

WERKSTATTBÜCHER

HEFT 25

W. SELLIN
ZIEHTECHNIK



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Zur Einführung.

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können.

Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Bisher sind erschienen:

- | | |
|--|--|
| <p>Heft 1: Gewindeschneiden. 2. Aufl.
Von Oberingenieur O. M. Müller.</p> <p>Heft 2: Meßtechnik. 3. Aufl. (15.—21. Tausd.)
Von Professor Dr. techn. M. Kurrein.</p> <p>Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbauwerkstätten. 2. Aufl. (13.—18. Tausend.)
Von Ing. Fr. Klautke.</p> <p>Heft 4: Wechselräderberechnung für Drehbänke. 2. Aufl. (7.—12. Tausend.)
Von Betriebsdirektor G. Knappe.</p> <p>Heft 5: Das Schleifen der Metalle. 2. Aufl.
Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.</p> <p>Heft 6: Teilkopfarbeiten. 2. Aufl. (13. bis 18. Tausend.)
Von Dr.-Ing. W. Pockrandt.</p> <p>Heft 7: Härten und Vergüten.
1. Teil: Stahl und sein Verhalten. 3. Aufl. (18.—24. Tausend.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.</p> <p>Heft 8: Härten und Vergüten.
2. Teil: Praxis der Warmbehandlung. 3. Aufl. (18.—24. Tausend.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.</p> <p>Heft 9: Rezepte für die Werkstatt. 3. Aufl. (17.—22. Tausend.)
Von Dr. Fritz Spitzer.</p> <p>Heft 10: Kupföfenbetrieb. 2. Aufl.
Von Gießereidirektor C. Irresberger.</p> <p>Heft 11: Freiformschmiede. 1. Teil: Grundlagen, Werkstoff der Schmiede. — Technologie des Schmiedens. 2. Aufl. (7. bis 12. Tausend.)
Von F. W. Duesing und A. Stodt.</p> <p>Heft 12: Freiformschmiede. 2. Teil: Schmiedebispiele. 2. Aufl. (7.—11. Tausend.)
Von B. Preuß und A. Stodt.</p> <p>Heft 13: Die neueren Schweißverfahren. 3. Aufl. (13.—18. Tausend.)
Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke.</p> <p>Heft 14: Modelltischlerei. 1. Teil: Allgemeines. Einfachere Modelle. 2. Aufl. (7. bis 12. Tausend.)
Von R. Löwer.</p> <p>Heft 15: Bohren. 2. Aufl. (8.—14. Tausend.)
Von Ing. J. Dinnebieer und Dr.-Ing. H. J. Stoewer.</p> | <p>Heft 16: Reiben und Senken.
Von Ing. J. Dinnebieer.</p> <p>Heft 17: Modelltischlerei.
2. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen. Von R. Löwer.</p> <p>Heft 18: Technische Winkelmessungen.
Von Prof. Dr. G. Berndt. 2. Aufl. (5.—9. Tausend.)</p> <p>Heft 19: Das Gußeisen. 2. Aufl.
Von Oberger. Chr. Gilles.</p> <p>Heft 20: Festigkeit und Formänderung.
1. Teil: Die einfachen Fälle der Festigkeit.
Von Dr.-Ing. Kurt Lachmann.</p> <p>Heft 21: Einrichten von Automaten.
1. Teil: Die Systeme Spencer und Brown & Sharpe. Von Ing. Karl Sachse.</p> <p>Heft 22: Die Fräser.
Von Ing. Paul Zieting.</p> <p>Heft 23: Einrichten von Automaten.
2. Teil: Die Automaten System Gridley (Einspindel) und Cleveland und die Offenbacher Automaten.
Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil.</p> <p>Heft 24: Stahl- und Temperguß.
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.</p> <p>Heft 25: Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 2. Aufl. (8.—13. Tausend.)
Von Dr.-Ing. Walter Sellin.</p> <p>Heft 26: Räumen.
Von Ing. Leonhard Knoll.</p> <p>Heft 27: Einrichten von Automaten.
3. Teil: Die Mehrspindel-Automaten.
Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil.</p> <p>Heft 28: Das Lüten.
Von Dr. W. Burstyn.</p> <p>Heft 29: Kugel- und Rollenlager. (Wälzlager.) Von Hans Behr.</p> <p>Heft 30: Gesunder Guß.
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.</p> <p>Heft 31: Gesenkschmiede. 1. Teil: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke.
Von Ph. Schweißguth.</p> |
|--|--|

Fortsetzung des Verzeichnisses der bisher erschienenen sowie Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte siehe 3. Umschlagseite.

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen.

Preis: RM 2.— oder, wenn vor dem 1. Juli 1931 erschienen, RM 1.80 (10% Notnachlaß).

Bei Bezug von wenigstens 25 beliebigen Heften je RM 1.50.

WERKSTATTBÜCHER
FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE
UND FACHARBEITER

HEFT 25

Die Ziehetechnik in der Blechbearbeitung

Von

Dr.-Ing. Walter Sellin

Zweite, verbesserte Auflage

(8. bis 13. Tausend)

Mit 96 Abbildungen im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1936

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort zur zweiten Auflage	3
I. Spanlose Blechformung	3
A. Der Begriff „Ziehen“	3
B. Treiben, Drücken, Stanzen	3
II. Ziehpressen und Ziehwerkzeuge	6
C. Ziehpressen	6
D. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen ohne Niederhalter	13
E. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen mit Niederhalter	15
F. Werkzeugverbindung	16
G. Sonderwerkzeuge	20
H. Einstellung und Beschickung der Ziehwerkzeuge	22
III. Ziehen und Ziehbleche	25
J. Ziehen	25
K. Ziehbleche und Behandlung	28
IV. Der Entwurf von Ziehwerkzeugen	32
L. Die Werkzeugeigenschaften	32
M. Ermittlung des Zuschnittes	37
N. Die Abstufung der Züge	47
O. Normung und Verwaltung der Ziehwerkzeuge	54

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-662-41668-6

ISBN 978-3-662-41805-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-41805-5

Vorwort zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage hat die Technik der spanlosen Formgebung, besonders von Blechen, in einem früher kaum geahnten Maß an Bedeutung gewonnen. Dazu trug vor allem die Entwicklung der Kraftfahrzeuge bei, für deren Umkleidung und Ausstattung die spanlose Formung die wirtschaftlichste Fertigung ermöglicht.

Es ist natürlich, daß die großen Aufgaben, die bei dieser Entwicklung der spanlosen Fertigung gestellt worden sind, sowohl für die Technik als auch für das Schrifttum stark befruchtend gewirkt haben. Es war deshalb notwendig, den Inhalt der ersten Auflage eingehend zu überprüfen und in wichtigen Teilen neu zu gestalten. Trotzdem bleibt der Zweck des Heftes bestehen: die Beschränkung auf das Grundsätzliche und Wesentliche.

I. Spanlose Blechformung.

A. Der Begriff „Ziehen“.

Beim „Ziehen“ handelt es sich um die Umformung ebener Scheiben in Hohlgefäße. Die Umformung ist bei metallischen Werkstoffen, besonders dünnen Scheiben, nicht einfach. Die auftretenden Schwierigkeiten zeigt ganz klar der Versuch, eine dünne Scheibe, z. B. eine Papierscheibe, in eine Öffnung, z. B. ein Trinkglas, zu drücken. Die Papierscheibe läßt sich nicht glatt an die Innenform des Trinkglases anlegen, sondern erhält Falten am äußeren Umfang.

Die Ursache der Faltenbildung erklärt Abb. 1: Um die Scheibe vom Durchmesser D in ein Hohlgefäß vom Durchmesser d umzuformen, würde es genügen, die Lappen a, b, c, \dots hoch zu stellen. Die Ausschnitte a', b', c', \dots sind für die Formung des Hohlgefäßes überflüssig, ja geradezu erschwerend. Sie müssen bei der Umformung weggedrückt werden und bilden Falten, wenn man nicht durch besondere Vorkehrungen deren Entstehung verhindert.

Der Kampf gegen die Faltenbildung ist die Hauptaufgabe der Ziehtechnik. Er ist nicht immer gleich schwer. Schon Abb. 1 lehrt, daß die Neigung zur Faltenbildung um so größer sein muß, je größer die Ausschnitte a', b', c', \dots sind, je mehr Werkstoff beiseite gedrückt werden muß, je größer also der Unterschied zwischen D und d ist.

B. Treiben, Drücken, Stanzen.

1. Treiben. Ist dieser Unterschied sehr klein, dann ist auch die überschüssige Werkstoffmenge klein. Auf dieser Erkenntnis beruht die Kunst des „Treibens“, mit der schon in alten Zeiten Blechscheiben in Hohlgefäße geformt worden sind.

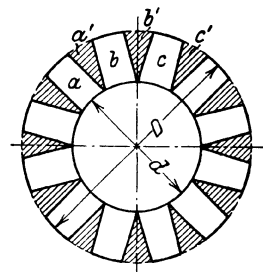


Abb. 1. Ziehscheibe, unterteilt in Abschnitte a, b, c, \dots , die bei der Umformung in einen Hohlzylinder nur gebogen werden und Abschnitte a', b', c', \dots , die verdrängt werden müssen, also wandern.

Die Technik des Treibens ist eine örtlich so eng begrenzte Tiefformung eines Bleches durch Hammerschläge, daß sich Falten nicht bilden können, weil der Unterschied zwischen D und d zu klein ist.

2. **Drücken.** Die beim Treiben geradezu punktförmig begrenzte Formung wurde vor etwa 100 Jahren durch Übernahme der Töpferscheibe und der Technik bei der Tongefäßbildung auf die Linie übertragen. Dadurch ist ein neues Handwerk entstanden: das Drücken.

Die Töpferscheibe, waagrecht gestellt, gibt die Drückbank, Abb. 2. Sie wird heute wie alle Arbeitsmaschinen entweder über ein Vorgelege durch einen Riemen oder unmittelbar durch einen Elektromotor angetrieben.

Der Arbeitsvorgang bei der Hohlgefäßbildung durch Drücken ist folgender:

Auf die Spindel S der Drückbank wird eine Form aufgeschraubt, die dem zu erzeugenden Hohlgefäß entspricht. Sie wird, je nach der zu fertigenden Werkstückmenge, aus Holz gefertigt — bevorzugt aus Buchen- oder Buchsbaumholz, das zur Erhöhung der Haltbarkeit querverleimt und an den besonders

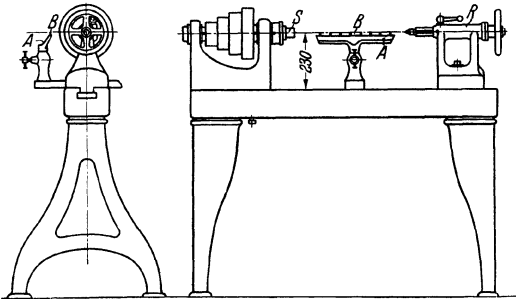


Abb. 2. Einfache Drückbank mit mechanischem Antrieb der Spindel S über Vorgelege, mit Reitstock R und Stahlauflage A .

beanspruchten Stellen mit Stahl bewehrt werden kann — oder ganz aus Metall: Aluminium, Messing, Gußeisen, Stahl. Je kleiner die Fertigungsmengen, desto einfacher kann das Futter sein, ob Innenfutter; Abb. 3, oder Außenfutter, Abb. 4; je größer die Fertigungsmenge, desto festeres Metall muß gewählt werden.

Zwischen die Form, auch Drückform und Drückfutter genannt, und den Reitstock R mit dem Druckstock (Ansetzer) D (Abb. 4) wird die zu formende Blechscheibe gespannt, und nun wird bei laufender Spindel mit dem Drückwerkzeug (Drückstahl) der über die Form herausstehende Rand der Scheibe gegen die Form gebogen. Dabei stützt sich der Drückstahl einerseits gegen den Körper des

„Drückers“ und andererseits gegen die Auflage A . Zur Verringerung der Muskelarbeit wird der Drückstahl mit Hilfe der Stifte B (B_1, B_2) als Hebel angesetzt. Damit die Formung einer Hebelbewegung des Drückstahls, der den Treibhammer ersetzt, möglichst punktförmig bleibt, muß die Drehzahl der Spindel und also die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe möglichst

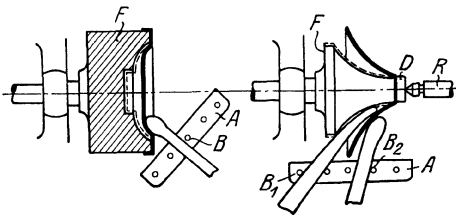


Abb. 3. Innendrückform. Abb. 4. Außendrückform.

groß, die Formung je Hebelbewegung möglichst klein oder die Zahl der Schwenkbewegungen des Drückstahls bis zur Ausbildung der Endform möglichst groß sein.

Die hohe Spindelgeschwindigkeit stellt an die Lagerung große Anforderungen. Man bevorzugt daher Kugel- oder Rollenlager, auch für die Reitstockspitze. Hohe Drehzahl ergibt auch große Schwungmomente; es ist deshalb notwendig, zu deren rascher Vernichtung am Ende der Formgebung besondere Bremsen vorzusehen, entweder nur mechanische oder, bei Einzelantrieb, auch elektrische, damit der Arbeitsverlauf nicht unnötig verzögert wird. Hohe Drehzahl verursacht weiter große Reibungsarbeit zwischen Drückstahl und Blechscheibe. Es ist deshalb der

guten Härtung, der Politur, der Schmierung und Kühlung der Drückstähle besondere Beachtung zu schenken. Hohe Drehzahl, große Arbeitsleistung erhöhen gleichzeitig auch die Muskelarbeit, die besonders bei Blechen hoher Festigkeit rasch ins Unerträgliche steigen kann. Zur Entlastung hat man besondere Drückvorrichtungen geschaffen, die die ganze Abstützung übernehmen, so daß den Muskeln nur noch die Leistung der Biegearbeit durch Hebel- oder Schraubbewegung (Kreuzsupport) verbleibt. Besonders durch Supportbewegung an „Planierbänken“, bei denen der Drückstahl durch die Drück- oder Planierrolle ersetzt ist, sind schwere und schwerste Formarbeiten ohne allzu große Beanspruchung des menschlichen Körpers auszuführen.

Die Mechanisierung wurde für einzelne Formarbeiten weitgehend ausgebaut, vor allem zur Endbearbeitung tiefgezogener Gefäße, dem Drücken von Wülsten (Sicken) und Gewinden, dem Rollen der Ränder (Bördeln), dem Verbinden zweier Werkstücke und dem Beschneiden der Mündung. Bei den hierfür entwickelten Sondermaschinen bleibt dem Menschen nur noch die Schaltung, Beschickung und Wartung.

Auf diese Weise sind die Schwierigkeiten, die hinsichtlich der Muskelarbeit die Formung durch Drücken begrenzen, zu beheben. Andere Schwierigkeiten liegen in der zu drückenden Gefäßform, und zwar sowohl in der Ausbildung der notwendigen Futter-, Vorzieh-, Fertigzieh-, Einzieh-, Hohl-, Treib- und Formfutter, als ganz besonders in der Größe des zu formenden Blechrings, d. h. dem Durchmesserunterschied ($D-d$).

Ist dieser klein, so ist die Drückarbeit leicht auszuführen, da gar keine Falten entstehen. Ist er größer, dann bringt die Anwendung eines Hilfswerkzeugs aus Holz oder Metall, das nach Abb. 4 hinter der Blechscheibe, dem Drückstahl gegenüber, angesetzt wird, eine gewisse Hilfe bei der Faltenverhütung, die bisher allein der geringen Höhe des Verformungsgrades je Drückstahlschwenkung, in Verbindung mit der hohen Umfangsgeschwindigkeit der Blechscheibe zu danken war.

Die Grenze der möglichen Formung wird durch den Hilfsstahl nur unbedeutend erweitert, und rasch treten die Fragen der Werkstoffeignung und der Stufenarbeit in den Vordergrund, deren Bedeutung der Ähnlichkeit wegen beim Tiefziehen erörtert werden soll.

3. Stanzen. Die Formarbeit, die beim Treiben nur punktförmig ist, beim Drücken durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit rasch auf eine Linie, den Kreis, übertragen wird, soll zur Beschleunigung der Arbeit beim Stanzen auf dem ganzen Kreis gleichzeitig erfolgen. Das Drückfutter (Abb. 4) wird damit zum Formstempel, dem „Stanz“- und „Zieh“-Dorn (2 Abb. 5), der Drückstahl zum Formring, dem „Ziehring“ (1) oder der „Stanzform“ (Abb. 6), wenn der Ziehring unten geschlossen ist. Das Hohlgefäß wird dadurch gebildet, daß die zu formende Blechscheibe (3) zwischen Ziehstempel und Ziehring gelegt, der Ziehstempel (2) gegen den Ziehring (1) bewegt und so die Scheibe mit dem Durchmesser D durch den Ziehring mit dem Durchmesser d gestoßen wird. Wie mit Abb. 1 gezeigt worden ist, ist dieser Vorgang möglich, so-

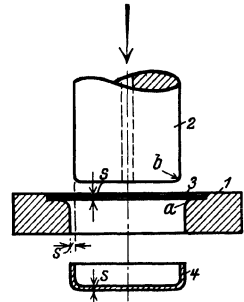


Abb. 5. Einfachstes Werkzeug zum Napfzug (durch Stanzen). 1 Ziehring, 2 Stempel, 3 Blechscheibe.

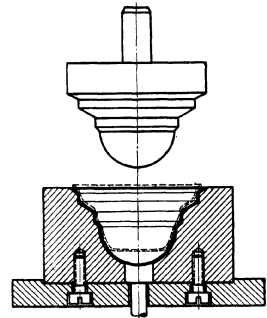


Abb. 6. Formschlag- oder Stanzwerkzeug (hier Fertigform).

lange D nicht wesentlich größer ist als d , also $D/d =$ etwa $21/20$ ist. Ist der Unterschied größer, dann ist der einfache Ziehvorgang „Stanzan“ nicht mehr möglich, sondern es werden besondere Vorkehrungen zur Faltenverhütung notwendig.

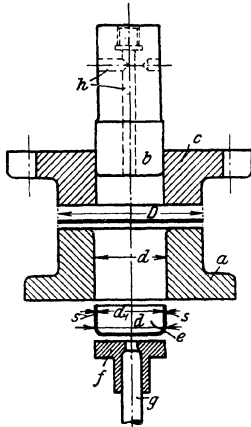


Abb. 7. Ziehwerkzeug mit Niederhalter für doppelwirkende (mechanische) Ziehpresse. a Ziehring, b Stempel, c Niederhalter, d Bohrung des Zieh rings, D Durchmesser der Scheibe, e geformter Napf, f Ausstoßer, g Ausstoßstange, h Luftloch, s Blechdicke.

4. Ziehen. Die Falten werden am einfachsten im Entstehen verhütet, was man dadurch erreicht, daß man dem zu formenden Blechrand von der Breite ($D-d$) die freie Bewegung nimmt und ihn während der Umformung führt. Zu diesem Zweck wird im Abstand s , der Blechdicke, vom Zieh ring ein zweiter Ring angeordnet (Abb. 7) der zusammen mit dem Zieh ring das Blech während der Umformung führt. Da dieser Ring die Falten verhütet, wird er Faltenhalter oder Niederhalter genannt.

Wird nun die Blechscheibe durch den Zieh ring gestoßen, kann der überflüssige Werkstoff nicht mehr rechtwinklig zur Blechfläche ausweichen und Falten bilden, sondern wird gezwungen, in radialer Richtung zu wandern. Diese Werkstoffwanderung, Fließen genannt, ist mit jedem Tiefziehvorgang verbunden.

Grundsätzlich kann der Niederhalter starr mit dem Zieh ring verbunden sein, da er nur verhüten muß, daß während des ganzen Ziehvorgangs eine Verdickung des Blechs möglich ist. Diese Anordnung vereinfacht zwar den Bau des Werkzeugs, erschwert aber die Zuführung der Blechscheiben. Aus diesem Grund wird der Niederhalter meist beweglich angeordnet. Der Ziehvorgang ist damit nach dem Auflegen der Ziehscheibe auf den Zieh ring folgender (s. a. Abb. 8A...C und 9):

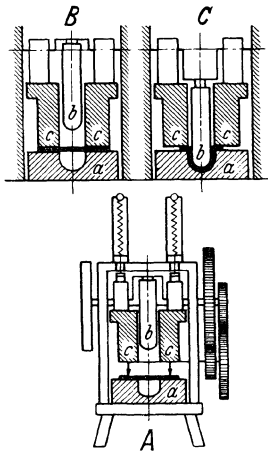


Abb. 8. Schematische Darstellung der Niederhalterbewegung einer doppelwirkenden (mechanischen) Zieh presse mit Federn zum Massenausgleich des Niederhalterstößels. A Ziehscheibe ist aufgelegt, Maschine in Einrückstellung, B Niederhalterstößel ist niedergegangen in Arbeitsstellung, C Zieh dorn ist nachgefolgt, in tiefster Stellung.

1. der Niederhalter setzt sich auf die Scheibe (Abb. 8 B),
2. der Zieh dorn geht tief und stößt die Scheibe durch den Ring (Abb. 8 C),
3. der Zieh dorn geht hoch, streift das erzeugte Hohlgefäß ab und erreicht seine oberste Stellung,
4. der Niederhalter geht zurück.

Zur Erleichterung der Zieharbeit sind besondere Arbeitsmaschinen entwickelt. Sie erreichen die für den Ziehvorgang notwendigen Bewegungen auf verschiedene Weise und werden dadurch gekennzeichnet.

