittelten Einschnürungsquerschnitten ergeben,
- ψ'_c die Einschnürung bedeutet, wie sie sich aus den anhand der verschiedenen Formeln ermittelten Einschnürungsquerschnitten der einzelnen Flachproben errechnet.

Für den relativen Fehler H_{rF_c} in der Bestimmung der Einschnürungsquerschnitt sowie für den relativen Fehler $H_{r\psi_c}$ in der Bestimmung der Einschnürung gelten die Beziehungen

$$H_{rF_c} = \frac{\sigma_{F_c}}{\bar{F}_c}$$

bzw.

$$H_{r\psi_c} = \frac{\sigma_{\psi_c}}{\bar{\psi}_c}$$

Den Zusammenhang zwischen den aus diesen Beziehungen ermittelten Werten und dem Quotienten b/a veranschaulichen die Abbildungen 4 und 5.

Aus Abb. 4 geht hervor, daß die Streuung der Einschnürungsquerschnitte von $\sim 3\%$ auf $\sim 50\%$ steigt, wenn der Wert des Verhältnisses b/a von 1 auf 7 erhöht wird. Das stürmische Anwachsen der Streuung beginnt bei einem Wert von $b/a \cong 4,2$. Hier hat die Streuung einen Wert von etwa 10% , nachdem sie bis dahin nahezu linear ansteigt.

Mit Erhöhung des b/a -Verhältnisses von 1 auf 7 wächst die Streuung der Einschnürung von $\sim 2,5\%$ auf $\sim 5,5\%$. Auch hier setzt das kräftige Anwachsen der Streuung von ψ_c erst bei einem $b/a \cong 4,2$ ein, bis dahin steigt sie annähernd linear bis $\sim 3,3\%$ an.

Die Abhängigkeit der Größen F_c und ψ_c vom Verhältnis b/a läßt sich besser verdeutlichen, wenn man ihre relativen Fehler betrachtet (Abb. 5). Diese Abbildung läßt erkennen, daß der relative Fehler der Bestimmbarkeit des Einschnürungsquerschnittes bei einem $b/a = 1$ erst $\sim 3\%$, bei einem $b/a = 7$ dagegen bereits $\sim 17\%$ beträgt. Bis zu einem Wert von $b/a \cong 4,2$ wächst er nahezu linear auf $\sim 6\%$ an. Bei weiterem Wachsen des Verhältnisses b/a beginnt über einen gewissen b/a -Wert hinaus der relative Fehler kräftig anzusteigen. Am augenfälligsten ist die Tatsache, daß sich der relative Fehler

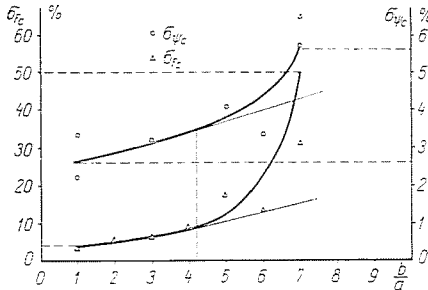


Abb. 4

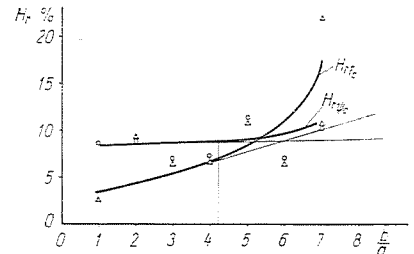


Abb. 5

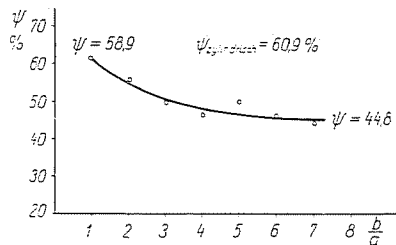


Abb. 6

in der Bestimmung der Einschnürung bei einem Ansteigen des b/a -Wertes von 1 auf 4,2 bloß um 1% erhöht, während die Änderung bei $b/a = 7$ bereits um etwa 7% liegt.

Bekanntlich erfahren bildsame Metalle im Zugversuch — unter sonst gleichen Bedingungen — bei rechteckigem Probenquerschnitt eine geringere Querschnittsverminderung ψ_c als bei gleich großem kreisrundem Probenquerschnitt. Der Unterschied wächst mit dem Quotienten b/a , d. h. mit dem Verhältnis der Breite b zur Dicke a der Flachprobe. Dies bestätigt die Abb. 6. Bei gleichen Werkstoffen beträgt der Wert von ψ_c am Probestab mit kreisrundem Querschnitt 0,609, an der Flachprobe bei einem $b/a = 1$ hingegen 0,589. Dieser Wert sinkt bei $b/a = 7$ auf 0,448 ab, wobei bis zu einem Wert von $b/a \cong 4$ eine kräftigere Abnahme, darüber hinaus kaum eine Änderung zu beobachten ist.