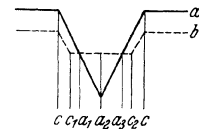


Abb. 9. Zeitwegschaubild a des Ziehstößels, b des Niederhalters für doppelwirkende (mechanische) Zieh presse. c_1-a_1 Vor-eilung des Niederhalters, c_1-c_2 Niederhaltung, a_1-a_2 Zieharbeit.

II. Ziehpressen und Ziehwerkzeuge.

C. Ziehpressen.

5. Einfache Pressen ohne Niederhalter. Bei den einfachen Pressen wird nur ein Stößel mechanisch bewegt. Sie eignen sich daher besonders zu Arbeiten, die ohne Niederhalter ausgeführt werden können, also zu Stanzarbeiten aller Art, bei denen kein Werkstofffluß erzwungen werden muß. Zu den einfachen Pressen

gehören die Fallhämmer, Friktionsspindelpressen, Exzenterpressen, Kurbelpressen, Spindelpressen, Zahnstangenpressen und die hydraulischen Ziehpressen.

Sind starke Formdrücke erforderlich, so wird man aus der Gruppe der einfachen Pressen die Fallhämmer und die Friktionsspindelpressen aussuchen, die ihre ganze Bewegungsenergie in Formänderungsarbeit verwandeln, bei leichteren Formdrücken Exzenterpressen oder Kurbelpressen, je nach der Größe des erforderlichen Hubs. Exzenterpressen (Abb. 21) und Kurbelpressen (Abb. 16) arbeiten rascher als Fallhämmer und Friktionsspindelpressen, der tiefste Punkt des Stößels ist aber nicht wie bei diesen durch die Formänderungsarbeit bedingt, sondern durch die Einstellung der Presse gegeben.

Ohne Niederhalter können außer den eigentlichen Stanzarbeiten auch Tiefzüge bei geringer Durchmesseränderung oder Streckzüge ausgeführt werden, d. h. Züge, die nur zur Verlängerung von Hohlgefäßen durch Verringerung der Wanddicke dienen.

Sind die Gefäße nicht zu tief, dann genügen im allgemeinen Kurbelpressen, vorteilhaft mit gleichbleibender Stößelgeschwindigkeit. Sind die Gefäße aber sehr tief, dann wird man Spindelpressen, Zahnstangenziehpressen oder auch hydraulischen Ziehpressen den Vorzug geben. Bei Kurbelpressen und Räderziehpressen wird die Beanspruchung der Pressenkörper mit zunehmender Ziehtiefe immer ungünstiger; die genaue Stößelführung wird immer mehr in Frage gestellt. Diesen Nachteil sucht man dadurch zu beheben, daß man den Ziehorn ausschwenkbar macht (Abb. 10); oder man sucht ihn, und zwar ohne Nachteil für die Arbeitsgeschwindigkeit, also besser, durch den Bau von Zahnstangenziehpressen zu umgehen, da die Zahnradübersetzung den Ziehdruck in die Achse des Ziehstößels legt und so die Stößelführung schont. Die Zahnstangenziehpresse (Abb. 11) ist mit dem umkehrbaren Antriebsmotor unmittelbar gekuppelt; die Bewegung des Ziehstößels wird elektrisch auf Vorlauf und Rücklauf gesteuert; sie verläuft mit hoher, aber gleichförmiger Geschwindigkeit. Diese Eigenschaft macht sie den Räderziehpressen und ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit den Spindelpressen überlegen.

In noch unentschiedenem Wettbewerb mit den Zahnstangenziehpressen stehen die hydraulischen Ziehpressen (Abb. 12). Bei diesen ist die gleichbleibende Ziehgeschwindigkeit nicht nur selbstverständlich, sondern man kann über sie hinaus-

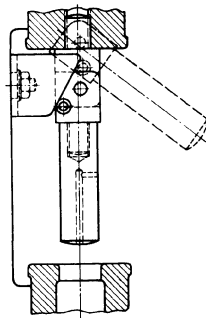


Abb. 10. Ausschwenkbar angebauter Ziehorn zur Erhöhung der Ziehtiefe bei bestimmtem Stößelweg für Züge ohne Niederhalter, besonders Streckzüge.

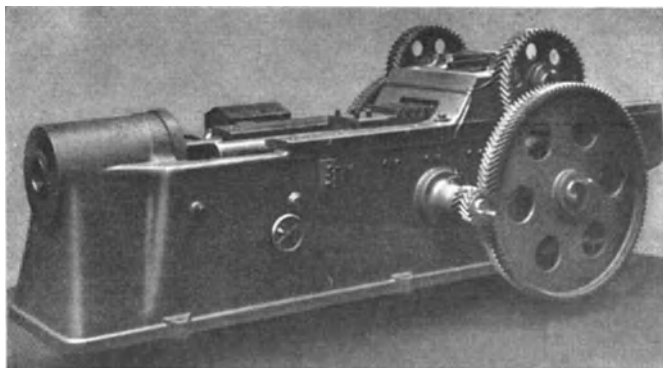


Abb. 11. Einfachwirkende waagerechte Ziehpresse mit Stößelantrieb durch Umkehrmotor mit Zahnradvorgelege. Besonders für lange Züge (Streckzüge) ohne Niederhalter.

den Räderziehpressen und ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit den Spindelpressen überlegen.

In noch unentschiedenem Wettbewerb mit den Zahnstangenziehpressen stehen die hydraulischen Ziehpressen (Abb. 12). Bei diesen ist die gleichbleibende Ziehgeschwindigkeit nicht nur selbstverständlich, sondern man kann über sie hinaus-

gehen und die Ziehgeschwindigkeit der Leistung anpassen, d. h. bei großer Verformungsarbeit die Ziehgeschwindigkeit herabmindern und bei den Leerwegen die Stößelgeschwindigkeit nahezu unbegrenzt steigern. Die Anpassung der Ziehgeschwindigkeit an die Verformungsarbeit ist von großer Bedeutung, da bei zu großer Ziehgeschwindigkeit die Beanspruchung der Gefäßwand nicht über den

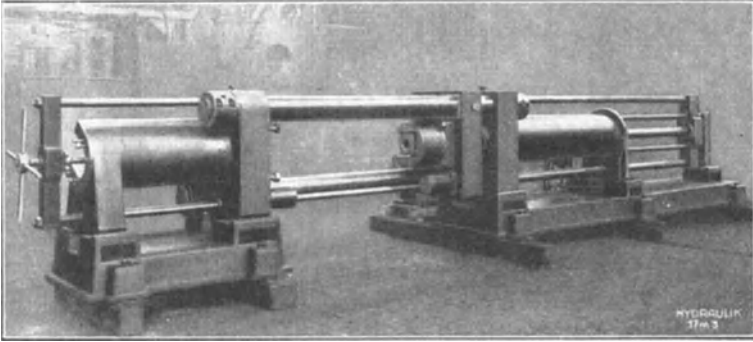


Abb. 12. Einfachwirkende waagerechte Ziehpresse mit hydraulischem Stößelantrieb.

ganzen Querschnitt gleich, sondern in den äußeren Zonen am größten ist und nach innen abnimmt. Ungleiche Beanspruchung im Querschnitt verursacht aber unerwünschte Spannungen.

Der Ziehdruck ist vollkommen achsrecht — unmittelbar, ohne ausgeklügelte Zwischenglieder. Das ergibt einen einfachen Pressenbau. Ob dabei für jede Presse eine besondere Pumpe gewählt wird oder eine zentrale Pumpenanlage in Verbindung mit einer Speicheranlage für eine Gruppe von Pressen, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit, die von den Betriebserfordernissen bestimmt wird.

6. Einfache Ziehpressen mit Niederhalter. Eine besondere mechanische Bewegung des Niederhalters durch die Presse, wie früher nach Abb. 8 und 9 beschrieben, kommt hier nicht in Frage. Um den Niederhalter überhaupt zu bewegen und, zur Erleichterung der Scheibenzuführung, von dem Ziehring wegzubringen, muß er mit dem Stößel elastisch verbunden werden. Das kann mit Hilfe von Federn (Abb. 13) oder mit Gummipolstern geschehen. Ist der zwischen Stößel und Tisch verfügbare Platz gering, so tauscht man zweckmäßig den Platz von Ziehring und Ziehhorn, setzt den Ziehring in den bewegten Stößel, den Ziehhorn in den Pressentisch. Dadurch gewinnt man den Platz unter der Presse des Niederhalters. Wie Abb. 21 zeigt, sind die Federn zwischen Tisch und Niederhalter je nach Größe des erforderlichen Niederhalterdrucks zu spannen.

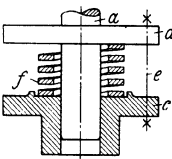


Abb. 13. Oberteil von Anschlagwerkzeug für einfachwirkende Ziehpresse. Der Niederhalter ist mit dem Ziehstößel gekuppelt; Niederhalterdruck durch eine kräftige, mittig geführte Spiralfeder regelbar. *a* Ziehstempel, *c* Niederhalter, *d* Platte, *e* Schrauben, *f* Spiralfeder.

Für seichte Züge ist diese einfache Anordnung gut zu gebrauchen. Werden aber die Züge tief und also der Federweg groß, dann steigt der Niederhalterdruck mit tiefergehendem Stößel, d. i. zunehmendem Federweg, und wird schließlich so groß, daß das Blech reißt. Sobald dieser Nachteil erkannt war, wurde versucht, durch besondere Anordnung gleichmäßigen Federdruck und damit gleichmäßigen Niederhalterdruck auf dem ganzen Ziehweg zu erreichen. Solche Anordnungen wurden

beim Festhalten an Federn verwickelt, und deshalb hat der Ersatz der Federapparate durch Druckluftapparate (Abb. 14 und 39) im Pressenbau sehr rasch Eingang gefunden. Der Luftdruck ist leicht einzustellen und bleibt bei reichlich bemessenem Druckluftbehälter auch bei langen Ziehwegen praktisch gleich. Druckluftapparate können an jede einfache Presse angebaut werden. Man findet sie vornehmlich in Verbindung mit Reibspindel-, Exzenter- und Kurbelpressen. Wenn sehr starke Formarbeit oder Schnitтарbeit geleistet werden muß, so geht man aus Gründen der Raumersparnis vom reinen Luftpolster über zum luft-hydraulischen (Abb. 15).

Ein großer Nachteil ist den nicht mechanisch bewegten Niederhaltern, sowohl den Federdruckkapparat als auch den Luftpolstern, eigen: sie verringern die mit einer gegebenen Kurbellänge e erreichbare Ziehtiefe h , da bei der Art des Ziehvorgangs das Werkstück zwischen Tisch und Stößel weggenommen werden muß. Der Stößel muß in seiner oberen Stellung immer einen Abstand gleich der Ziehtiefe h vom Pressentisch haben. Ist der ganze Stößelweg $2e$, so ist die

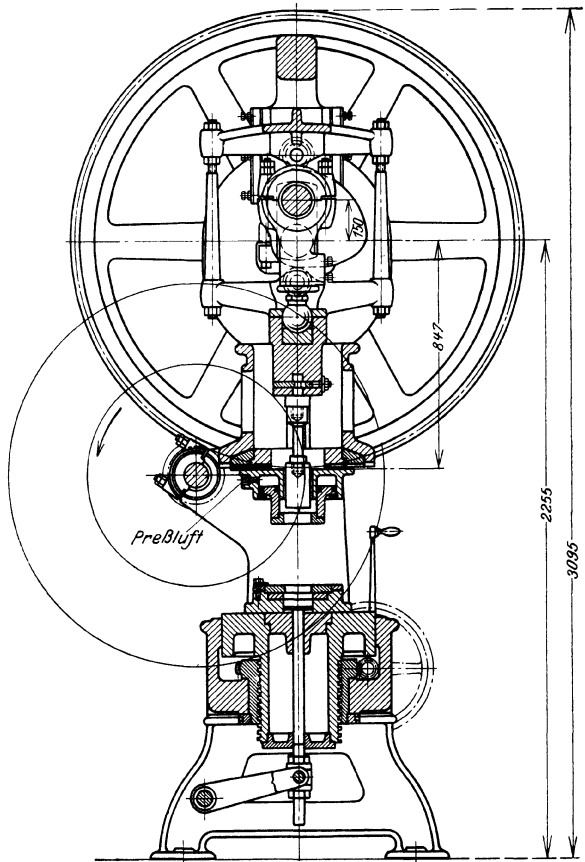


Abb. 14. Senkrechte Ziehpresse mit Preßluft-Niederhalter im Niederhalterstößel.

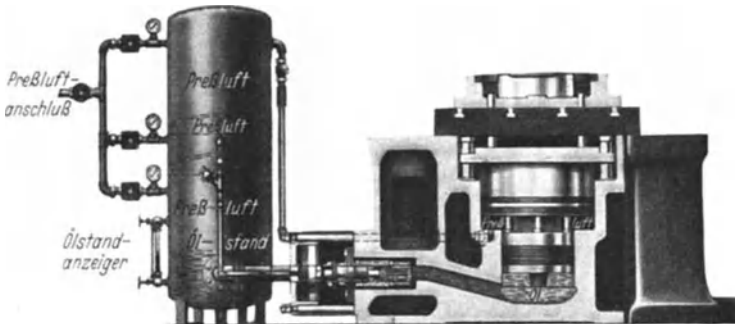


Abb. 15. Preßluft-Flüssigkeit-Niederhalter für größten Einstellbereich des Niederhalterdrucks (Weingarten).

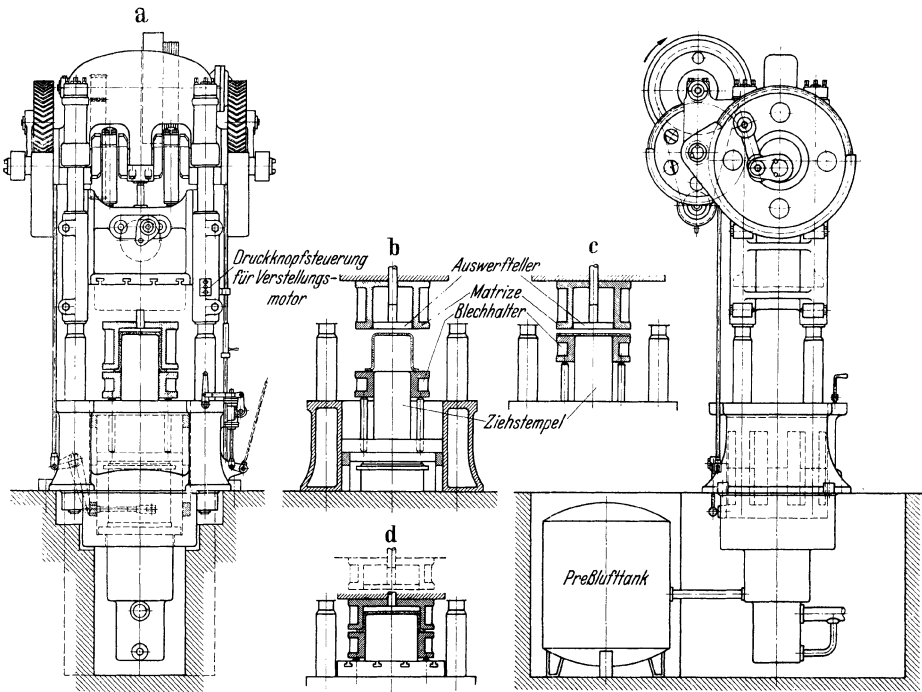
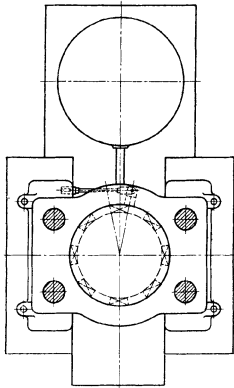


Abb. 16. Einfachwirkende Kurbelpresse mit Prebluftniederhalter im Tisch und annähernd gleichförmiger Ziehgeschwindigkeit. Der Viersäulenkörper bezweckt freien Zutritt zum Werkzeug von allen Seiten, bessere Ausnützung der Stößel- und Tischflächen bzw. Erhöhung der Beanspruchungsmöglichkeit bei bestimmter Werkzeuggröße. Zur Ausnützung des Stößelwegs für große Ziehtiefe (bis etwa 90 % des Stößelwegs) ist der im Tisch geführte Ziehstößel absenkbar angeordnet (Weingarten). *a*: der Topf ist fertig gezogen, der Ziehling in seiner tiefsten, der Ziehstempel in seiner höchsten Stellung. *b*: der Ziehling ist hochgegangen, der Ziehstempel ist abgesenkt; der Topf, aus dem Ziehling ausgestoßen, ist zur Wegnahme bereit. *c*: Ziehstempel, Niederhalter und Ziehling in höchster Stellung; die Ziehscheibe ist aufgelegt, die Maschine arbeitsbereit. *d*: Arbeitsweise ohne Ausnützung der Absenkmöglichkeit.



größte erreichbare Ziehtiefe $h = e$. Diesem Mangel hat man auf verschiedene Weise zu steuern gesucht, einmal dadurch, daß man (Abb. 16) den Tisch absenkbar und zum andern (Abb. 17) dadurch, daß man den am

Stößel angebrachten Ziehling ausziehbar gemacht hat. Dadurch wird die Ziehtiefe h erheblich größer und nahezu: $h = 2e$. Die besonders zu steuernden Bewegungen verzögern aber den Ziehprozeß erheblich und bringen bei nicht gut gesicherter Bewegung die große Gefahr einer falschen Bedienung, die schwere Folgen für Werkzeuge, Presse und Arbeiter haben kann.

7. Doppelwirkende Pressen (Ziehpressen). Die doppelwirkenden Pressen (Abb. 18 und 19) sind die eigentlichen Ziehpressen. Sie führen zwei mechanische Bewegungen aus:

1. die des Ziehstempels (wie die Kurbelpressen),
2. die des Niederhalters oder des Ziehlings.

Der Niederhalter wird bei den Kniehebelziehpressen (Abb. 18) derart bewegt, daß er dem Ziehstößel voraussieht, bis er auf der Ziehscheibe aufsitzt. Hier bleibt er

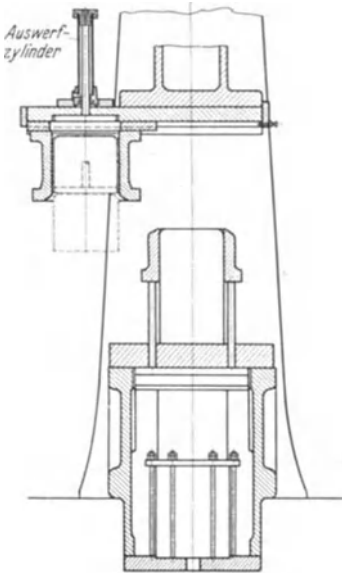


Abb. 17. Ziehring im Pressenstößel ausziehbar zur besseren Ausnutzung des Stößelwegs für die Ziehtiefe; die Ausziehbewegung kann von der Presse gesteuert werden, also selbsttätig erfolgen. Die Ausziehstellung erleichtert die Wegnahme der Ziehstöcke. Vorteilhaft wird erst am Ende des Ausziehwegs ausgestoßen. Notwendig ist eine Sicherung zwischen Stellung des Ziehrings und Einrückgestänges, die eine Fehlbewegung der Presse verhindert (Weingarten).

starr ruhen, während der Stößel seinen Ziehweg vollendet, und eilt diesem beim Hochgang nach (Abb. 9).

Durch diese besondere Anordnung wird mit $h = e(1 + \cos \varphi)$ — wobei h die Ziehtiefe, e die Kurbellänge, φ der Voreilwinkel des Niederhalters ist — die Ziehtiefe verhältnismäßig groß, so daß also die Kröpfung der Kurbelwelle gut ausgenützt ist. — Voraussetzung ist allerdings, daß die Werkstücke durch den Tisch hindurchfallen können.

Trifft diese Voraussetzung nicht zu oder ist, wie bei Weiterschlägen, ein wesentlicher Teil des Stößelwegs für die Zuführung des vorgezogenen Werkstücks nötig, so verringert sich die Ziehtiefe auf $h = e/2 (1 + \cos \varphi)$. Aus diesem Grund werden Kniehebelpressen vorwiegend für den ersten Zug, den Anschlag, benutzt.

Für Weiterschläge sind die Kurvenscheibenziehpressen (Abb. 19) günstiger. Bei diesen steht

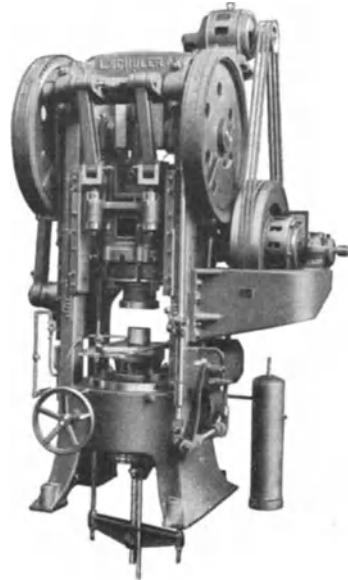


Abb. 18. Doppelwirkende Ziehpresse mit Bewegung des Niederhalters durch Kniegelenk. Kniehebelziehpresse. Preßluft-Niederhaltung (Schuler).

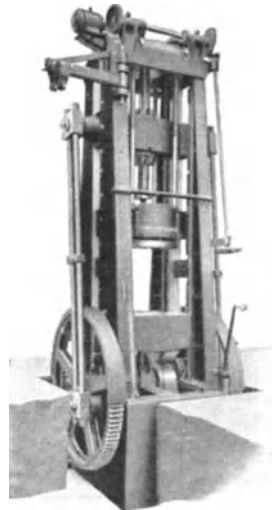


Abb. 19. Doppelwirkende, rein mechanische Ziehpresse, Tischbewegung durch Kurvenscheiben (Kurvenscheibenziehpresse) in gedrängter Bauweise (Schuler).

zumeist der Niederhalter fest, während der Tisch durch Kurven bewegt wird. Diese Bewegungsart ermöglicht größere Geschwindigkeiten und dadurch eine wesentliche Verkleinerung des Voreilwinkels. Die Ziehtiefe von $h = e(1 + \cos \varphi)$ wird mit kleinerem Voreilwinkel φ größer als bei Kniehebelpressen. Da ferner die Bewegungen von Tisch und Stößel immer in entgegengesetzter Richtung verlaufen, wird das Werkzeug viel schneller geschlossen und geöffnet als bei

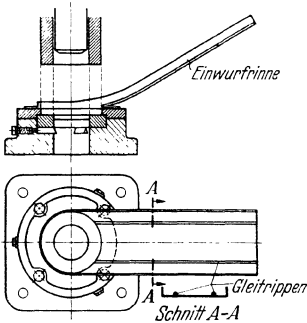


Abb. 20.
Selbsttätige Rutschzuführung.

Kniehebelziehpressen und entsprechend der Zeitanteil der Beschickung am Kurbelumlauflauf größer. Dieser Gewinn kann entweder, bei Weiterschlägen, zur Erleichterung der Pressenbeschickung oder aber, bei seichten Zügen, zur Leistungssteigerung verwendet werden.

8. Pressen mit selbsttätiger Zuführung. Selbsttätige Zuführungen steigern die Leistungsfähigkeit der Pressen gegenüber Handbeschickung auf das Mehrfache, schon dann, wenn nur die Scheiben selbsttätig zugeführt werden, noch mehr, wenn die Schneidarbeit mit dem Tiefzug verbunden wird. In diesem Fall ist es möglich, Streifen, Bänder oder Tafeln zu verarbeiten. Scheiben können entweder einzeln zugeführt

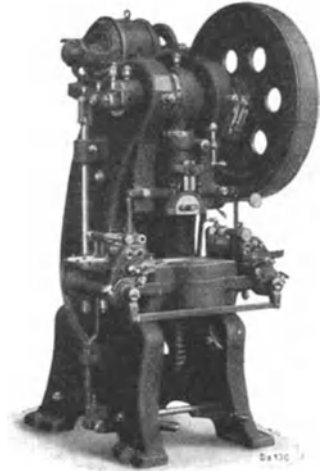


Abb. 21. Selbsttätige Zuführung von „endlosen“ Bändern durch Walzen (oder Rollen) an einer Exzenterpresse mit Federdruckapparat (Weingarten).

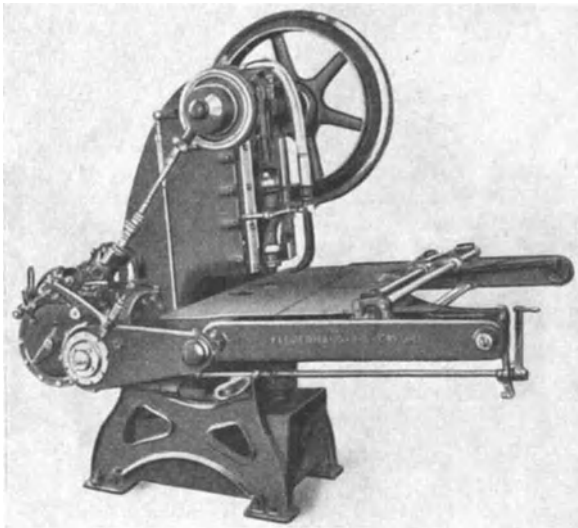


Abb. 22. Kurbelpresse zum Schneiden und Ziehen mit Zickzackzuführung, d. h. selbsttätigem Vorschub zur günstigen Aufteilung von Blechtafeln.

werden durch Rutschen (Abb. 20) oder Ladescheiben (Revolverteller) oder aber in Paketen, von denen dann die Maschine ganz selbsttätig mit (Saug-) Greifern oder Schiebern, Scheibe um Scheibe zum Werkzeug bringt.

Zur Zuführung von Streifen und Bändern dienen Walzen und Zangen (Abb. 21) und zur Zuführung von Tafeln besondere Zuführeinrichtungen, sog. Zickzackzuführungen (Abb. 22).

Die gute Bewahrung selbsttätiger Zuführungen bei vorgezogenen Werkstücken hat dazu

geführt, mehrere Werkzeuge zur Verrichtung aufeinanderfolgender Arbeiten an einem Stößel anzubringen und durch geeignete Zuführung zu verbinden.

So entstanden erst mit Ladescheibenzuführung die Revolverpressen mit beschränkter Stufenzahl (Abb. 23), denen mit Greiferzuführung in jüngster Zeit, jene mehr und mehr verdrängend, die Stufenpressen mit großer Stufenzahl ge-

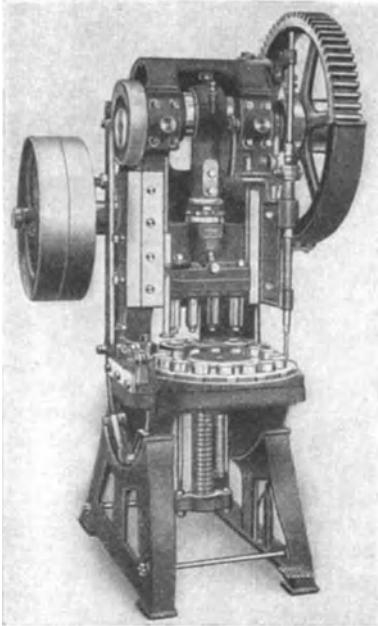


Abb. 23. Exzenterpresse mit mehreren Ziehwerkzeugen und Revolverzuführung; der Niederhalterdruck wird durch Federn erzeugt, die unter dem Pressstisch angeordnet sind (Federdruckapparat) (Schuler).

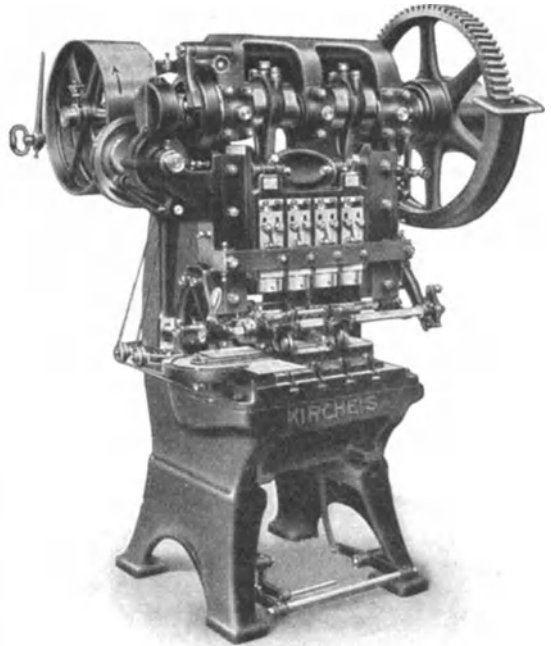


Abb. 24. Kurbelpresse mit mehreren nacheinander arbeitenden Werkzeugen: Stufenpresse. Die Ziehscheibe bzw. das vorgearbeitete Werkstück wird dem ersten Werkzeug selbsttätig durch Ladescheibe zugeführt und von Werkzeug zu Werkzeug (Stufe zu Stufe) durch Greifer weiterbefördert (Kircheis).

folgt sind (Abb. 24). Solche Pressen bringen die größten Mengen auf kleinste Raum, mit kleinstem Aufwand an Menschenkraft. Für Stufenpressen gibt es weder in der Zahl der Stufen eine Grenze noch in der Größe der Arbeitsstücke, noch endlich in der Werkzeugbewegung einschließlich der Niederhalterwirkung. Durch Anwendung von Preßluftpolstern wird die Stufenpresse, zietechnisch gesehen, der günstigsten Ziehpresse zur Seite gestellt; ihr Arbeitsgebiet wird nach wirtschaftlichen Erwägungen bestimmt.

D. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen ohne Niederhalter.

9. Anschlagwerkzeug ohne Niederhalter. Das Werkzeug ohne Niederhalter ist das einfachste Ziehwerkzeug überhaupt, es besteht nur aus dem Ziehstempel 2 und dem Ziehring 1 (Abb. 5). Wichtig ist die Form der Ziehkanten a und b (Abb. 5): sie muß für dünne Bleche durch kleinen Rundungshalbmesser gebildet werden, für dicke Bleche, $s > 2 \dots 3$ mm, stetig verlaufen, entweder nach Abb. 5 mit entsprechend großem Rundungshalbmesser oder nach Abb. 25, welche Ausführung die

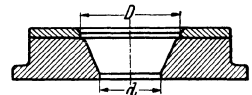


Abb. 25. Ziehring zum Umformen einer Scheibe in einen Napf ohne Niederhalter mit kegelförmiger Ziehfläche.

Flächenreibung verringert. Wesentlich ist, daß die Umformung von außen her eingeleitet wird.

Der Ziehstempel muß, wie alle Ziehstempel, durchbohrt sein, damit bei seinem Rückgang, wenn das gezogene, luftdicht an den Ziehstempel anliegende Gefäß abgestreift werden soll, die Luft in den zwischen dem Gefäßboden und dem Ziehstempel entstehenden Hohlraum treten kann. Dadurch wird das Abstreifen erleichtert, in manchen Fällen ohne Beschädigung von Werkstück oder Maschine überhaupt erst ermöglicht.

Da mit den Werkzeugen ohne Niederhalter nur seichte Züge möglich sind, braucht man zum Abstreifen keine besondere Einrichtung. Es genügt, wenn man das Ende der Ziehfläche scharf hält, so daß der Gefäßrand, dessen Durchmesser nach dem Ziehen durch Rückfederung etwas größer wird als der Durchmesser der Ziehöffnung ist, beim Hochgehen sicher aufgehalten wird.

Zur Verbindung der Werkzeugteile mit den entsprechenden Maschinenteilen gibt es verschiedene Möglichkeiten: Der Ziehstempel kann Außen- oder Innengewinde haben und mit dem Stößel verschraubt sein oder er kann kegelförmig verjüngt und mit dem Stößel verkeilt sein, oder aber, mit einem zylindrischen Zapfen versehen, im Stößel aufgenommen werden, wobei für besondere achsrechte Sicherung gesorgt werden muß.

Die erste Ausführung ist am einfachsten. Die Gewindefestigung gewährleistet aber nur bedingt einen achsrechten Sitz; die Kegelbefestigung ist in dieser Hinsicht besser, wenn sorgfältig ausgeführt: aber die regelmäßige Benützung des Hammers zur Durchführung einer einwandfreien Befestigung verträgt sich schlecht mit einer pfleglichen Maschinenbehandlung. Aus diesen Gründen verdient die technisch einwandfreie dritte Befestigungsart den Vorzug, auch wenn sie etwas zeitraubender ist.

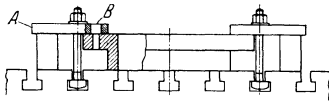


Abb. 26. Werkzeugbefestigung an der Maschine. A Klaue, B Loch für Stift zur Sicherung gegen Verdrehen.

Aussparungen am Ziehring geführt werden, unmittelbar oder — zur Vermeidung der Aussparungen im Ziehring — mittelbar mit dem Pressentisch verschraubt (Abb. 26).

Bei liegenden Ziehpressen genügt als Befestigung für viele Zwecke die Aufnahme in einem nach oben offenen Schuh, d. h. einer Art Gabel, die eine rasche Auswechslung der Ziehringe ermöglicht. In diesem Fall wird die zentrische Lage des Ziehlings durch genaue Bearbeitung des Umfangs, die achsrechte durch eine Schulter bestimmt und gesichert.

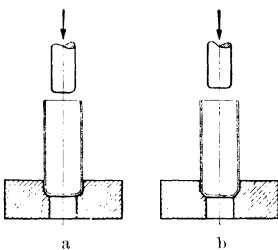


Abb. 27a, b. Weiterschlagwerkzeuge ohne Niederhalter mit verschiedenen Übergängen zur Ziehkante.

10. Weiterschlagwerkzeug ohne Niederhalter. Dieses (Abb. 27a und b) ist ebenso einfach wie das Anschlagwerkzeug und unterscheidet sich von diesem nur durch die besondere Form der Werkstückführung vor dem Ziehen.

Werden die zu ziehenden Gefäße sehr tief und die Wanddicken im Verhältnis zur Tiefe

gering, wie z. B. bei Streckzügen, dann wird die Haftung der Gefäße am Stempel nach dem Zug groß, und es empfiehlt sich, durch besonderen Abstreifer (Abb. 28)

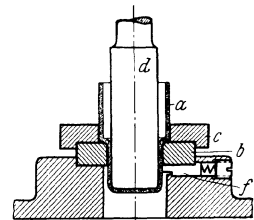


Abb. 28. Weiterschlagwerkzeug ohne Niederhalter mit zusammengesetztem Werkzeugunterteil, bestehend aus a Gefäß, b Ziehring, c Werkstückaufnahme, d Stempel, f Abstreifer. Die Bauart ermöglicht eine zweckmäßige, die Beanspruchung berücksichtigende Werkstoffauswahl.

dafür zu sorgen, daß der Abstreiferdruck von der ganzen Wanddicke aufgenommen wird. Je größer die beanspruchte Fläche des Gefäßrands, desto kleiner der spezifische Flächendruck und desto größer die Sicherheit, daß der Gefäßrand beim Abstreifen nicht beschädigt wird.

11. Anschlagwerkzeug mit Niederhalter. Der einfachste Niederhalter ist eine schwenkbare Platte nach Abb. 29. Durch deren Anwendung wird der Verwendungsbereich des einfachen Anschlagwerkzeugs etwas erweitert, der Arbeitsablauf aber verlängert durch die Zeit, die zum Ausschwenken, Einschwenken und Verriegeln der Platte bei jedem Ziehgang nötig ist.

Dieser Nachteil ist bei einem gefederten Niederhalter nicht vorhanden. Die Federung wird entweder von einem Gummizylinder oder aber einer Zylinderfeder aufgenommen dadurch, daß der Federungskörper zwischen Werkzeugunterteil und Niederhalter gespannt wird. Der Druck des Federungskörpers ist einstellbar durch Veränderung des Abstands der beiden Druckplatten, von denen die untere gegen die Stellmutter der Führungsstange, die obere über Druckbolzen gegen den Niederhalter schultert.

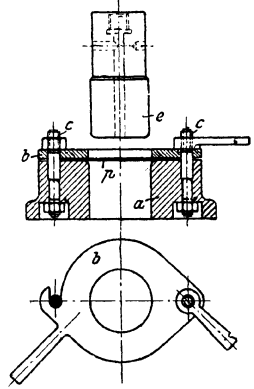


Abb. 29. Ziehwerkzeug mit schwenkbarer Platte als Niederhalter. *a* Ziehring, *b* Niederhalter, *c* Spanschraube und Bolzenschraube für *b*, *c* Stempel, *p* Blechscheibe.

E. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen mit Niederhalter.

12. Niederhalterbewegung durch Federdruckapparat. Der Federkörper, der nach Abb. 38 am Werkzeugunterteil befestigt sein kann, wird zweckmäßig mit dem Werkzeuggestisch verbunden, sobald mit der Presse Zieharbeiten häufiger ausgeführt werden sollen. Diese Ausführung wird bevorzugt verwendet sowohl an liegenden Kurbelpressen (Stoßwerken) (Abb. 30) wie an stehenden Pressen (Abb. 21 und 23), besonders bei seichten Zügen; sie ist mechanisch einfach, haltbar und so die beste Grundlage für rasche, störungsfreie Arbeitsweise.

Die Lagerung der Feder erfordert eine Umkehrung des Ziehwerkzeugs zur Presse (Abb. 31 und 38): Niederhalter und Ziehstempel müssen mit dem Pressentisch, der Ziehring mit dem Pressenstößel verbunden werden.

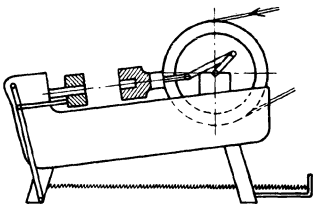


Abb. 30. Kurbelpresse in liegender Anordnung mit Feder zur Erzeugung des Niederhalterdrucks: Stoßwerk.

13. Niederhalterbewegung durch Luftpolster. Wo tiefe Züge gemacht werden müssen, ist der Federdruckapparat nicht mehr anwendbar, wie be-

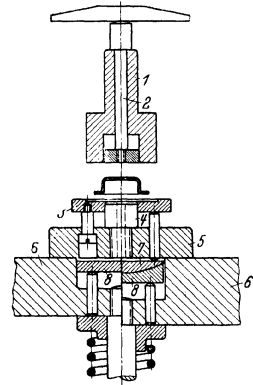


Abb. 31. Ziehwerkzeug mit Niederhalterfedern im Unterteil. (Federdruckapparat.) (AWF.) *1* Ziehring, *2* Ausstoßer, *3* Niederhalter, *4* Ziehstempel, *5* Stempelaufnahme, *6* Grundplatte, *7* Ausgleichplatte, *8* Druckplatte.

reits für die Pressen (s. S. 8) ausgeführt. Die zusätzliche Spannung im Blech bzw. dem Ziehstück kann vorzeitig zum Bruch führen, vielleicht schon ausgelöst durch die zulässigen handelsüblichen Abweichungen der Blechdicke. Will man die Bruchgefahr mildern durch Verringerung des Niederhalterdrucks zu Beginn des Ziehwegs, tritt (Abb. 46 und 68) die Gefahr der Faltenbildung in den Vordergrund, die ebenso schädlich ist wie die Überspannung des Niederhalterdrucks. Die

Grenze, die der Verwendung des Federdruckapparats gezogen ist, ist also durch die Ausschußgefahr bedingt; je näher sie rückt, desto größer wird der Anteil der Ausschußstücke bei der Fertigungsmenge.

Abhilfe bringt die Gleichhaltung des Niederhalterdrucks auf dem ganzen Ziehweg durch Ersatz des Federdruckapparats durch ein Luftpolster (Abb. 15 und 39). Das Luftpolster erfordert allerdings eine besondere Anlage zur Preßluftherzeugung, ist daher teurer im Betrieb, erfordert eine sorgfältigere Überwachung und ist größerem Verschleiß unterworfen. Dafür ist der Niederhalterdruck in weiten Grenzen auf einfache und empfindliche Weise einstellbar. Dieser Vorteil wirkt sich besonders günstig aus bei der Verarbeitung von dünnem Blech.

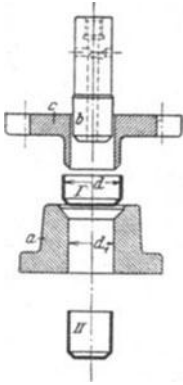


Abb. 32. Weiterschlagwerkzeug für mechanisch bewegten Niederhalter. *a* Unterteil, Ziehring, *b* Ziehhorn, *c* Niederhalter. *I* vorgezogenes Werkstück, *II* weiter gezogenes Werkstück.

Bei kleineren und mittelgroßen Ziehstücken behauptet die doppelwirkende Ziehpresse auch heute noch ihren Platz. Die rein mechanische Arbeitsweise ist einfach, entsprechend auch der Werkzeugaufbau: Abb. 7 für Anschlag- und Abb. 32 für Weiterschlag.

F. Werkzeugverbindung.

15. Werkzeugreihe. Die einfachste Art der Werkzeugverbindung ist die Werkzeugreihe. Sie wird gebildet von der Gesamtzahl der Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, die zur spanlosen Bearbeitung eines Werkstücks notwendig sind (Abb. 33 I...III) und von denen jedes nur für einen Arbeitsgang an dem Werkstück dient.

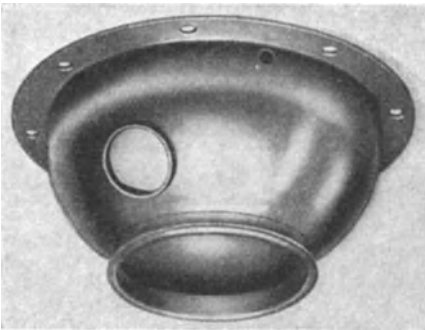


Abb. 33 I. Ansicht eines Ziehstücks (Schutzkappe, Machinery 1923.

Diese Werkstücke können jedes für sich in eine Maschine gebaut werden, so daß dann mit jedem Stößelhub ein Arbeitsgang erledigt wird, oder sie können in größerer oder voller Zahl zusammen in eine Maschine (Stufenpresse) (Abb. 24) gegeben werden, so daß mit jedem Stößelhub der Maschine eine größere Zahl von Arbeitsgängen bis zur Gesamtzahl fertiggestellt wird.