Analyse der Kurve $\Delta L - \psi$

Die Zusammenhänge zwischen Dehnung und Einschnürung sind in Abb. 7 dargestellt. Anhand dieser Abbildung lassen sich am Dehnungsvorgang deutlich drei Abschnitte unterscheiden. Diese Dreiteilung tritt bei jedem b/a -Wert zutage, doch sind die einzelnen Abschnitte je nach der Höhe des b/a -Verhältnisses unterschiedlich lang.

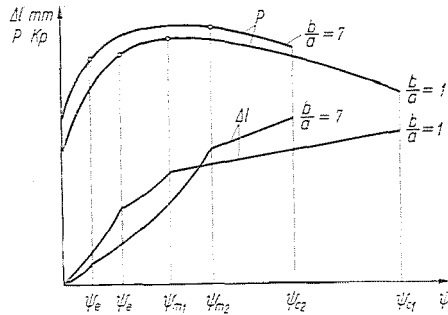


Abb. 7

Erster Abschnitt

Auf Grund des Gesetzes von der Volumenkonstanz lautet der Zusammenhang zwischen Einschnürung und Verlängerung

$$F_0 L_0 = F_1 L_1$$

$$L_1 = L_0 \frac{F_0}{F},$$

$$\Delta L = L_1 - L_0 = L_0 \left(\frac{F_0}{F} - 1 \right)$$

$$\psi = 1 - \frac{F}{F_0}$$

$$\frac{F_0}{F} - 1 = \frac{\psi}{1 - \psi},$$

womit die Gleichung der Verlängerung die Form

$$\Delta L = L_0 \frac{\psi}{1 - \psi}$$

annimmt.

Der Anfangsabschnitt der Kurven, diese Gesetzmäßigkeit, folgt bei jedem Verhältnis b/a , u. zw. bei kleineren b/a -Werten bis zu einem höheren ψ -Wert. Bei höheren b/a -Werten ist diese Gesetzmäßigkeit nur bis zu den niedrigeren ψ -Werten zu beobachten.

Die Grenze der gleichmäßigen Dehnung liegt vor dem Punkt, in welchem die Höchstbelastung erreicht ist.

Zweiter Abschnitt

Hier spielt sich der Übergang von der für den ersten Abschnitt charakteristischen gleichmäßigen Verformung zum dritten Abschnitt ab. Die Verformung setzt sich also über die ganze Länge der Flachprobe fort, doch beginnt auch die Einschnürung in einem Querschnitt, die dadurch ermöglicht wird, daß sich der Verformungswiderstand als Folge der wachsenden Verformungsgeschwindigkeit in der Umgebung der lokalen Einschnürung erhöht. Setzt man den an der Einschnürungsstelle zustande gekommenen Querschnitt zu der geschwindigkeitsbedingten Lastzunahme ins Verhältnis, dann ist leicht einzusehen, daß die entstehende Kraft auch dazu genügt, selbst im größeren Querschnitt Verformungen auszulösen.

Die nachträgliche Dehnung des Flachprobenschaftes und das Einsetzen der lokalen Einschnürung stehen miteinander in verwickelter Wechselwirkung, die durch die Tatsache, das der Probenschaft eine konische Gestalt annimmt, noch komplizierter wird.

Die Verformung im zweiten Abschnitt läßt sich mathematisch nicht so leicht erfassen wie die im ersten Abschnitt vor sich gehende. Je nach der Größe des Verhältnisses b/a bestehen zwischen Verlängerung und Einschnürung jeweils andere Zusammenhänge. Mit wachsendem b/a -Wert nimmt die Dehnung in diesem Abschnitt immer mehr zu, so daß der grundlegende Teil der Gesamtverlängerung immer mehr in diesen Abschnitt fällt.

Der zweite Abschnitt beginnt vor dem Erreichen der Höchstlast und ist erst abgeschlossen, wenn die Belastung abzunehmen beginnt. Mit wachsenden b/a -Werten tritt die Lastabnahme immer deutlicher zutage.

Dritter Abschnitt

Dieser Abschnitt ist durch die einschnürungsabhängige lineare Änderung der Verlängerung gekennzeichnet. Die Gesetzmäßigkeit des Zusammenhanges zwischen Verlängerung und Einschnürung läßt sich durch die Formel

$$\Delta L_c = k \cdot 1,13 \sqrt{F} (\psi_c - \psi_m)$$

beschreiben, in der k einen Proportionalitätsbeiwert, $1,13 \sqrt{F}$ hingegen ein mit dem d_0 -Wert des zylindrischen Probestabes gleichwertiges Glied bezeichnet,

dessen Notwendigkeit aus dem Proportionalitätsgesetz folgt. ψ_m ist hier der dem Anfangspunkt des dritten Abschnittes zugehörige Einschnürungswert.