Der erste Fall ist der einfachste, besonders wenn die Werkstücke von Hand

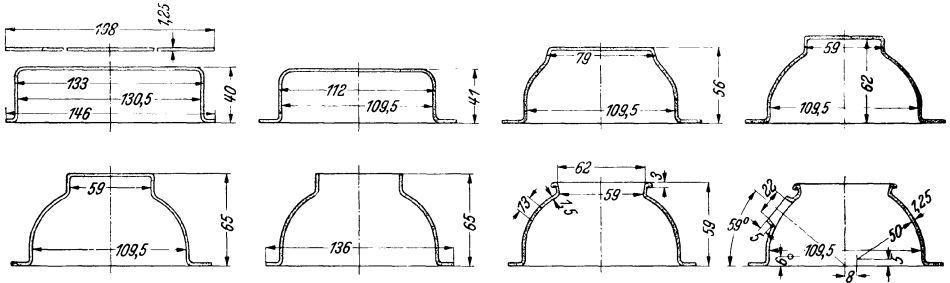
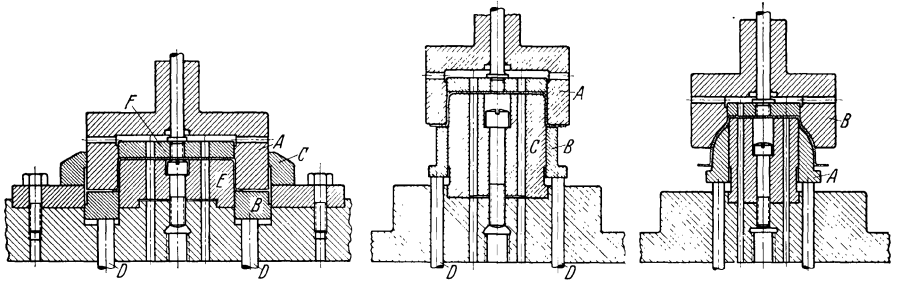


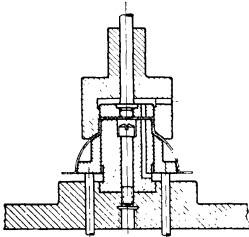
Abb. 33 II. Stufen der Fertigung des Ziehstücks.



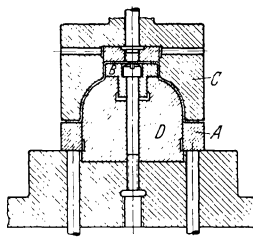
Stufe 1: Schnitt der Ziehscheibe und Anschlag. *A* Schnittstempel, gleichzeitig Ziehring, *B* Niederhalter, *C* Schnitttring, *D* Druckbolzen zwischen Niederhalter u. Druckfeder, *E* Ziehstempel, *F* Auswerterplatte.

Stufe 2: Weiterschlag. *A* Ziehring, *B* Niederhalter, *C* Ziehstempel, *D* Druckbolzen zwischen Niederhalter und Druckfeder

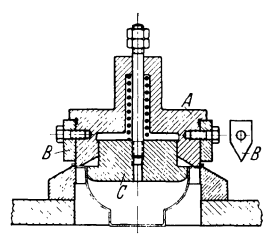
Stufe 3: Erster Formzug. *A* Niederhalter, *B* Ziehring — Ziehform.



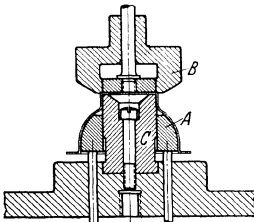
Stufe 4: Zweiter Formzug mit im Unterteil gefedertem Niederhalter.



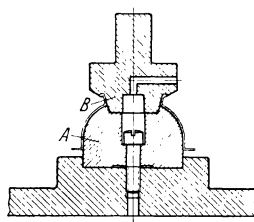
Stufe 5: Fertigschlag. *A* Niederhalter, *B* eingesetzter Ziehstempel, *C* Formring, *D* Formstempel.



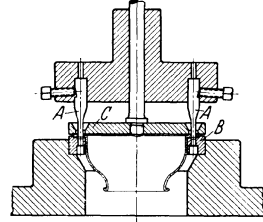
Stufe 6: Beschneiden des Gefäßrandes und Zertrennen des abgeschnittenen Blechrings. *A* Schnittstempel, *B* Trennmesser, *C* Führungstempel.



Stufe 7: Ausschneiden des Gefäßbodens. *A* Niederhalter, *B* Schnitttring, *C* Schnittstempel.

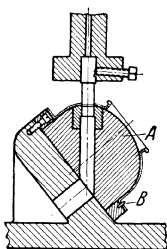


Stufe 8: Ausweiten des Kapenhalses und Einrollen des Randes. *A* Aufnahme, *B* Aufweite- und Rollstempel.

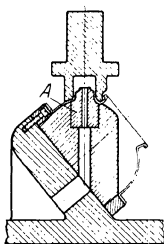


Stufe 9: Schneiden der Befestigungslöcher in den Gefäßflansch. *A* Lochstempel, *B* Schnittplatte, *C* Niederhalter, gleichzeitig Abstreifer.

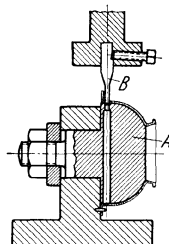
Abb. 33 III. Schnitt-, Stanz-, Ziehwerkzeuge der einzelnen Fertigungsstufen.



Stufe 10: Lochen des kugelförmigen Mantelteiles.
A Aufnahme, B Stellstift.



Stufe 11: Hochstellen (Schlagen) des Lochrandes.
A Stempel (ohne Niederhalter).



Stufe 12: Lochen des Mantels im zylindrischen Teil.
A Aufnahme, B Stempel.

Abb. 33 III. Schnitt-, Stanz-, Ziehwerkzeuge der einzelnen Fertigungsstufen.

zugeführt werden; der zweite Fall erfordert eine völlig selbsttätige Förderung des Werkstücks von Werkzeug zu Werkzeug, die oft nur schwer so zu bewältigen ist, daß sie störungsfrei arbeitet.

Eine Verbindung von Werkzeugen durch selbsttätige Förderung ist auch dann möglich, wenn von einer Werkzeugreihe jedes Werkzeug in eine besondere Maschine eingebaut ist, nur muß das Werkstück dann von einer Maschine zur andern auch selbständig gefördert werden. Man spricht in solchen Fällen eher, wenn auch nicht richtiger, von Maschinenverbindung oder Maschinenzügen (Abb. 34);

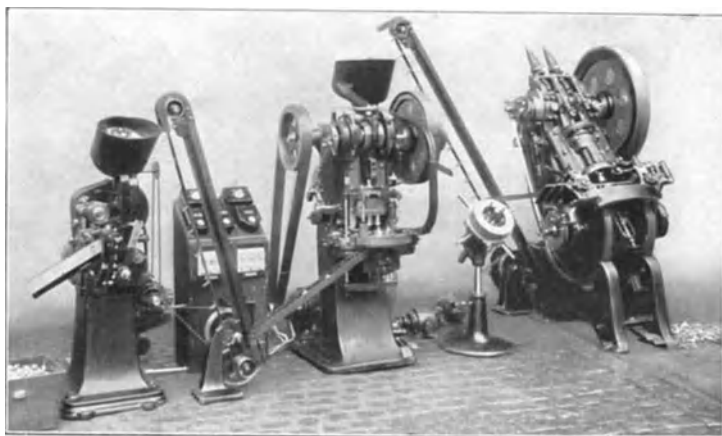


Abb. 34. Kopplung von Maschinen durch selbsttätige Fördereinrichtungen zu einem Maschinenzug (Kircheis).

der Zweck bleibt immer die Werkzeugverbindung. Die Erweiterung der selbsttätigen Förderung auf die letzte Art verwickelt und verteuert die Förderung sehr, erhöht auch die Maschinenkosten und den Platzbedarf, aber sie erhält die Leistungsfähigkeit der kleinen Presse, so daß in der Zeiteinheit mehr Arbeitsspiele zu erwarten sind. Die Ausnützung des Maschinenparks ist günstiger und der Einfluß der Störungen geringer.

Welche Verbindung von Werkzeugen die richtige ist, läßt sich nur nach der Aufgabe entscheiden. Ausschlaggebend ist das Ergebnis der in jedem Fall anzustellenden wirtschaftlichen Prüfung.

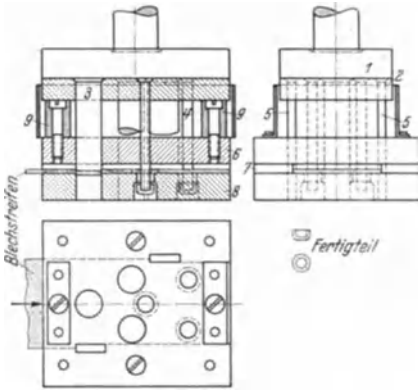


Abb. 35. Mehrfach-Folgewerkzeug zum Schneiden und Ziehen von Näpfchen. 1 Stempelkopf, 2 Stempelplatte, 3 Schnittstempel für die Scheibe, 4 Ziehborn, 5 Seitenschneider, 6 Abstreifer bzw. Stempelführung, 7 Zwischenlage, 8 Unterteil bzw. Schnitt-Ziehplatte, 9 Aufschlagleisten.

16. Folgewerkzeuge. Wenn es sich nur um Werkstücke beschränkter Abmessung handelt und um eine geringe Zahl von Arbeitsgängen, dann kann man die Arbeitsgänge, zur Vereinfachung der Zuführung von einer Arbeitsstelle zur andern, in einem Werkzeug vereinigen, wie die Abb. 35 für Schneiden und Ziehen und Abb. 36a und b für Schneiden und Formstanzen zeigen. Diese Werkzeuge verrichten gleichzeitig zwei Arbeitsgänge an zwei verschiedenen Werkstücken. Zur Bearbeitung eines Werkstücks sind zwei Stößelniedergänge erforderlich; die beiden Arbeitsgänge, die an jedem Werkstück ausgeführt werden, folgen einander.

17. Verbundwerkzeuge. In vielen Fällen können Arbeitsgänge auch so miteinander verbunden werden, daß sie mit dem gleichen Stößelhub ausgeführt werden und daß Werkzeugteile, die den ersten Arbeitsgang ausführen, auch beim nächstfolgenden mitwirken. Auf diese Weise lassen sich nicht nur Anschlag mit Weiterschlag, zwei Weiterschläge, sondern auch Schneiden, Stanzen, Prägen und Ziehen verbinden.

Das einfachste Verbundwerkzeug ist das für Schnitt und Anschlag einer Ziehseibe für eine doppelt wirkende Ziehpresse (Abb. 37). Abb. 38 zeigt weiter eine Verbindung von zwei Schnitten mit dem Anschlag für eine Exzenterpresse, Abb. 39 eine Verbindung von Schnitt, Anschlag und Weiterschlag für eine Presse mit Luftpolster.

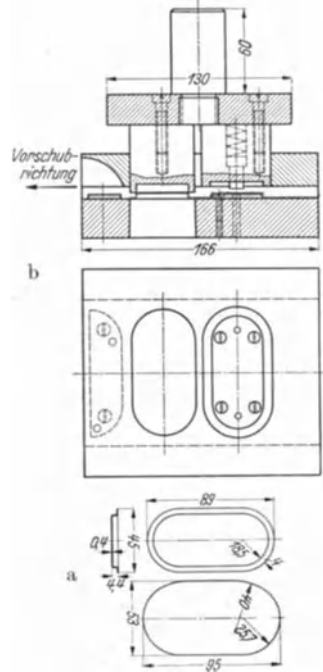


Abb. 36a, b. Folgewerkzeug zum Formstanzen und Schneiden.

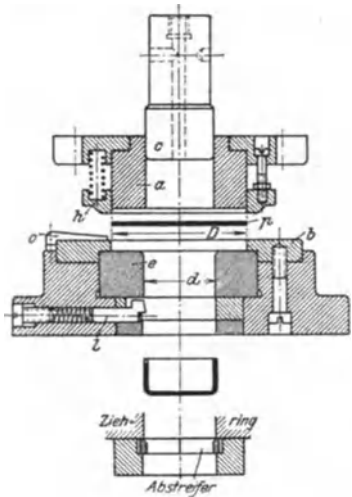


Abb. 37. Verbundwerkzeug zum Schneiden und Ziehen aus Blechstreifen oder Band. a Niederhalter und Schnittstempel, b Schnitt-ring, c Ziehstempel, e Ziehring, h Niederhalter für Blechstreifen bzw. Band, l Werkstückabstreifer, o Vorschub Anschlag, p Blechseibe.

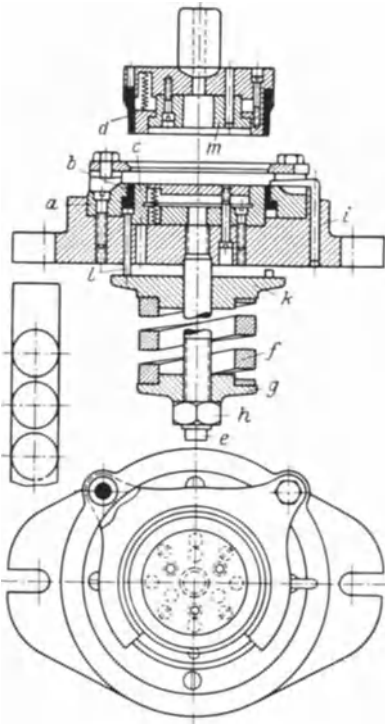


Abb. 38. Verbundwerkzeuge zur Erzeugung eines Fassungsreifs durch Schneiden, Ziehen, Schneiden; Niederhalterdruck durch Feder *f*. *a* Schnitttring, *b* Niederhalter, *c* Ziehstempel und Schnitttring für Bodenöffnung, *d* Schnittstempel für Scheibe und gleichzeitig Ziehring, *e* Befestigungsstange für Niederhalterfeder, *f* Niederhalterfeder, *g* u. *k* Druck- u. Gegendruckplatte, *h* Stellmutter, *i* Werkzeug-Unterteil, *l* Druckbolzen, *m* Schnittstempel für Bodenöffnung.

Die Beispiele von Verbundwerkzeugen ließen sich beliebig vermehren, doch zwingt der Raummangel zur Beschränkung der Auswahl.

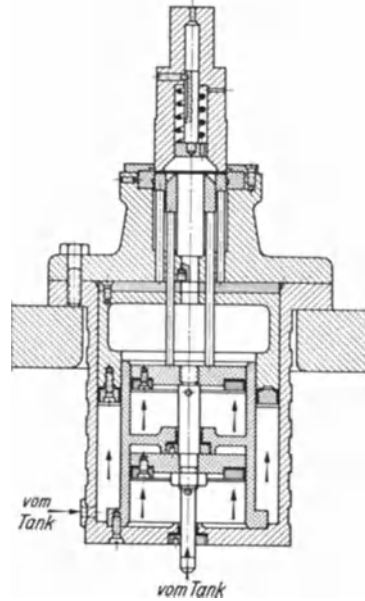


Abb. 39. Verbundwerkzeug für Schneiden, Ziehen, Weiterziehen mit Prebluftniederhalter. Zur Erzeugung des notwendigen Prebluftdrucks bei dem beschränkten Raum sind 2 Prebluftzylinder hintereinander geschaltet (Weingarten).

G. Sonderwerkzeuge.

18. Ausbauchen. Die einfachste Art des Ausbauchens ist das Flanschen, häufig auch „Stauchen“ genannt: Ein vorgezogenes Hohlgefäß *a* (Abb. 40) wird mit der Öffnung nach unten in eine Form *b* gesteckt, bis es gegen einen Anschlag schultert. Die zweite Formhälfte, der Stempel *c*, preßt im Niedergang auf den Boden und zwingt ihn, seinen Abstand von der Führung *d*, die ein seitliches Ausweichen der Gefäßwand verhindert, bei gleichzeitiger Vergrößerung des Durchmessers zu verkleinern und den Raum zwischen oberer und unterer Form nach — — — auszufüllen.

Die Möglichkeit des mechanischen Ausbauchens ist beschränkt; sie kann erweitert werden durch einen Hilfsstempel aus Gummi, der seine Form unter dem Druck des Oberstempels verändert und dabei eine beständige Blechführung und die sichere Verhütung von Faltenbildung gewährleistet (Abb. 41).

An Stelle von Gummi läßt sich mit gleich gutem Ergebnis auch Flüssigkeit verwenden, entweder nach Abb. 42 mit einer Ziehpresse oder nach Abb. 43, der Huberpresse, mit reiner Flüssigkeitswirkung.

19. Verstärkung der Gefäßwand. Das Hohlgefäß *A* (Abb. 44) muß an der Mündung verstärkt sein, damit ein Gewinde aufgeschnitten werden kann. Die Erzeugung der Verstärkung ist eine Verbindung von Zieh- und Preßarbeit. Die zur

Verstärkung notwendige Werkstoffmenge wird während der Züge (Abb. 44C und D) durch geeignete Ausbildung der Ziehorne möglichst nahe an die Mündung gebracht und dann bei ganz geringer Durchmesserabnahme mit dem abgebildeten

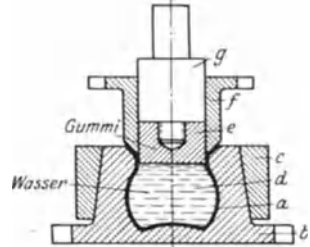
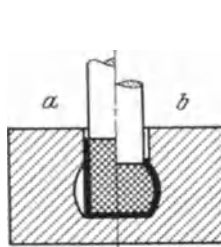
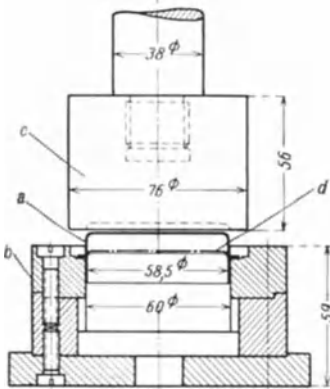


Abb. 41. Einfaches Ausbauchen eines gezogenen Hohlgefäßes durch Gummi mit einfachwirkender Kurbelpresse. *a* Arbeitsbeginn, *b* Arbeitsende.

Abb. 42. Ausbauchen durch Flüssigkeit mit einer doppelwirkenden mechanischen Ziehpresse. *a* Geformtes Gefäß, *b* Form (geteilt), *c* Ring zum Zusammenhalten der geteilten Form, *d* Flüssigkeit, *e* Preßstempel aus Gummi, *f* Niederhalter, *g* Stempelkopf.



Abb. 40. Stauch- oder Flanschwerkzeug. *a* Werkstück, eingelegt, *b* Formring, *c* Formkopf, *d* Werkstück gestaucht (gef lanscht).

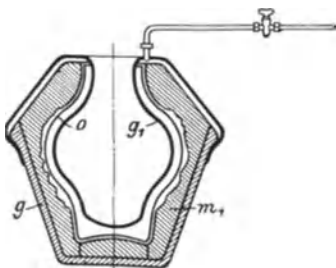


Abb. 43. Ausbauchen durch Flüssigkeitsdruck nach vorheriger Entfernung der Luft zwischen Werkstück und Form (Huberpressung). *a* vorgeformtes Gefäß, *g* Werkzeugaufnahme, *g*₁ Gummiblase, *m*₁ geteilte Form.

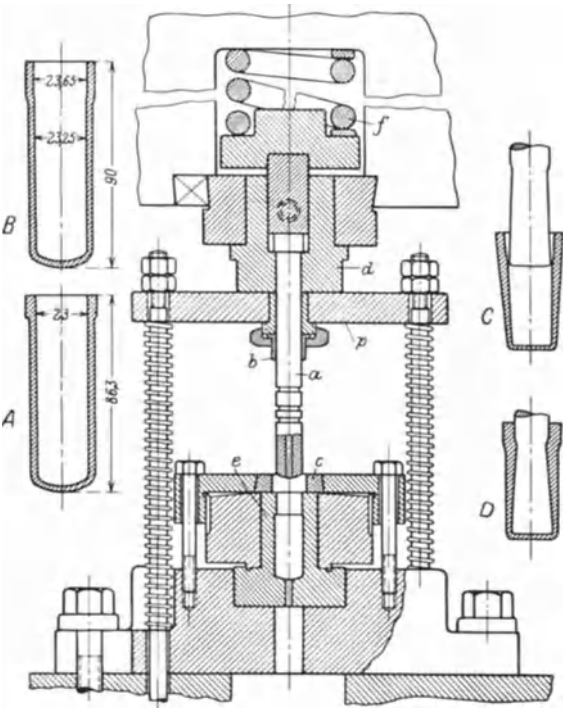


Abb. 44. Werkzeug für Ziehen und Stauchen. *a* Ziehorn, *b* Stauchstempel, *c* Stauchring, *d* Stempelkopf, *e* Hülsenaufnahme, *f* Druckfeder, *p* Führungsplatte. *A*, *B*, *C*, *D* Fertigungsstufen.

Werkzeug in zwei Arbeitsgängen (*B* und *A*) auf einer Exzenterpresse in die gewünschte Form gepreßt.

Der Ziehstempel *a* ist gegenüber der Kopfplatte *p* so stark gefedert, daß er das vorgezogene Gefäß in den Unterteil hineinzieht, bis es im Grund aufsteht. Nun gibt er gegen die Feder *f* nach; der Stößel geht aber mit der Kopfplatte *p* und dem Preßstempel *b* tiefer, stößt gegen den oberen Gefäßrand und zwingt ihn,

den vom Ziehstempel *a*, dem Preßstempel *b* und dem Formring *c* gebildeten Hohlraum auszufüllen.

20. Halbkugelform. Halbkugelige Gefäße nach Abb. 45 a sind schwer zu ziehen, weil das Blech während der Umformung nicht geführt wird und dadurch sich leicht Falten bilden können. Der Werkstofffluß wird nicht wie bei den gewöhnlichen Formen an der Ziehöffnung erzwungen, sondern das Blech wird mehr nur gebogen.

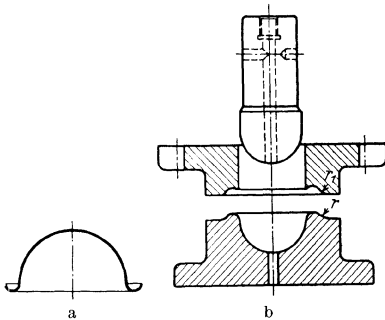


Abb. 45 a, b. Werkzeug für Halbkugelformung mit Wulstkante.

In solchen Fällen hilft auch eine übergroße Niederhalterspannung nicht, weil sie sich nicht auf die Fläche über der Ziehöffnung auswirkt. Erst langwierige Versuche vor mehreren Jahren brachten durch besondere Ausführung der Ziehkante einen Erfolg. Wie Abb. 45 b zeigt, wurde auf dem Ziehring ein Wulst angebracht und durch entsprechende Ausbildung des Niederhalters die Ziehkante an den Anfang der Wulst beim Übergang zur Fläche des Ziehringes verlegt. Mit $r > r_1$ wird das Blech an dieser Stelle gekniffen, ja geradezu erst nach außen auf den Ziehring gestanzt. Die Ausbildung der Kugel-

form wird damit zum Stülpszug, der gekommen ist.

Die Wulstziehkante ist heute nicht mehr auf die Halbkugelform beschränkt, sondern wird überall angewendet, wo die Werkstückform die Ausbildung einer normalen Ziehkante und einer Blechführung vom Ziehbeginn an unmöglich macht.

H. Einstellung und Beschickung der Ziehwerkzeuge.

21. Arbeitskräfte. Die zum Ziehen entwickelten Werkzeuge und Arbeitsmaschinen haben einen hohen Wert, ein kleiner Fehler bei ihrer Handhabung kann großen Schaden verursachen. Je höher die Leistungsfähigkeit von Maschine und Werkzeug, um so höher der Wert und um so größer der mögliche Schaden. Die sorgfältige, wohlüberlegte Behandlung setzt eine völlige Beherrschung des Werkzeugaufbaus und der Arbeitsmaschine voraus. Je verwickelter diese sind, desto größer werden die Anforderungen an die Auffassungsgabe und die Entschlossenheit der mit der Handhabung und besonders der Einrichtung Beauftragten. Diese sind deshalb besonders auszusuchen und zu schulen.

Bei der Einrichtung ist vor allem wichtig:

1. das Mitten des Ziehringes zum Ziehorn,
2. die Wahl des Niederhalterdrucks,
3. die Einstellung der Ziehtiefe.

22. Mitten des Ziehringes zum Ziehorn. Nach der Befestigung des Ziehorns im Pressenstößel in der bekannten Weise stellt man den Ziehring lose auf den Pressentisch, so daß der Dorn angenähert durch die Mitte geht. Nun wird auf das immer noch lose Unterteil eine Ziehscheibe aufgelegt und mit dem Ziehorn langsam in den Ziehring gedrückt. Wenn der Ziehring nicht richtig gemittet war, so wird der Druck des Ziehorns auf einer Seite größer sein als auf der andern und der Ziehring infolgedessen nach der Seite des größeren Drucks wandern, bis ein Ausgleich eingetreten ist. Der so gemittete Ziehring wird festgeschraubt. Tritt bei dieser Arbeit keine Verschiebung ein, so genügt die erreichte Güte der Mittung im allgemeinen. Das wird nachgeprüft am Aussehen des gezogenen Werkstücks (Abb. 46). Ist sein Rand parallel zum Boden, die Wand also überall

gleich hoch (Abb. 46a), so ist die Mittung einwandfrei. Ist sie an einer Stelle besonders hoch (Abb. 46b) und gegenüber besonders nieder, so ist der Abstand zwischen Ziehstempel und Ziehring, die Ziehöffnung, an der hohen Stelle zu gering; in diesem Fall ist der Ziehring der hohen Stelle zuzuschieben, bis der Ausgleich hergestellt ist.

Ist ein einfaches Ziehwerkzeug einmal in Benützung gewesen, so legt man zu dem Werkzeug ein fertiges Werkstück. Bei der nächsten Benützung wird dieses über den Ziehhorn gestülpt und dieser mit dem Werkstück in die Ziehöffnung geführt. Das lose Unterteil wird so einwandfrei gemittet.

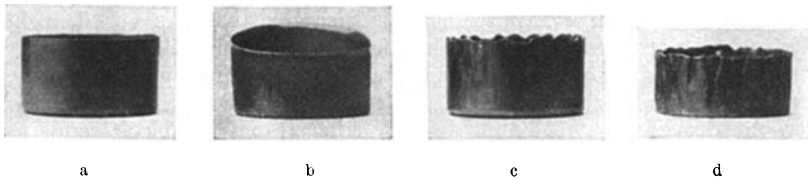


Abb. 46a...d. Werkstück, Mittung und Niederhalterdruck. a Werkstück eben; Mittung gut. b Zungenbildung; Ziehring- und Ziehhornachsen verschoben; Mittung schlecht. c Werkstückwand glatt; Niederhalterdruck richtig; e Öffnungsrand gezackt; Niederhalterdruck zu niedrig, Weite der Ziehöffnung gut. d wie vor; Weite der Ziehöffnung zu groß.

Bei Verbundwerkzeugen mit Schneidarbeit ist die Stempelmittlung einfacher, da Schnittstempel und Schnittring sich immer genau führen; beim Zusammenführen von Werkzeugober- und Werkzeugunterteil muß aber mit größerer Vorsicht vorgegangen werden, damit die Kanten von Schnittstempel und Schnittring nicht beschädigt werden.

23. Mitten des Niederhalters. Bei einfachen Ziehwerkzeugen wird der Niederhalter so am Niederhalterstößel befestigt, daß der Ziehhorn frei durch ihn hindurchgehen kann. Besondere Maßnahmen zum Mitten sind nicht erforderlich.

Bei Verbundwerkzeugen werden Niederhalter und Ziehhorn zusammen gemittet, bedingt durch den Aufbau der Werkzeuge.

24. Einstellung des Niederhalterdrucks. Sie wird bei allen Werkzeugen mit Niederhalter nach dem Aussehen des gezogenen Werkstücks beurteilt. Nach der Mittung und Befestigung von Ziehhorn, Ziehring und Niederhalter wird der Niederhalterstößel so verstellt, daß der Niederhalter in seiner tiefsten Stellung ohne Druck auf der Ziehscheibe ruht. Nun wird ein Versuchzug ausgeführt:

Ist der Rand des erstellten Gefäßes eben, die Wandung faltenfrei und glatt, dann ist der Niederhalterdruck gerade richtig (Abb. 46a). Ist die Wand glatt, erscheint aber der Rand gezackt (Abb. 46c), so ist der Niederhalterdruck zu klein, der Niederhalter muß dem Werkzeugunterteil genähert, bei Luftpolstern der Luftdruck erhöht werden. Die Zacken sind Falten, die unter dem Niederhalter entstanden waren, aber beim Eintritt in die Ziehöffnung geglättet worden sind. Die Glättung ist nur möglich, wenn die Ziehöffnung nicht größer ist als die Blechdicke; ist sie größer, dann werden die Falten nach Abb. 46d in der Gefäßwand sichtbar bleiben.

Wird beim Ziehen der Boden durchstoßen, bevor die Ziehscheibe ganz in die Öffnung gezogen wird, und ist die Gefäßwand dabei faltenfrei geblieben, so ist der Niederhalterdruck zu groß. Der Niederhalter muß von dem Werkzeugunterteil entfernt werden.

Ist die Wandung zwar glatt, der Gefäßrand aber einseitig hoch, dann ist — genaue Zentrierung des Ziehtrings zum Ziehhorn vorausgesetzt — der Niederhalterdruck an der hohen Stelle zu groß; die Niederhalterfläche und das Werkzeugunter-

teil liegen nicht parallel. Der Niederhalter muß auf der hohen Stelle vom Ziehring entfernt oder auf der niederen Stelle dem Ziehring genähert werden.

Die mechanische Verstellung des Niederhalterstößels ist selbst dort, wo die Grobeinstellung mit Hilfe eines Elektromotors möglich ist, zeitraubender als die Druckveränderung in einem Luftpolster, und darum erfordert die Einstellung von Werkzeugen bei Luftpolsterpressen weniger Zeit als bei mechanischen Ziehpressen. Ist der Luftdruck und damit der Niederhalterdruck einmal ermittelt, ist er für jede Wiederholung der gleichen Arbeit bekannt und sofort einstellbar; bei mechanischen Pressen erfordert jede, auch die wiederholte Werkzeugbenützung, dieselbe Versuchsarbeit und gibt dieselbe Möglichkeit von Ausschußstücken.

Die rechnermäßige Ermittlung des Niederhalterdrucks vor dem Beginn des Versuchs ist für praktische Zwecke bis heute nicht möglich; auch praktisch ermittelte Ziffern, die für viele Fälle mindestens einen Anhalt geben könnten, sind bisher nicht bekannt geworden. Es gibt allerdings auch nicht einen allein richtigen Niederhalterdruck, da er nicht nur durch Werkzeug und Ziehblech, sondern auch durch den Zweck des zu erzeugenden Hohlgefäßes und seine etwaige Arbeit bestimmt wird. Von diesen Umständen hängt es ab, ob die Gefäßwand und der Gefäßrand ganz glatt sein müssen oder ob leichte Faltenbildung und damit ein etwas schwächerer Niederhalterdruck zulässig sind.

25. Einstellung der Ziehtiefe. Die richtige Ziehtiefe und der richtige Niederhalterdruck werden gleichzeitig ermittelt. Zweckmäßig wird der Ziehdorn dabei nur allmählich tiefer gestellt, weil dadurch die Möglichkeit von Ausschußgefahr bei der Niederhalterdruckermittlung verringert wird.

Bei Werkzeugen mit Abstreifern ist darauf zu achten, daß die Hohlgefäßränder unter Berücksichtigung der kleinen Unterschiede in der Höhe sicher so frei werden, daß die Abstreifer auch die höchste Stelle erfassen können.

Bei Werkzeugen mit Stanz- und Prägearbeit ist die tiefste Stellung des Stößels mit größter Vorsicht einzustellen, damit einerseits die gewünschte Form gut ausgeprägt, andererseits Werkzeug und Maschine nicht überlastet werden.

26. Beschickung der Ziehwerkzeuge und Unfallgefahr. Spanlose Formung gibt im allgemeinen gleichmäßig gut bearbeitete Werkstücke und hohe Fertigungsziffern. Wenn die Werkzeuge richtig eingestellt sind, ist die Bedienung einfach; sie stellt nur an die körperliche Geschicklichkeit einige Anforderung. Fehlt diese oder wird sie von außen unwillkürlich beeinflusst, dann bringt die Bedienung von Ziehwerkzeugen große Verletzungsgefahren. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. die Presse läuft durch und das Werkzeug wird bei jedem Hub beschickt,
2. die Presse wird nach jedem Hub zur nächsten Beschickung ausgerückt.

Wird im Fall 1 durch einen Zufall oder eine Ablenkung der richtige Zeitpunkt der Beschickung versäumt oder wird nicht richtig beschickt, so wird die Hand des Arbeiters vom niedergehenden Werkzeugoberteil erfaßt und verstümmelt. Die gleiche Möglichkeit besteht im Fall 2, wenn der Arbeiter nach dem Einrücken der Presse sieht, daß die Werkstücklage verbessert werden sollte und glaubt, dies während des Laufs der Presse schaffen zu können.

Diese Gefahren verursachen leider immer wieder bedauerliche und schwere Unfälle. Es kann daher auf sie nicht laut und häufig genug hingewiesen werden, zumal gerade der Arbeiter, der längere Zeit an einer Presse gearbeitet hat, nicht mehr an die Gefahren denkt, ja nicht einmal mehr an sie glaubt. Mit Rücksicht auf sie sollte aber jeder Arbeiter an der Presse, wenn nicht anders möglich, auch durch Strafandrohung, dazu erzogen werden: daß er nie zwischen die Werkzeuge greift, wenn die Presse in Bewegung ist, daß er zur Beschickung Hilfswerkzeuge verwendet,

daß er die geschaffenen Sicherheits- und Schutzvorrichtungen achtet und, wo sie noch fehlen sollten, fordert.

Schutzvorrichtungen gibt es in der verschiedensten Ausführung, größtenteils auch im Handel. Ihre Wirkungsweise, Vor- und Nachteile, sind im Schrifttum und vor allem in den Veröffentlichungen der Berufsgenossenschaften eingehend gewürdigt. Auf diese muß daher an dieser Stelle verwiesen werden.

Die beste Schutzvorrichtung ist die selbsttätige Zuführung; sie macht es nicht nur überflüssig, daß in die offenen Werkzeuge gegriffen wird, sondern verhindert es sogar. Vor allem aber sollte jeder Maschinenkäufer sich von seinem Lieferanten bescheinigen lassen, daß die Pressen mit den von der Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen versehen sind.

III. Ziehen und Ziehbleche.

J. Ziehen.

27. Die Beanspruchung des Ziehblechs. Wird eine ebene Blechscheibe mit Hilfe eines Ziehwerkzeugs in ein Hohlgefäß umgeformt, so setzt sich, wie früher ausgeführt, nach dem Auflegen der Ziehscheibe auf den Ziehring der Niederhalter auf die Blechscheibe, ruht auf ihr, während der Ziehstempel niedergeht, und folgt dem Ziehstempel im Hochgehen nach. Vergleicht man das Arbeitsschaubild Abb. 9 mit dem Geschwindigkeitsschaubild des Stößels (Abb. 47 I und II), so erkennt man, daß der Ziehstempel etwa in dem Augenblick auf das Ziehblech trifft, wo er seine größte Geschwindigkeit hat (M_1 Abb. 47 u. 54). Diese Wucht muß zunächst der Teil der Ziehscheibe aufnehmen, der frei über der Ziehöffnung liegt. Er erfährt dabei gleichzeitig eine Biegungs- und eine Zugbeanspruchung. Erst allmählich wird die Beanspruchung von der ganzen Scheibe aufgenommen, die nun in Bewegung kommt: fließt.

Klar werden die Spannungsverhältnisse in der Blechscheibe, wenn man zunächst nur einen Ring dF und dessen Beanspruchung während der Umformung betrachtet (Abb. 48). Er wandert mit dem Beginn der Umformung radial nach innen, bis er den Kreis mit dem Durchmesser d des Hohlgefäßes erreicht. Dabei wird er immer kleiner, schrumpft zusammen. Diese Schrumpfung wird erzwungen von Ringkräften, die durch die Zugbeanspruchung ausgelöst werden und nun eine Stauchwirkung erreichen. Solange es sich um dicke Bleche handelt, etwa mit $s \geq 5$ mm, ist reine Stauchung zu beobachten, sobald es sich aber um dünne Bleche handelt, wird die Stauchbeanspruchung zur Knickbeanspruchung.

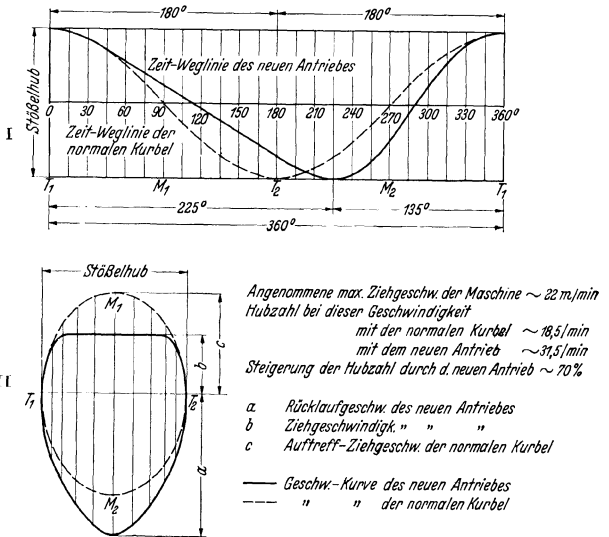


Abb. 47. I Zeitwegschaubild, II Geschwindigkeitsschaubild für gleichförmig (normal — — —) und für ungleichförmig (neu — — —) umlaufende Kurbel zur Erzwingung gleichbleibender Ziehgeschwindigkeit auf nahezu dem ganzen Ziehweg.

Das leuchtet ein, wenn man sich den Ring aufgeschnitten und ausgestreckt und an beiden Enden die Druckkräfte S angesetzt denkt (Abb. 49). Der Stab ist lang im Vergleich zu seiner Dicke, widersteht der Beanspruchung nicht, knickt aus. Ähnlich der Ring, die Scheibe: sie werfen Falten. Diese müssen verhütet werden, am einfachsten durch Unterstützen des Blechs auf den beiden Seiten,

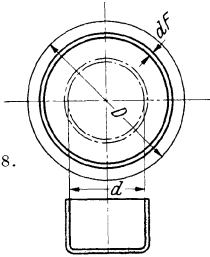


Abb. 48.

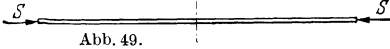


Abb. 49.

Abb. 48. Ziehscheibe und gezogenes Gefäß zur Erklärung der Werkstoffwanderung und -beanspruchung.

Abb. 49. Faltenbildung durch Knickbeanspruchung.

nach denen es ausknicken könnte, während der ganzen Wanderung. Die Unterstützung (Niederhalter) muß den durch die Knickung entstehenden seitlichen Druck H (Niederhalterdruck) aufnehmen; da die Unterstützung nicht mit dem Blech wandert, sondern ruht, entsteht Reibung von der Größe $2\mu H$. Auch die Reibung muß von der Ziehkraft Z überwunden werden, also mit Abb. 50, da

$$Z = Z' e^{\mu \alpha} \quad \text{und} \quad Z' = 2\mu H + S,$$

$$Z = (2\mu H + S) e^{\mu \alpha} \quad \text{oder mit} \quad \alpha = \pi/2,$$

$$Z = (2\mu H + S) e^{\mu \pi/2}.$$

Die Auswertung der Gleichung ist nicht einfach. Weder die Reibungszahl auf der Fläche noch während der Biegung ist bekannt, die Stauchkraft schwer zu bestimmen, der Niederhalterdruck nur durch den Versuch zu ermitteln.

Hier genügt die Klarlegung der Spannungsverhältnisse, zumal die Kenntnis der eigentlichen und hinreichenden Ziehkraft auch für die Praxis kaum wertvoll ist. Weder beim Entwurf einer Presse noch bei einer Ziehaufgabe wird man

nach ihr forschen, sondern immer nach der Beanspruchung, die im Höchstfall auftreten wird.

Der größte Ziehdruck ist bestimmt durch den Querschnitt der Hohlgefäßwand; er tritt auf, wenn der Ziehdruck die Festigkeit des Querschnitts übersteigt, so daß der Boden oder die Wand des Gefäßes abreißt. Der größte Ziehdruck kann aber immer auftreten, wenn der Niederhalterdruck eingestellt wird.

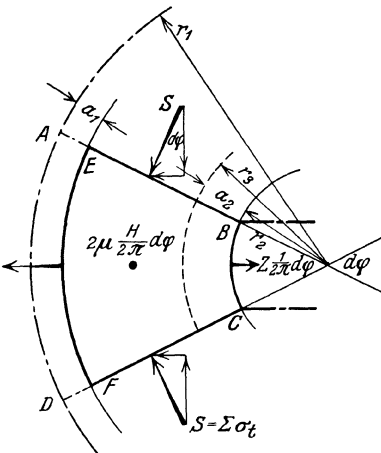


Abb. 50. Beanspruchung eines Flächenelements der Ziehscheibe.

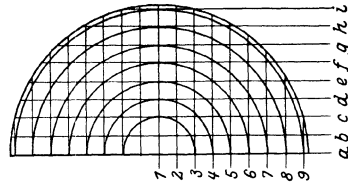


Abb. 51. Sichtbarmachung der Werkstoffwanderung durch Einritzen eines Gitters in die Ziehscheibe.

28. Werkstoffwanderung. Die Ringkräfte erzwingen eine erhebliche Verschiebung der Werkstoffteile, die durch Einritzen eines Gitters in die Ziehscheibe nach Abb. 51 sichtbar gemacht werden kann. Die für die Ziehscheibe radiale, für die Gefäßwand achsrechte (senkrechte) Wanderung ist durch eine Schar auf der Scheibe gleichmittiger Kreise mit gleichen Abständen voneinander, hier 5 mm, zu zeigen. Sie bleiben (Abb. 52) auf dem Boden des gezogenen Gefäßes gleichmittiger und be-

halten ihre ursprünglichen Abstände (a); auf der Zylinderwand dagegen werden sie zu Parallelkreisen mit, der Gefäßöffnung zu, wachsenden Abständen (b).

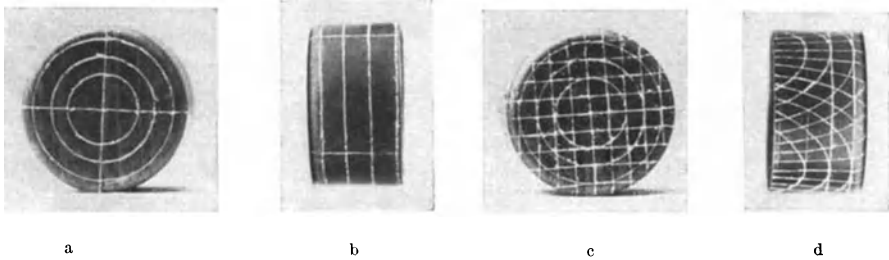


Abb. 52a...d. Lagenveränderung im Liniennetz durch die Gefäßbildung. a, b wachsender Abstand der parallelen, ehemals gleichmäßigen Kreise. c, d Verschiebung ehemals paralleler Geraden.

Ein auf der gleichen Ziehscheibe eingeritztes quadratisches Liniennetz bleibt am Boden unverändert (e) und erscheint auf der Zylinderwand als hyperbelähnliche Kurvenschar (d), deren Abstände sich der Gefäßmündung zu verjüngen und dadurch die Stauchung und Verschiebung im Werkstoff sichtbar machen.