Die Linearität hält bei jedem b/a -Verhältnis an, doch nimmt die Länge des linearen Abschnitts bei wachsenden b/a -Werten wegen der Verlängerung des zweiten Abschnitts und der Verminderung von ψ_c ab.

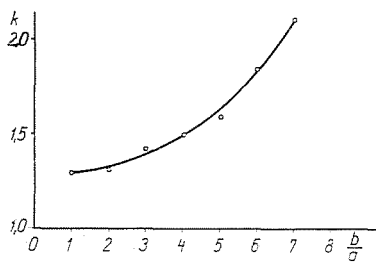


Abb. 8

Der Wert von k wurde nach der aus der Ausgleichsrechnung bekannten Methode der kleinsten Quadrate ermittelt. Die Gleichung der an die Meßpunkte am besten sich anpassenden Geraden lautet

$$\Delta L_c = u + v\psi. \quad (3)$$

In dieser Gleichung hat u keine physikalische Bedeutung, weil es jenen Schnitt bezeichnet, den der nach rückwärts verlängerte dritte Abschnitt der Kurve $\Delta L - \psi$ von der ΔL -Achse abtrennt. v bezeichnet hier den Tangens des Neigungswinkels der Geraden. Im Sinne der Gleichung (2) ist

$$v = k \cdot 1,13 \sqrt{F} \quad (4)$$

und hieraus

$$k = \frac{v}{1,13 \sqrt{F}}. \quad (5)$$

Die Abhängigkeit der k -Werte von der Verhältniszahl b/a geht aus Abb. 8 hervor. Sie zeigt, daß der Wert von k mit wachsendem b/a -Verhältnis steigt und auch bei $b/a = 1$ größer ist als 1. Zwischen den beiden Größen k und b/a besteht also kein linearer Zusammenhang.

Der dritte Abschnitt hat seinen Anfang dort, wo die Verminderung der Belastung beginnt.

Zusammenfassung

Die Streuung und der relative Fehler der Einschnürung im Zugversuch an Flachproben ändern sich mit wachsendem Verhältnis b/a nicht linear. Bei einem Wert $b/a = 4$ setzt eine stürmische Zunahme ein.

In Abhängigkeit von der Einschnürung lassen sich drei Abschnitte der Dehnung unterscheiden, die jeweils anderen Gesetzmäßigkeiten folgen und deren Größe von der Höhe der Verhältniszahl b/a abhängt.

Für den ersten Abschnitt gilt die Beziehung

$$\Delta L_g = L_0 \frac{\psi_g}{1 - \psi_g}$$

Seine Größe nimmt mit wachsenden b/a -Werten ab. Er ist vor Erreichen der Höchstbelastung abgeschlossen.

Der zweite Abschnitt ist der der plastischen Instabilität. Er ist dadurch gekennzeichnet, daß die Einschnürung bereits beginnt, während die Flachprobe noch eine weitere Verlängerung erfährt. Er beginnt vor Erreichen der Höchstlast und ist abgeschlossen, sobald diese erreicht ist. Dieser Abschnitt nimmt mit wachsenden b/a -Werten zu.

Den dritten Abschnitt, den der reinen Brucheinschnürung, beschreibt die Gleichung der Geraden

$$\Delta L_c = 1,13 \sqrt{F} (\psi_c - \psi_m)$$

Er nimmt mit wachsenden b/a -Werten ab.

Der Wert des Proportionalitätsbeiwertes k steigt mit wachsenden b/a -Werten. Er ist auch bei $b/a = 1$ größer als 1.

Literatur

1. SIEBEL, E.: Ber. Werkstoffaussch. VDEh. 71a. 3 (1925).
2. BRIDGEMAN, P. W.: Trans. Amer. Soc. Metals 32, 553—574 (1944).
3. DAVIDENKOW, N. N.—SPIRIDINOWA, N. J.: Zawodskaja Laboratorija 11, 583—591 (1945).
4. KRUPKOWSKI-WANTUCHOVSKI: Annales de l'Académie Polonaise des Sciences Techniques, Tom. VII (1939—45).
5. GENTNER: Arch. Eisenhüttenwesen, 9, 520—523 (1935/36).
6. MAHNBERG: Jernkontorets Annaler, 128, 197—246 (1944).
7. LUDWIK, P.: Elemente der technologischen Mechanik, Julius Springer, Berlin, 1909.
8. SACHS, G.—FICK, G.: Zugversuch. Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1926.
9. CZOBOLY, E.: Vorhergehender Bericht.
10. GILLEMOT, L.: Arch. Eisenhüttenwesen, in Druck.
11. GOSZT: Nr. 1497—42.
12. MC. GREGOR, C. W.: Journ. Francklin Inst. 248, 111 (1944).

Dr. Lajos KATOR, Budapest, XI. Bertalan Lajos u. 7, Ungarn.