29. Gefügeänderung. Die Stauchung und Verschiebung des Werkstoffs erzeugt Gefügespannungen und Kristallverzerrungen, die in einer Verhärtung des Werkstoffs, sog. Kalthärtung, erkennbar werden. Mit zunehmender Kalthärtung verringert sich die Bildsamkeit des Werkstoffs und damit die Möglichkeit weiterer Formung.

Durch metallographische Behandlung des Werkstoffs und Entwicklung des metallischen Kleingefüges ist die Veränderung der Kristalle selbst zu erkennen. Abb. 53a...d sind Aufnahmen des Gefüges einer Scheibe aus Druckmessing Ms 63 (Abb. 53 a) an drei Stellen eines aus ihr gezogenen Gefäßes: b im Boden, c an der Wand dicht über dem Boden, d am Gefäßrande. Während b gegenüber a kaum eine Veränderung zeigt, erkennt man in c stark gezerrte Kristalle, in d Verhärtung beweisende zahlreiche Fließlinien.

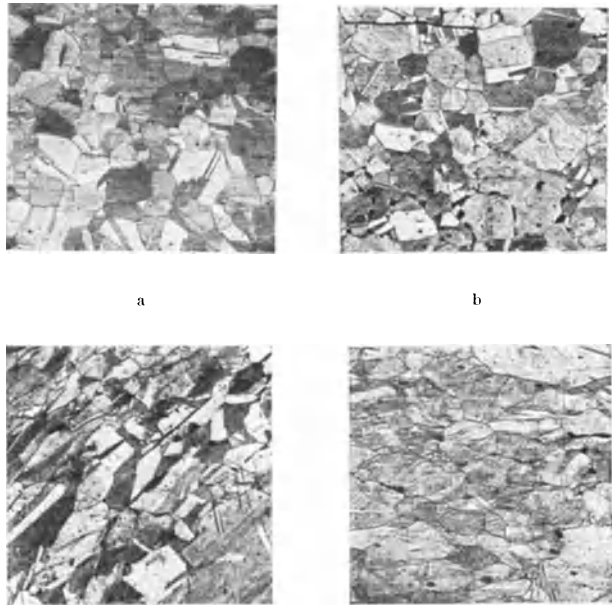


Abb. 53a...d. Gefügeänderung durch Tiefzug von Ms 63 ($v = 100z$). a vor dem Zug. b nach dem Zug im Gefäßboden, wenig geändert. c in der Gefäßwand dicht über dem Boden stark gezerrt. d im Öffnungsrand des Gefäßes, Härtung durch starke Pressung.

30. Ziehgeschwindigkeit. Das Maß der Kalthärtung ist in erster Linie bestimmt durch den Grad der Verformung, d. h. den Unterschied zwischen Durchmesser der Ziehscheibe und Gefäßdurchmesser. Dazu kommt aber noch die Größe der Verformungsgeschwindigkeit, der Ziehgeschwindigkeit. Je größer sie ist, desto größer bei gleichem Verformungsgrad die Kalthärtung. Ist die Ziehgeschwindigkeit während des Ziehvorgangs veränderlich, so wird verschieden große Kalthärtung der Gefäßwand die Folge sein. Bei normalen Kurbelpressen läuft der Kurbelzapfen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um und erzeugt in dem gerade geführten Ziehstößel eine ungleichförmige Geschwindigkeit (Abb. 47). Diese ist (Abb. 47 und 54) in der oberen Totlage T_1 gleich 0, wächst bis zur Mittellage M_1 an und nimmt anschließend bis zur unteren Totlage T_2 auf 0 ab.

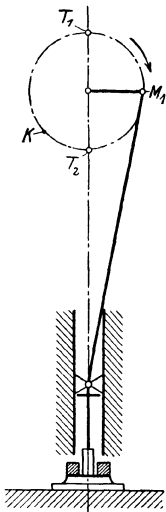


Abb. 54. Kurbel- und Stößelbewegung beim Tiefziehen. K Kurbelkreis, T_1 obere Totlage, T_2 untere Totlage, M_1 Mittellage.

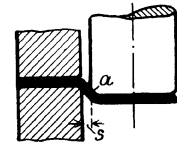


Abb. 55. Blechbeanspruchung beim Ziehbeginn. a Einschnürung, s Ziehspalt.

Daß es für die Einleitung der Fließbewegung ungünstig ist, wenn der Ziehstößel wie in Abb. 54 gerade mit seiner größten Geschwindigkeit auf die Ziehscheibe auftritt, braucht nach dem Gesagten nicht besonders betont zu werden. Ist die Geschwindigkeit zu groß, besteht die Gefahr, daß die Fließbewegung nicht auf die ganze Ziehscheibe übertragen wird, sondern im Ziehspalt s (Abb. 55) zu einer örtlichen Einschnürung bei a und zum Bruch führt.

Für die schonende Beanspruchung des Ziehblechs ist daher annähernd gleichförmige Ziehgeschwindigkeit, wie sie bei Kurbelpressen durch besondere Bauart (s. Abb. 47 „neuer Antrieb“ und Abb. 16) erreichbar, bei hydraulischen Pressen immer vorhanden ist, am günstigsten.

K. Ziehbleche und Behandlung.

31. Blecheignung. Nicht jedes Blech ist gleich bildsam. Maßgebend für die Bildsamkeit ist die Dehnungsfähigkeit und die Festigkeit des Werkstoffs, wenn man das Zerreißschaubild Abb. 56 betrachtet: der Bereich von der Elastizitätsgrenze P bis zur Bruchgrenze B .

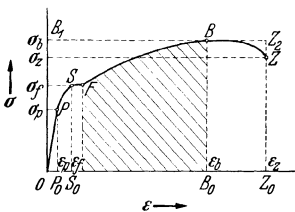


Abb. 56. Spannungs-Dehnungsdiagramm.

Je größer die Dehnung zwischen den beiden Punkten und je größer der Spannungsunterschied ist, desto günstiger die Bildsamkeit. Ziffermäßige Schlüsse lassen sich aus den Kurven für die verschiedenen Werkstoffe nicht gewinnen, auch wenn man statt der normalen Spannungsschaubilder (Abb. 57) die tatsächlichen Zerreißschaubilder mit den tatsächlichen Dehnungen als Abszissen und den tatsächlichen Spannungen als Ordinaten nimmt (Abb. 58). Endgültige Klarheit bringt nur der Tiefziehversuch.

Gute Tiefzieheigenschaften haben: Platin, Gold, Silber, Nickel und seine Legierungen, Kupfer und seine Legierungen, besonders Messing, Aluminium, Eisen (Stahl) und Zink. Diese Metalle können rein genommen oder aber mit einem anderen galvanisiert oder plattiert werden, z. B. Gold auf Kupfer, Nickel oder Kupfer oder Zink oder Aluminium auf Eisen.

Mengenmäßig den größten Anteil an den Tiefziehblechen haben: Messing, Stahl, Aluminium und Zink. Messingbleche haben einen Kupfergehalt von 63 % Cu (Ms 63) bis 72 % (Ms 72).

Stahl verhält sich um so günstiger, je geringer der Kohlenstoffgehalt und je reiner er ist. Manganzusatz bis 1,5 % erhöht die Dehnungsfähigkeit. Als noch gutes Tiefziehblech gilt Stahlblech von 0,08 ... 0,12 C; 0,05 Si, 0,045 P; 0,3 ... 0,5 Mn. Die große Reinheit verlangt eine sorgfältige Überwachung der Tiefziehblechherstellung vom Knüppel an. Lunkerstellen und Zunder sind sorgfältig zu entfernen.

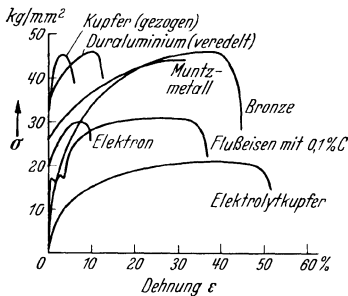


Abb. 57. Spannungsschaubild verschiedener Werkstoffe.

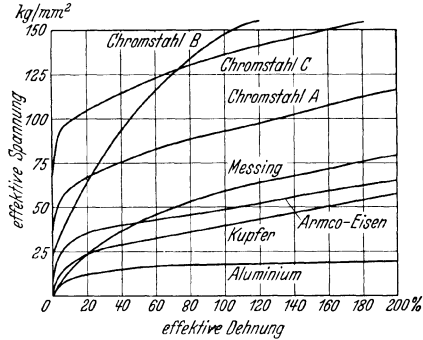


Abb. 58. Tatsächliche Spannungsschaubilder verschiedener Werkstoffe.

Für ganz hochwertiges Tiefziehblech wird das Fertigmaß durch Kaltwalzen erreicht. Dieses ergibt eine glatte, blanke Oberfläche.

Messingbleche und Stahlbleche sind nach Legierungen und Tiefziehgüte genormt.

32. Schmierung. Auch die glatteste Oberfläche ist genau genommen noch rau und verursacht zusammen mit dem Niederhalterdruck Reibung. Diese ist durch gute Schmierung zu verringern. Geeignet sind alle gebräuchlichen Schmiermittel: Seifenwasser, Öl und Fett. Je zäher das Schmiermittel haftet, desto besser ist es. Dünne Schmiermittel werden bei der hohen Flächenpressung zu leicht weggedrückt. Man mischt deshalb Öl gerne mit Graphit. Graphit schmiert dann noch, wenn das Öl weggedrückt ist. An Stelle von Graphit wird häufig auch Schlemmkreide genommen.

Eine Übersicht über die Schmiermittelanwendung gibt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Werkstoff und Schmiermittel.

Werkstoff	Schmiermittel
Leichte Zieharbeiten von Ms, Cu, Stahl .	Rüböl
Schwere Zieharbeiten von Ms und Cu . . .	Seife, gelöst in warmem Wasser, mit gleichem Teil Rüböl, auch dickes Zylinderöl
Schwere Zieharbeiten von Stahl.	Rüböl und Bleiweiß in Schicht einer dicken Farbe, Zylinderöl oder Talg mit Graphit
Zieharbeiten, allgemein	Mischung von Rüböl mit Schlemmkreide, Mischung von Rüböl mit Graphit
Zink	kochendes Seifenwasser oder heißes Öl
Aluminium	billiges Vaselin

33. Blechprüfung. Sind die Tiefzieheigenschaften eines Metalls einmal erprobt, dann genügt zur Überwachung eine einfache Vergleichsprüfung. Dazu eignen sich

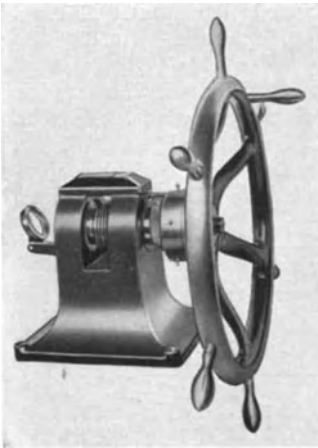


Abb. 59. Erichsen-Blechprüfgerät zur Ausführung von Tiefungen.

Durch Vergleich mit den auf einer Kurventafel (Abb. 60) aufgetragenen Normalwerten ist festzustellen, ob ermittelte Tiefungswerte den handelsüblichen entsprechen.

Die Tatsache, daß die Tiefungswerte nicht nur von der Metallart abhängig sind, sondern bei gleichem Metall mit zunehmender Blechdicke wachsen, zeigt an, daß dicke Bleche leichter verformbar sind als dünne.

Die Erichsen-Prüfung ist mit der Feststellung der Tiefung allein nicht beendet; diese wird ergänzt durch die Beobachtung der Oberflächenveränderung (Abb. 61). Wirklich gut ist eine Blechprobe nur, wenn sich ihre Oberfläche während der Tiefung nicht oder doch nur wenig geändert hat und der Riß sich kreisförmig ausbildet (Abb. 61b). Wird die Oberfläche aber rau und tritt die Rißbildung einseitig und rasch auf, so kann man

Rockwell- und Brinell-Härte-Prüfung, Zerreißprobe und Biegeprobe. Besonders gut eingeführt hat sich eine Tiefungsprüfung. Von den verschiedenen Arten einer solchen ist die Erichsen-Prüfung die älteste. Sie wird mit dem Gerät der Abb. 59 ausgeführt, einem Doppelspindelapparat, der so ausgebildet ist, daß mit der einen Spindel eine Blechscheibe bestimmter Größe, bevorzugt 90×90 , festgehalten wird, während die andere Spindel mit ihrem kugelig ausgebildeten Ende das Blech in einen Ring drückt, bis es reißt. Die Größe der Blechdurchbiegung ist die Tiefung, das Maß für die Bildsamkeit. Gleiche Tiefung entspricht bei gleichem Werkstoff gleicher Bildsamkeit.

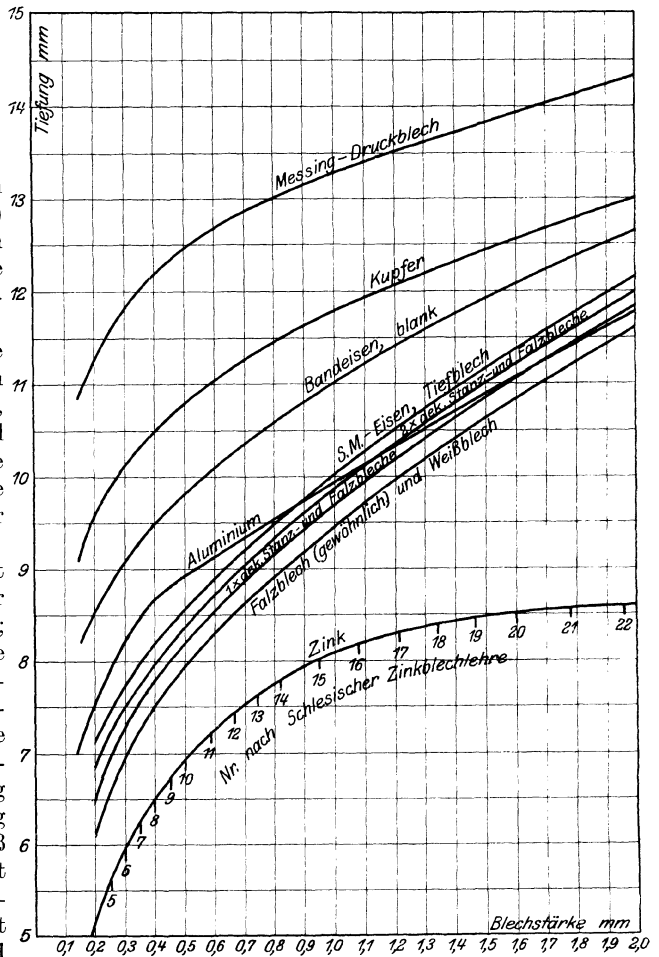


Abb. 60. Normale Tiefungskurven für Bleche verschiedener Werkstoffe und verschiedener Dicke.

vermuten, daß die Glühbehandlung des Blechs nicht einwandfrei gewesen ist (Abb. 61 a).

Neuerdings ist das Erichsen-Gerät nach dem Vorbild anderer noch weiter entwickelt worden, so daß wirkliche Tiefziehversuche durchgeführt und Ziehdrücke ermittelt werden können. Die Prüfung ist aber Vergleichsprüfung geblieben.



Abb. 61 a, b. Ausgeführte Tiefungen.

34. Erhaltung der Blechgüte, Entspannung. Ist ein Hohlgefäß in seiner Endform nicht in einem Zug herzustellen, dann muß vor dem zweiten Zug die ursprüngliche Bildsamkeit des Blechs wieder zurückgewonnen werden. Das wird erreicht durch Lösen der Spannung zwischen den einzelnen Kristallen, die durch die Formung entstanden ist. Erwärmung bringt die Entspannung. Welche Temperatur erreicht und wie lange die Temperatur einwirken muß, hängt vom Werkstoff und von dem Grad der vorausgegangenen Verformung ab. Je höher diese war, desto niedriger kann die Glühtemperatur gewählt werden. Normale Glühtemperaturen für verschiedene Metalle gibt Zahlentafel 2 an. Entstehender Zunder ist durch Beizen zu entfernen. Geeignete Beizflüssigkeiten für verschiedene Metalle gibt auch Zahlentafel 2. Da die Entfernung von Zunder nicht nur unangenehm, sondern mit Metall-

Zahlentafel 2. Werkstoff, Glühtemperatur und Beizmittel.

Werkstoff	Glühtemperatur ° C	Beizmittel
Nickel	500...900	20%ige Schwefelsäure bei 60...80°
Kupfer	650	10%ige Schwefelsäure bei 60...80°
Messing	550...600	5 bis 10%ige Schwefelsäure bei 60°
Aluminium	250...300	10%ige Natronlauge bei 50°
Stahl	600...700 oder über 920	erst in 18%iger Schwefelsäure mit 1% Sparbeize, dann in 20%iger Salzsäure mit 1% Sparbeize
Nichtrostender Stahl .	1150...1170	5%ige Schwefelsäure

verlust verbunden und, wie bei Stahl, ziemlich schwierig ist, sucht man seine Entstehung so gut wie möglich zu mindern oder ganz zu verhindern. Dieses ist bei Messing nicht möglich, da Zink bei $\approx 450^\circ$ diffundiert; aber bei Kupfer und Stahl schützt das Einpacken in Späne und die Verhinderung des Luftzutritts in die Glühkisten weitgehend, noch besser aber Glühen in neutraler, d. h. sauerstoffloser Atmosphäre.

Die günstigste Glühbehandlung ist oft nur durch sorgfältige Untersuchung zu gewinnen, die sich auch auf Erwärmungs- und Abkühlgeschwindigkeit erstrecken muß. Diese sind bei Stahl und Neusilber besonders zu beachten. Ob die Glühbehandlung richtig ist, prüft man am besten durch Vergleich der Bildsamkeit mit der des nicht verformten Ziehblechs oder durch Vergleich des Gefügebildes vor der Formgebung und nach dem Glühen.

Die durch die Formgebung entstandenen Spannungen sind oft auch dann nicht erträglich, wenn das Werkstück durch die Formgebung seine Endform bekommen hat. Innere Spannungen begünstigen besonders bei Messing die Einwirkung von anfressenden Einflüssen, vor allem bei großem Korn und in Gegenwart von Ammoniak. Bei dünnem Blech oder starker mechanischer Beanspruchung führen anfressende Einflüsse zur Zerstörung eines Werkstücks. Durch zwei- oder mehrstündige Erwärmung bei $\approx 280^\circ$ lassen sich bei Messing die inneren Spannungen ohne Beeinträchtigung der Festigkeit beseitigen. Man nennt diese Wärmebehandlung „Entspannen“.

IV. Der Entwurf von Ziehwerkzeugen.

L. Die Werkzeugeigenschaften.

35. Werkstoff und Bearbeitung. Die hohe Beanspruchung des Blechs beim Ziehen überträgt sich auf die Werkzeuge, besonders auf die Hauptteile: Niederhalter, Ziehhorn und Ziehring. Die mechanische Beanspruchung ergibt sich zunächst aus der Druckbeanspruchung während der Faltenverhütung, dann aus der Reibung während der Blechbewegung. Diese ist am stärksten an der Ziehkante, über die das Blech von der waagerechten in die senkrechte Richtung gebogen wird.

Hoher Druckbeanspruchung widerstehen Gußeisen und besonders hochwertige, gut härtbare Kohlenstoffstähle sowie legierte Werkzeugstähle. Diese Werkstoffe sind denn auch die Baustoffe der Ziehwerkzeuge. Die Auswahl ist wesentlich bestimmt durch den Werkstoffpreis und hier wiederum nicht durch den Preis an sich, sondern sein Verhältnis zu den Selbstkosten eines Werkstücks. Man wird bei kleinen Werkzeugen und großen Fertigungsmengen sich rascher zu hochwertigem Werkzeugstahl entschließen als bei großen Stücken und kleinen Fertigungsmengen.

Gußeisen bildet für fast alle Werkzeuge den Grundstock als Aufnahme hochwertiger Werkzeugteile. Große Werkzeuge sind meist ganz aus ihm gefertigt. Gußeisen hat gegenüber den Tiefziehblechen aus Stahl wie aus Metall günstige Reibungsverhältnisse. Diese werden durch längere Benützung, die die Oberfläche härtet und deren Poren durch die haftenden Schmiermittel glättet, noch verbessert.

Das Gußeisen muß natürlich dicht, blasenfrei und möglichst hart sein (225 Brinell). Verschiedene Erzeuger haben ihre besonderen Mischungen. Empfohlen wird z. B., dem Gußeisen Stahlspäne bis zu 15% beizumischen, damit eine besonders harte Oberfläche erzielt werde. Da die Härte von außen nach innen abnimmt, soll an den gegossenen Werkzeugen so wenig wie möglich gedreht werden.

Legiertes Gußeisen, z. B. 2,7...3,3% C; 0,5...0,8% Mn; 0,9...1,6% Si; 2,5...3,5% Ni; 0,5...1% Cr; 0,25% P und 0,12% S, von 840...900°C in Öl gehärtet und dann auf 300...350 Brinell angelassen, soll Werkzeuge von besonders großer Verschleißfestigkeit und Lebensdauer geben.

Gegossene Werkzeuge sind im allgemeinen spröde, sie werden daher vorteilhaft mit einem warm aufgezogenen, zähen Stahlring bewehrt und so gegen Bruchgefahr geschützt.

Fertigschlagwerkzeuge, die Formstanzwerkzeuge sind, müssen ganz aus Stahl gefertigt werden. Man wählt entweder einen Einsatzstahl, St C 16.61, oder Kohlenstoffstahl mit etwa 1,1% C oder mit Rücksicht auf die Stoßbeanspruchung besser einen Chromnickelstahl von etwa 0,3...0,5% C, 0,8...1,2% Cr, 3...5% Ni.

Um die Werkstoffkosten zu verringern, setzt man die größeren Werkzeuge aus mehreren Teilen zusammen, ähnlich Abb. 37 u. 38, und fertigt nur die hochbe-

anspruchten Teile aus hochwertigem Stahl, den aufnehmenden Körper aus Grauguß oder S. M.-Stahl.

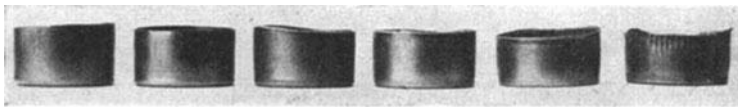
Für die hochbeanspruchten Teile, Schmittring *b*, Ziehring *e*, Niederhalter *a* (zugleich Schnittstempel), eignet sich Kohlenstoffstahl von 0,9...1,1% C, Chromstahl mit 2% C und 12...13% Cr oder Chromwolframstahl. Legierte Stähle verziehen sich weniger beim Härten. (Näheres s. Heft 50: Die Werkzeugstähle.)

Wichtig ist die sorgfältige Oberflächenbearbeitung der der Reibungsbeanspruchung unterworfenen Flächen. Sie müssen nach dem Härten und Anlassen geschliffen, geläppt und möglichst poliert werden. Die Mühe, die für diese Bearbeitung aufgewendet wird, wird durch störungsfreieren Betrieb, gute Werkstücke, höhere Lebensdauer und längere Standzeit belohnt. „Anfressen“ des Ziehblechs ist auf die Dauer nicht zu vermeiden, aber durch die beschriebenen Maßnahmen in erträglichen Grenzen zu halten.

36. Weite der Ziehöffnung. Bei der Umformung des Ziehblechs stauen sich die Kristalle an der Ziehöffnung, solange sich das Ziehblech im Fließzustand befindet. Die Weite *w* der Ziehöffnung ist grundsätzlich = der ursprünglichen Blechdicke *s*. Sie wäre groß genug, wenn kein überschüssiger Stoff vorhanden wäre, sondern nur die Lappen *a'*, *b'*, *c'*, ... (Abb. 1) umbogen werden müßten; wir nennen deshalb die Weite *w* = *s* die theoretische Weite. Wegen der auftretenden Verdickung ist sie zu schmal, schluckt nicht genügend, so daß das Ziehblech an der Ziehöffnung stark auf Dehnung beansprucht wird.

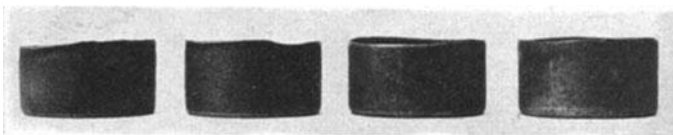
Die Frage drängt sich deshalb auf, ob es nicht ratsam oder gar notwendig ist, zur Vergrößerung der Schluckfähigkeit die Ziehöffnung breiter zu machen, besonders da mit ihr eine erhebliche Verringerung des Ziehwiderstands erreicht würde. Die Möglichkeit nach dieser Richtung eine Lösung zu finden, ist um so größer, als die Blechtafeln, entsprechend den Forderungen der Blechwalzwerke, verhältnismäßig große Dickenunterschiede in sich und gegeneinander aufweisen, bis zu 0,05 mm. Da sich dadurch beim Ziehen praktisch keine Anstände ergeben, ist zu folgern, daß die Weite der Ziehöffnung nicht allzu genau zu sein braucht, sofern eine hohe Genauigkeit nicht durch den Verwendungszweck bedingt ist und eine Sonderausführung verlangt.

Es gilt also, die bei einer gegebenen Blechdicke mögliche obere Weite der Ziehöffnung festzustellen. Abb. 62 a... f zeigen eine Anzahl Gefäße aus Messing, die



a b c d e f
Blechdicke $s = 1,3$ $s = 1,2$ $s = 1,0$ $s = 0,9$ $s = 0,6$ $s = 0,4$ mm
Abb. 62 a... f. Gefäßgüte und Weite der Ziehöffnung für Ms 63.

mit der gleichen Ziehöffnung von der Weite $w = 1,2$ mm, dagegen, wie die Abbildungen angeben, aus verschiedenen dicken Blechen gezogen wurden. Abb. 63 a... d zeigt in derselben Weise gezogene Gefäße aus Eisenblech.



a b c d
Blechdicke $s = 1,2$ $s = 1,0$ $s = 0,8$ $s = 0,6$ mm
Abb. 63 a... d. Gefäßgüte und Weite der Ziehöffnung für Tiefziehblech (Stahl).

Schon bei oberflächlicher Betrachtung zeigt sich, daß tatsächlich eine obere Grenze für die Weite der Ziehöffnung vorhanden sein muß, denn mit abnehmender Blechdicke zeigt sich immer deutlicher eine Veränderung des Wandprofils, die bei Messing in Abb. 62e am klarsten hervortritt. Hinzu kommt noch eine starke Zungenbildung, wie sie früher als Zeichen unrichtigen Blechhalterdrucks vorgezeigt wurde. Hier ist sie aber eine Folge der weiten Ziehöffnung und als solche nicht zu vermeiden; der Ziehstempel pendelt je nach der Ungleichmäßigkeit des Blechs im Ziehring hin und her und erzeugt so die ungleiche Gefäßtiefe. Aber ganz abgesehen von der Zungenbildung ist das Gefäß in Abb. 62e nur in Ausnahmefällen zu gebrauchen.

Die Entstehung der Profiländerung veranschaulichen die Abb. 64a und b. In Abb. 64a verläßt der Flansch die Führung des Faltenhalters. Die Wand des gezogenen Gefäßes verläuft schräg von der Bodenrundung des Stempels zur Rundung des Zieh rings. Da der Flansch durch die Druckbeanspruchung unter dem Blechhalter verhärtet ist, wird er in der weiten Ziehöffnung nicht mehr ganz gerade gestreckt, sondern bleibt abgerundet. Die Wand des Gefäßes wird infolgedessen von der Mitte ab der Öffnung zu gegen die Senkrechte, nach innen, gebogen (Abb. 64b). Wird die Ziehöffnung noch weiter, so entstehen am Rande der Öffnung Falten, wie in Abb. 62f. Das ist dann der Fall, wenn der Flansch die Führung des Faltenhalters so früh verläßt, daß die Weite der Ziehöffnung immer noch eine Durchmesserabnahme bedingt. Eine Verbesserung könnte die Verriegerung des Halbmessers der Zieh kantenrundung bringen durch Verlängerung der Blechführung. Doch entstanden dadurch neue Schwierigkeiten, auf die erst im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

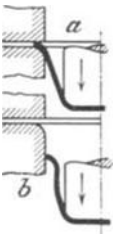


Abb. 64a u. b. Veränderung der Gefäßform bei zu großer Rundung der Zieh kante.
a Flansch verläßt den Faltenhalter, b fertiges Gefäß.

Nach den Abbildungen ist bei Messing, wo sogar nach Abb. 62a eine Weite unter der theoretischen möglich ist, die theoretische $w = s$ zunehmen, wenn man einwandfreie Ziehstücke will, also bei allen Fertigschlagwerkzeugen; während in den Fällen, wo an die Genauigkeit des Wandprofils keine großen Anforderungen gestellt werden, also wenn Weiterschläge oder Streckzüge folgen, die Ziehöffnung über die theoretische hinaus bis auf $w = 1,2s$ verbreitert wird.

Ebenso wie bei Messing sind die Verhältnisse bei Silber, Kupfer und Aluminium.

Bei Eisen sind die Verhältnisse insofern anders, als die Veränderung des Wandprofils später und nicht so stark auftritt. Bei einer Blechdicke von 1,0 mm ist das Profil noch unverändert. Es ist also bei Eisen eine Verbreiterung der Weite über die theoretische hinaus bis auf die Größe $w = 1,2s$ auch für einwandfreie Ziehstücke zulässig, während für Züge, denen Weiterschläge folgen, selbst noch die Weite $w = 1,3s$ bis 1,5s möglich ist.

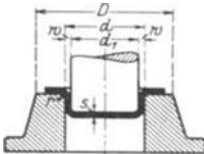


Abb. 65. Weite der Ziehöffnung $w = \frac{1}{2} (d - d_1)$.
 d = Zieh ringdurchmesser,
 d_1 = Ziehstempeldurchmesser,
 s = Blechdicke, w Spaltweite, r Abrundungshalbmesser am Zieh ring.

Die für Eisen gültigen Zugaben gelten ebenso für Stahl und Zink.

Allgemein bestimmt ist der Zieh ringdurchmesser d durch die Gleichung

$$d = d_1 + 2w \quad (\text{s. Abb. 65})$$

oder mit $w = \frac{1}{2} (d - d_1) = s + z$, wo $z \dots$ den Zuschlag zur theoretischen Weite der Ziehöffnung bezeichnet, durch

$$d = d_1 + 2s + 2z.$$

z ist eine veränderliche Größe und wird von den verschiedenen Firmen den Erfahrungen entsprechend mehr oder weniger genau angegeben. Die Firma Schuler

z. B. nimmt $z = 0$ bis $0,2$ mm, wobei die größeren Werte für dickere Bleche und tiefe Züge zu nehmen sind. Anderweitig werden etwas höhere Werte für die Zuschläge empfohlen; sie steigen mit der Blechdicke und sind in der Kurve der Abb. 66 aufgetragen.

Bis jetzt ist ebensowenig die Abhängigkeit des Zuschlags z von der Blechdicke s untersucht worden wie die Abhängigkeit des Zuschlags z von der Metallart. Diese ist aber vorhanden, wie oben für Messing und Eisen nachgewiesen wurde.

37. Die Ziehkantenrundung. Wenn man das Ziehwerkzeug (Abb. 67) betrachtet und sich vergegenwärtigt, daß der Werkstoff in jedem Augenblick während des Zugs über die Ziehkante abgebogen werden muß, dann ist verständlich, daß die Rundung der Ziehkante für die Ziehkraft von entscheidender Bedeutung sein muß; denn es ist leichter, einen Stab über eine Rundung mit großem Halbmesser zu biegen, als über eine Rundung mit kleinem, weil bei dieser die Verformung des Werkstoffs weit größer ist. Danach wäre es das Nächstliegende, die Ziehscheiben über eine Rundung zu ziehen, deren Krümmungshalbmesser r gleich dem halben Unterschied zwischen Ziehringdurchmesser d und dem Ziehscheibendurchmesser D ist. Dieser Unterschied stellt die Breite b des umzuformenden Blechflansches vor, so daß wäre: $r = \frac{1}{2}(D - d) = b$. So macht man auch die Rundung beim Schlagwerkzeug, dem Ziehwerkzeug ohne Faltenverhüter, das so lange angewendet werden kann, wie die beim Ziehen entstehenden Falten (s. Abb. 68) in der Ziehöffnung wieder beseitigt werden, ohne daß durch eine zu starke Erhöhung der Ziehkraft eine Bruchgefahr für das Blech eintritt und ohne daß die Form des Hohlgefäßes, besonders dessen Rand, in unerwünschter Weise verändert wird.

Das geht am besten bei sehr dickem Blech, weil dieses den Veränderungen weniger unterworfen ist als dünnes. Wenn aber Falten während des Ziehens verhütet werden müssen, dann muß die Rundung kleiner sein als die Breite des Ziehflansches. Ja, man kann ohne weiteres sagen, daß die Faltenverhütung und daher die Form des Hohlgefäßes um so besser wird, je größer die Breite ist, auf der die Faltenbildung unmöglich ist (s. Abb. 64); denn immer, wenn der Rand des Ziehflansches auf die Ziehringrundung tritt, wird noch eine — wenn auch unbedeutende — Faltenbildung auftreten (Abb. 68), die erst beim Eintritt in die Ziehöffnung ausgeglichen wird. Demnach wäre die Faltenverhütung am vollkommensten, wenn der Rundungshalbmesser $r = 0$ wäre. Dies hätte aber auf die Ziehkraft den ungünstigsten Einfluß, würde sie so beträchtlich steigern, daß auch der seichteste Zug nicht mehr möglich wäre; mit anderen Worten: bei $r = 0$ tritt Scherwirkung ein, die Ziehscheibe wird einfach durchstoßen, ausgeschnitten.

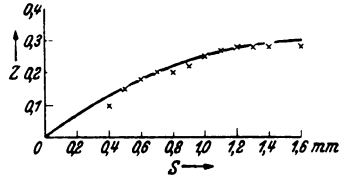


Abb. 66. Weite der Ziehöffnung in Abhängigkeit von der Blechdicke s . Zuschläge z zur normalen Weite w .

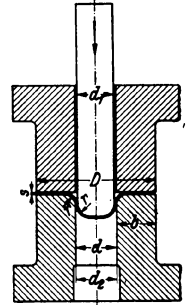


Abb. 67. Ziehkantenrundungshalbmesser. r_1 am Ziehstempel, r_2 am Ziehring.

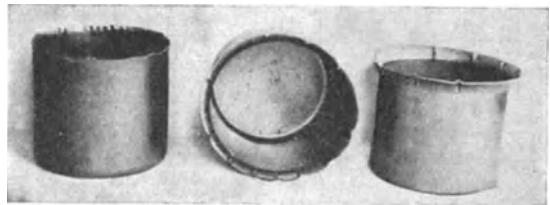


Abb. 68. Einfluß der Rundung, Faltenbildung bei zu großem Rundungshalbmesser.

Den Einfluß der Rundung zeigen unmittelbar die Abb. 69 A, B, C, die ganz klar die Abnahme der Ziehkraft mit zunehmender Rundung für Biegung und Zug, aber auch bei großer Rundung den erneuten Kraftanstieg nahe am Ende des Ziehwegs zeigen, der notwendig ist zum Hochbiegen des Randes, nachdem dieser den Niederhalter verlassen hat.

Die Rundung ist zu klein in Abb. 69 A, weil die Ziehkraft unnötig groß wird, und sie ist schon bedenklich groß in Abb. 69 C, weil die Ziehkraft beim Hochbiegen des Randes höher wird als sie beim Ziehbeginn war.,

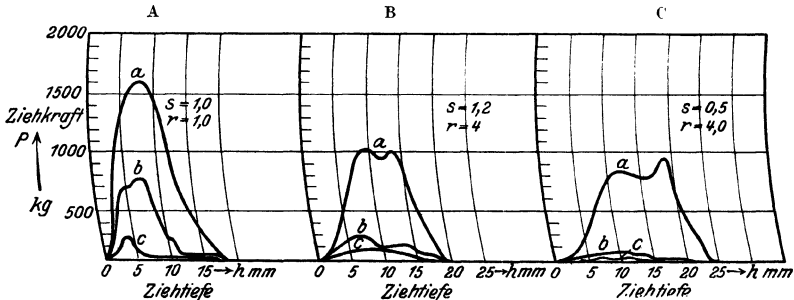


Abb. 69. Ziehkraftänderung durch Veränderung der Ziehkantenrundung. a bei Tiefzug mit Niederhalter, b bei Biegung mit Niederhalter, c bei Biegung ohne Niederhalter.

Es sind also zwei Grenzwerte für die Rundung gefunden, bei denen die Ziehkraft zu groß wird: die kleinste Rundung $r = 0$ und die größte $r = b$. Innerhalb dieser Grenzen muß die für die Ziehkraft günstigste Rundung liegen. Diese zu ermitteln wurde auf die verschiedenste Weise versucht.

Die Rechnung, die Musiol unter Zugrundelegung der Biegebungsbeanspruchung unternommen hat, kann nicht zum Ziele führen, da es sich hier um bildsame Formänderungen handelt, zu deren rechnerischen Behandlung die Grundlagen noch nicht vorhanden sind.

Auch Versuche zur wissenschaftlichen Untersuchung fehlen noch, so daß nur die Faustformeln und Erfahrungen der Praxis als Anhalt gegeben werden können. Eine ganz brauchbare Faustformel ist:

$$r = 2 + 0,01 D \text{ mm.}$$

Sie hat aber den Nachteil, daß sie die Blechdicke nicht berücksichtigt, trotzdem zweifelsohne der Halbmesser r mit der Blechdicke steigen muß.

Dieser Bedingung hat Kaczmarek Rechnung getragen in der von ihm angegebenen Kurventafel, die den Halbmesser r angibt in Abhängigkeit von dem Unterschied zwischen dem Scheibendurchmesser D und dem Durchmesser d der Ziehringbohrung für bestimmte Blechdicken s , also

$$r = f(D - d), \text{ für } s = \text{konst.}$$

Die Kurven geben allerdings nicht immer gute Werte. Es ist z. B. keine Frage, daß die Ziehkante verschieden abgerundet werden muß, wenn die Differenz $(D - d) = 10$ bei einem Stempeldurchmesser von 5 mm und bei einem von 200 mm auftritt. Im ersten Fall liegt eine Stufung vor, die an die Grenze der Ziehmöglichkeit führt, so daß eine lebhaft Faltenbildung zu verhüten ist, im zweiten Fall eine so geringe Abstufung, daß der Zug ohne Faltenbildung möglich ist, das Hohlgefäß also geschlagen werden kann. Zum Schlagen kann aber die Abrundung den größtmöglichen Wert annehmen.

Die Beispiele lehren, daß auch für die Rundung das Bestreben zur Faltenbildung und also der die Faltenbildung verursachende überschüssige Werkstoff

eine wichtige Rolle spielt. Dieser hängt von der Ziehtiefe ab, die bei einem bestimmten Stempeldurchmesser in einem Zug erreicht werden soll; es muß also der Halbmesser r außer von $(D - d)$ auch von der Ziehtiefe h abhängen, so daß

$$r = f[(D - d), h] \text{ ist.}$$

Die Abhängigkeit von h hat Kaczmarek nicht berücksichtigt, und doch sind seine Werte heute die besten.

Nicht unbeachtet gelassen werden darf die Faustformel für die Rundungshalbmesser, die der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen angibt, mit

$$r = 10 \cdot s \text{ für Eisenblech-Tiefziehgüte}$$

und

$$r = 5 \cdot s \text{ für Aluminium, Messing und Kupfer.}$$

Die Formel berücksichtigt neben der Blechdicke die Werkstoffart, was sie den bisher gemachten Angaben gegenüber auszeichnet.

Durch den Vergleich der verschiedenen Angaben wird es immer möglich sein, die für den gewünschten Zweck günstigste Abrundung zu bestimmen, trotzdem die Angaben heute noch ohne Zusammenhang sind.

Den Halbmesser der Stempelkantenrundung macht man nach Möglichkeit ebenso groß wie den der Ziehkantenrundung; er kann aber, sofern es die Form des gewünschten Gegenstands verlangt, aus den früher genannten Gründen erheblich kleiner gewählt werden.

Über die Abrundungen bei Weiterschlagwerkzeugen mit und ohne Faltenhalter gibt die Abb. 70 einen guten Überblick. Daß für die Abschrägung des Stempels bei Anwendung eines Faltenhalters ein Winkel von 38° angegeben wird, während anderwärts ein Winkel von 45° als der beste empfohlen und üblich ist, ist nicht von Belang.

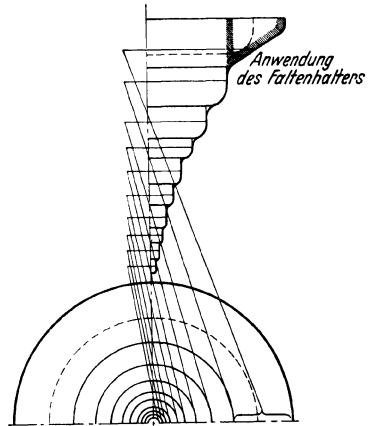


Abb. 70. Stufenübergänge bei einer Folge zylindrischer Züge.

M. Ermittlung des Zuschnitts.

38. Ermittlung des Zuschnitts bei einfachen zylindrischen Hohlgefäßen. Als Grundlage für die Ermittlung des Zuschnitts dient in allen Fällen die Erhaltung des Gewichts G der Ziehscheibe während der Umformung, so daß auch das Gewicht des gezogenen Gefäßes $= G$ ist. Nun ist bei den Erörterungen über die Blechbeanspruchung nachgewiesen worden, daß auch das bezogene (spezifische) Gewicht während der Umformung gleichbleibt. Infolgedessen ist auch das Volumen des gezogenen Gefäßes gleich dem der Blechscheibe V . Nun ist aber:

$$V = F \cdot s = F_1 \cdot s_m, \tag{1}$$

wo bezeichnet:

F die Fläche der Ziehscheibe, s die Blechdicke der Ziehscheibe,
 F_1 die Oberfläche des Ziehstücks, s_m die mittlere Blechdicke des Ziehstücks.

Aus Gl. (1) folgt:

$$F = F_1 \cdot s_m/s \quad \text{oder mit} \quad s_m/s = \alpha \quad F = F_1 \cdot \alpha. \tag{2}$$

α wird kurz mit Dehnungszahl bezeichnet.

Aus Gl. (2) ist der Durchmesser D der Ziehscheibe ohne weiteres zu berechnen,

da $F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ oder $D = \sqrt{4/\pi \cdot F}$ ist.

$$\text{Mit Gl. (2) wird: } D = \sqrt{4/\pi \cdot \alpha \cdot F_1} = \sqrt{x \cdot \sqrt{4/\pi \cdot F_1}}. \tag{3}$$

Wir haben also zwei Werte, deren Kenntnis für die Bestimmung des Zuschnitts erforderlich ist:

1. F_1 die Oberfläche des Ziehstücks,
2. α die Dehnungszahl.

Zunächst wird nur die Ermittlung des Zuschnitts zylindrischer Hohlgefäße besprochen, da die Oberflächen der unregelmäßigen Hohlgefäße zur einfachen Ermittlung ihres Zuschnitts auf Zylindermäntel zurückgeführt werden, wie später gezeigt wird.

Für zylindrische Gefäße wird die Oberfläche F_1 der Gl. (3)

$$F_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} + \pi \cdot d_1 \cdot h = \pi/4 \cdot (d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h), \quad (4)$$

wo d_1 der lichte Durchmesser,

h die lichte Höhe des Hohlzylinders ist.

Mit diesem Wert für F_1 wird aus Gl. (3)

$$D = \sqrt{\alpha \cdot \left[d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h \right]}. \quad (5)$$

Hierin sind d_1 und h bekannt aus der Form des verlangten Gegenstands; α ist unbekannt. Mit der versuchsmäßigen Ermittlung von α hat sich Musiol eingehend befaßt und die Ergebnisse seiner Forschung in dankenswerter Weise der

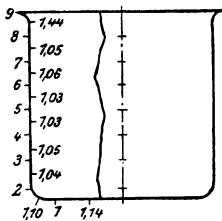


Abb. 71. Veränderung der Blechdicke beim Tiefzug.

Allgemeinheit zugänglich gemacht. Er hat eine große Zahl gezogener Gefäße in gleiche Flächenabschnitte f_1, f_2, f_3 usw. geteilt (Abb. 71) und deren mittlere Blechdicken s_{1m}, s_{2m}, s_{3m} usw. gemessen. Aus diesen einzelnen Blechdicken ergibt sich als arithmetisches Mittel die Größe von s_m und daraus:

$$\alpha = s_m/s.$$

Musiol hat es nicht vermocht, die Ergebnisse seiner Untersuchungen zusammenzufassen und zu ordnen. Deshalb blieb es in der Praxis bei der Annahme $\alpha = 1$, und man rechnete nach wie vor mit

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}. \quad (6)$$

Über die Ursachen, die Musiol an einer völligen Lösung gehindert haben, gibt ein Aufsatz des Verfassers in der Zeitschrift Maschinenbau Aufschluß. Es soll deswegen hier darauf nicht eingegangen, sondern nur die eine falsche Annahme Musiols herausgegriffen werden, α hänge ab von dem Verhältnis d_1/h derart, daß der Wert von α sinke, also die Dehnung des Blechs größer werde, wenn d_1/h größer, also bei gleichem Durchmesser weniger tief gezogen werde, und zwar deshalb, weil dieser Irrtum weite Verbreitung gefunden hat.

Die Widerlegung ist einfach. Wenn, Anschlag vorausgesetzt, mit demselben Stempeldurchmesser verschieden große Scheiben und also verschieden tiefe Gefäße gezogen werden, so wächst die Beanspruchung des Gefäßes mit der Fläche unter dem Faltenhalter, weil der Druck wächst, der zur Erreichung des Fließzustands notwendig ist. Mit der Beanspruchung wächst auch der Ziehwiderstand und die Dehnung des Blechs, verringert sich die mittlere Wanddicke s_m des gezogenen Gefäßes und mit ihr α , da $\alpha = s_m/s$ ist. α ist demnach abhängig von der Beanspruchung, diese ihrerseits von der Neigung zur Faltenbildung und also der Größe der Fläche des überschüssigen Werkstoffs. Übertragen auf das Verhältnis d_1/h ergeben die Überlegungen, daß die Abhängigkeit gerade umgekehrt ist, wie oben angenommen wurde, ja, es ist sogar zu folgern, daß sowohl d_1 als auch h die Dehnungszahl α je für sich beeinflussen.

Es liegt nun nichts näher, als zu suchen, einen Zusammenhang mit einem Wert zu finden, der α in eine Abhängigkeit von h und d bringt. Die absolute Größe der überschüssigen Werkstofffläche bei gleichbleibendem Durchmesser bestimmt h und bestimmt unter der genannten Voraussetzung auch α , wie wir oben gesehen haben. Beziehen wir diese überschüssige Werkstofffläche auf 1 cm des Ziehstempelumfanges, so ist in dieser bezogenen (spezifischen) Werkstofffläche F_s , die von nun ab der Einfachheit halber bezogene Ziehfläche oder Ziehwert genannt wird, auch die Größe des Stempeldurchmessers d_1 enthalten. Es ist:

$$F_s = \frac{(D - d_1)^2}{4 \cdot d_1}. \tag{7}$$

Zur Untersuchung der Abhängigkeit von F_s sind in Zahlentafel 3 Werte für F_s und α angegeben, wie sie sich aus einer größeren Zahl von Ziehversuchen ergeben haben. Dabei ist $w = \frac{1}{2}(d - d_1)$ die Weite der Ziehöffnung, d. h. der halbe Unterschied zwischen Ziehstempeldurchmesser d_1 und dem Ziehringdurchmesser d , s_0 die ursprüngliche Blechdicke. Die übrigen Bezeichnungen sind bekannt.

Zahlentafel 3. Werte der Dehnungszahl und der Ziehwerte.

Nr.	s_0 mm	D mm	d mm	w mm	h mm	s_m mm	α	F_s mm
1	0,485	150	86,5	0,5	38,5	0,497	1,022	11,6
2		160			52	0,457	0,943	15,6
3		174			66	0,442	0,911	22,2
4	0,73	67	52,5	0,7	10	0,738	1,008	1,005
5		82			19	0,7325	0,998	4,15
6		91,3			26	0,722	0,99	7,2
7		103,8			40	0,696	0,954	12,55
8	1,15	62	46	1,2	8	1,146	0,996	1,39
9		72			16	1,132	0,985	3,68
10		82			24	1,121	0,975	7
11	2,02	96	69	2,0	18	2,136	0,975	2,65
12		108			28	2,102	0,962	5,5
13		119			36	2,08	0,95	9,05

Die Werte α der Tafel sind in Abb. 72 in Abhängigkeit von der bezogenen Ziehfläche F_s aufgetragen. Die so entstandene Kurve $\alpha = f(F_s)$ ist eine Gerade mit der Gleichung

$$\alpha = m \cdot F_s + C. \tag{8}$$

In dieser Gleichung wird für reine Biegung, $F_s = 0$, $\alpha = C \approx 1$, d. h. bei reiner Biegung bleibt die ursprüngliche Blechdicke erhalten. Mit $C = 1$ ändert sich Gl. (8) allgemein zu

$$\alpha = m \cdot F_s + 1. \tag{9}$$

Zur Ermittlung des Verlaufs der Geraden genügt also ein einziger Versuchszug; mit ihm sind dann alle Werte von α für bestimmte F_s gegeben, wobei die Eigenschaften des Versuchswerkzeugs und der Versuchspreste zugrunde gelegt sind.

Den Versuchszug nimmt man am vorteilhaftesten mit einem Werkzeug vor, dessen Stempel veränderlich ist, so daß man die Ziehgrenze erreicht und also den für das untersuchte Blech größten Wert von F_s und kleinsten Wert von α ermittelt.

Nachdem so die Gerade bestimmt ist, kann man aus den Gl. (5) und (9) die Kurven ermitteln

für $\alpha = \text{konstant}$: $h = f(d_1)$ (Abb. 73) und
 für $h = \text{konstant}$: $D = f(d_1)$ (Abb. 74).

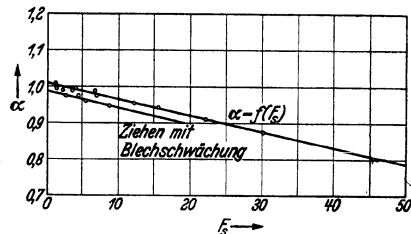


Abb. 72. Blechschwächung in Abhängigkeit von der verdrängten Blechfläche.

Aus jenen ist zu ermitteln, ob das gewünschte Gefäß mit noch zulässiger Dehnungszahl in einem Zug gefertigt werden kann, aus diesem der Zuschnittsdurchmesser zu einem gegebenen Stempeldurchmesser, sofern die Fertigung in einem Zug möglich ist. Zur Ermittlung der Kurven der Abb. 73 und 74 wurde in Gl. (11) der Wert $m = -0,455$ eingesetzt, der sich aus der Gl. (11) mit den Werten der Zahlentafel 1 ergibt.

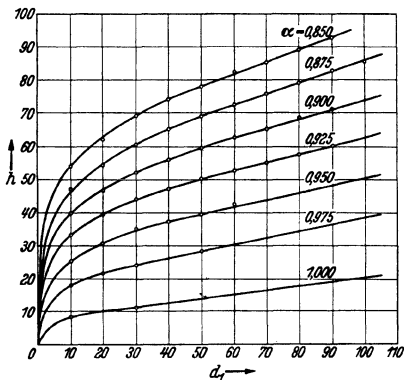


Abb. 73. Zusammenhang zwischen Gefäßdurchmesser d , Ziehtiefe h und Blechdehnung $\alpha = f(d, h)$.

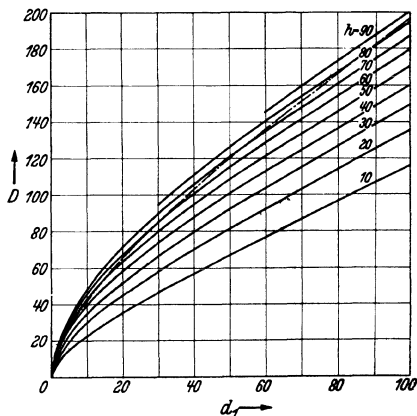


Abb. 74. Zusammenhang von Scheibendurchmesser D und Gefäßdurchmesser d bei gleichbleibender Ziehtiefe h . Kurven $D = f(d)$ für $h = \text{konst.}$

Will man die Kurven der Abb. 73 und 74 nicht aufzeichnen, weil man es vorzieht, von Fall zu Fall rechnerisch vorzugehen, dann ist zunächst $\alpha = 1$ anzunehmen und mit diesem Wert nach Gl. (5) der angenäherte Scheibendurchmesser D' zu errechnen zu $D' = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$. Mit D' wird dann aus Gl. (7) die angenäherte bezogene Ziehfläche ermittelt zu

$$F_s = \frac{(D' - d_1)^2}{4 \cdot d_1}$$

und mit diesem Wert von F_s mit Gl. (8), da die Größe von m durch den r -versuchszug bekannt ist,

$$\alpha = m \cdot F_s + 1.$$

Das so ermittelte α ermöglicht die Korrektur des Zuschnittsdurchmessers D nach der Gleichung $D = \sqrt{\alpha} \cdot D'$. Diese Rechnungsweise kann zu ganz wesentlicher Blechersparnis führen, wie Abb. 75 zeigt. Hier sind $a-a$ und $b-b$ die Grundrißlinien des zu ziehenden Gefäßes, dessen Zuschnitt nach $c-c$ durch Versuche ermittelt worden war. Der Zuschnitt $c-c$ ergab einen durch Schraffur bezeichneten unötigen und ungleich breiten Blechrand, der abgeschnitten und zum Abfall geworfen werden muß. Ganz kann der Blechrand wegen der Verschiedenheit der Rundungen nicht beseitigt werden, aber mit Berücksichtigung der Blechschwächung hätte doch die Linie $e-e$ für den Zuschnitt gefunden und die zwischen $c-c$ und $e-e$ liegende, durch Schraffur bezeichnete Fläche gespart werden können. Die Rechnung bewährte sich später bei einem ähnlichen Hohlkörper glänzend, wodurch Versuche und Abfall auf ein Mindestmaß beschränkt werden konnten¹.

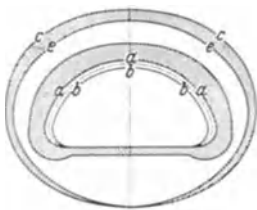


Abb. 75. Berücksichtigung der Blechdehnung ermöglicht genauere Zuschnittsberechnung.

¹ Für die Blechdehnung wichtig, wenn auch hier nicht besonders behandelt, ist die Größe des Halbmessers der Ziehkantenrundung.

Die Berücksichtigung der Blechdehnung bei der Zuschnittsermittlung ist bisher nur für den Anschlag durchgeführt worden, der zugleich Fertigschlag ist. Die Möglichkeit ihrer Anwendung für Weiterschläge ist damit aber auch gegeben, sofern bei Werkstücken, die in einer größeren Zahl von Zügen erstellt werden müssen, eine Blechdehnung auftritt. Nach den von Musiol veröffentlichten Werten ist eine Blechschwächung bei mehr als einem Ziehgang nicht vorhanden. Deshalb kann für die Errechnung des Zuschnitts von Hohlgefäßen, die zur Erstellung mehr als einen Ziehgang brauchen, solange kein anderer Nachweis erbracht ist, mit Recht $\alpha = 1$ genommen und der Zuschnittsdurchmesser nach der Gleichung

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h} \quad (11)$$

errechnet werden.

39. Zuschnittsermittlung bei ungleicher Wanddicke. In Sonderfällen ist der Zuschnitt nicht nach Gl. (5) oder (11) zu errechnen, z. B. nicht, wenn die Wanddicke nach Abb. 76 absichtlich dünner werden soll als die Bodendicke. In diesem Fall geht man von der Volumengleichheit vor und nach der Umformung aus.

Allgemein gilt, daß die Blechdicke s gleich der größten beim Ziehstück vorkommenden Wanddicke sein soll, die immer die Bodendicke sein muß, denn der Boden kann in Weiterschlägen nicht geschwächt werden. Damit wird mit $V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s$,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot s}} \quad (12)$$

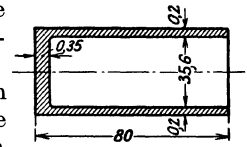


Abb. 76. Hohlgefäß mit geschwächter Wanddicke.

Die Frage der Zuschnittsermittlung löst sich damit auf in die Bestimmung der Oberfläche des zu ziehenden Gefäßes. Ist dessen Form unregelmäßig und also das rechnerische Vorgehen erschwert, so greift man vorteilhaft zum Wiegeverfahren nach dem Archimedes-Grundsatz. Zu diesem Zweck muß ein Muster des gewünschten Arbeitsstücks vorhanden sein. Dieses hängt man an den einen Arm einer Waage, die austariert wird. Alsdann wird das Gefäß ins Wasser getaucht, wo es einen Auftrieb erleidet: es scheint leichter um das Gewicht der verdrängten Wassermenge. Dieses Gewicht wird durch die Waage festgestellt und, da das bezogene Gewicht des Wassers gleich 1 ist, gibt seine Größe in Gramm das Volumen des Ziehstücks in Kubikzentimeter an.

Ist die Form des Ziehstücks einfach, wie in Abb. 76, kommt man rechnerisch rascher zum Ziel; denn für Abb. 76 gilt mit der Wanddicke s_1 und der Bodendicke s und also auch mit $V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_1^2 \cdot s + \pi \cdot d_1 \cdot h \cdot s_1$

nach Gl. (12):
$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h \cdot s_1 / s} \quad (13)$$

Mit den Zahlenwerten der Abb. 76 ergibt sich aus Gl. (13)

$$D = \sqrt{3,56^2 + 4 \cdot 3,56 \cdot 8 \cdot 0,2 / 0,35} = \sqrt{77,65} \text{ cm} \quad \text{oder} \quad D = 8,8 \text{ cm} = 88 \text{ mm}.$$

40. Zuschnittsermittlung bei verjüngten Gefäßen. Hier kann man ebenso wie im eben besprochenen Fall nach dem Wiegeverfahren mit Gl. (12) arbeiten, doch dürfte man auch hier rechnerisch schneller zum Ziele kommen, entweder durch sinngemäße Anwendung der Mantelformel des Kegelstumpfes oder dadurch, daß man den kegelförmigen Mantel auf einen Zylindermantel zurückführt mit dem mittleren Durchmesser d_{1m} zwischen dem des Bodens d_1 und dem der Öffnung d_1' , so daß $d_{1m} = \frac{1}{2} (d_1 + d_1')$. Die Tiefe des Zylinders h wird gleich der Länge der Mantellinie l des Kegelstumpfes, also: $h = l$. Zur Ermittlung des Zuschnitts sind nun die beiden Flächen vorhanden, die Bodenfläche des Kegelstumpfes von der Größe

Die dem Bogen entsprechende Kraft ist $I = \sum t_n$, der Größe nach; sie geht durch den Schwerpunkt S parallel zur Achse $a-a$.

Die Kraft 2 , die der Bodenerzeugenden entspricht, ist der Größe nach = Strecke ab und geht parallel l durch den Mittelpunkt von ab .

Bei beliebigen Kurven (Abb. 80), bei denen man einen Näherungskreis nicht mit genügender Genauigkeit ziehen kann, hat man keinen Anhalt für den Schwerpunkt. Man teilt die Kurve daher von vornherein in eine Anzahl kleiner, aber gleich großer Teile, $t_1, t_2 \dots t \dots t_n$, die als Gerade zu betrachten sind. Die Schwerpunkte $m_1, m_2 \dots m_n$ von geraden Strecken sind als deren Mittelpunkte bekannt, so daß auch die Schwerpunktschabmesser $r^I, r^{II} \dots r^n$ der einzelnen Teile gegeben sind. Aus diesen ergibt sich der Schwerpunktschabmesser der Kurve, da alle Teile t gleich groß sind, aus

$$r_{pm} = 1/n (r^I, r^{II} \dots r^n),$$

während die Länge der Kurve als Summe der geraden Teile $t_1, t_2 \dots t_n$ erhalten wird.

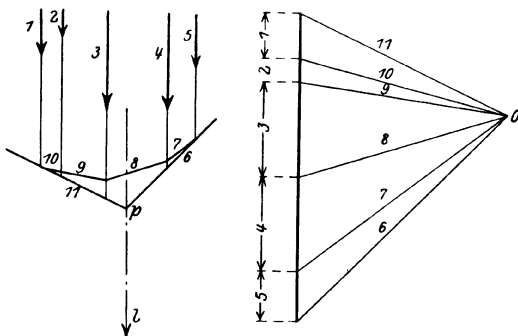


Abb. 81. Erweiterung der zeichnerischen Ermittlung von einem Anstoß (Absatz) in der Form für beliebig viele Anstöße.

Bei Abb. 80 ist auch der Zugschnittsdurchmesser noch einmal zeichnerisch ermittelt. Da die Bezeichnungen dieselben sind wie in Abb. 78, erübrigt sich eine besondere Erklärung.

Bis jetzt wurden nur Fälle behandelt, bei denen das Hohlgefäß einmal abgesetzt war. Wenn das Hohlgefäß mehrmals abgesetzt ist, treten mehrere Kräfte auf. Abb. 81 zeigt, wie für 5 Kräfte die Resultierende nach dem Seileckverfahren bestimmt wird. Von den 5 Kräften

zu einer beliebig großen Zahl überzugehen, dürfte nunmehr keine Schwierigkeiten mehr machen.

Damit sind die Grundlagen geschaffen für die Zuschnittsermittlung beliebig geformter Umdrehungskörper. Der nächste Schritt führt zu beliebig geformten Hohlkörpern, die nicht Umdrehungskörper sind.

42. Ermittlung des Zuschnitts beliebig geformter Hohlkörper mit zwei Symmetrieachsen. Der einfachste Hohlkörper dieser Art hat den rechteckigen Querschnitt, d. h. von Ecken im eigentlichen Sinn kann man nicht reden, sondern nur von Kreisen mit größeren und kleineren Halbmessern. Der Mantel der sog. rechteckigen Hohlkörper ist also zusammengesetzt aus ebenen Flächen und Teilen eines Zylindermantels. Die ebenen Flächen ihrerseits sind zu betrachten als Mantelteile eines Zylinders mit dem Halbmesser $r_1 = \infty$. Für einen solchen ist $F_s = 0$, d. h. bei der Umformung dieser Scheibe in einen Zylinder ist kein überschüssiger Werkstoff vorhanden, also auch keine Dehnung, so daß $\alpha = 1$. Ein rechteckiger Hohlkörper ist mit dieser Voraussetzung ein Hohlkörper, dessen Mantel aus Mantelabschnitten von Zylindern mit verschiedenen großen Durchmesser r_1 zwischen $r_1 = 0$ bis $r_1 = \infty$ zusammengesetzt ist. Bei dem einen Grenzfall $r_1 = 0$ schrumpft der Kreis zum Mittelpunkt zusammen und führt auf scharfe Kanten. Der Grenzfall $r_1 = \infty$ entspricht geraden Flächen und reiner Biegung. In Abb. 82 ist ein Viertel des Grundrisses eines rechteckigen Hohlkörpers durch den Linienzug $abcd$ und den Mittellinien m_1m_1 und m_2m_2

gegeben; die zu ziehende Höhe ist h . Zur Bestimmung des Zuschnitts haben wir nach den obigen Feststellungen über die Strecken $ab = l$ und $cd = m$ ebene Flächen zu biegen von der Größe $l \cdot h$ bzw. $m \cdot h$, während über den Viertelkreis bc ein Zylinder zu formen ist mit dem Mittelpunkt o und dem Durchmesser $d_1 = 2 \cdot r_1$. Für diesen Zylinder wird der Zuschnittsdurchmesser $D = 2R$ mit Berücksichtigung der Blechdehnung berechnet. Damit ist die Zuschnittsfläche durch den Linienzug $efghik$ gegeben. Es leuchtet aber ohne weiteres ein, daß der schroffe Übergang von den Rechtecksflächen zu dem Kreis, also von f nach g und von h nach i nicht zugelassen werden kann, sondern daß ein allmählicher Übergang gesucht werden muß. Dabei ist darauf zu achten, daß der Übergang die Zuschnittsfläche F unverändert läßt; der Übergang kann nach Abb. 83 A durch einen Kreisbogen K oder nach Abb. 83 B durch eine Parallele P zu fi erfolgen. Die Parallele ist zu bevorzugen, weil die dadurch geschaffene ebene Übergangsfläche einfacher und rascher zu bearbeiten ist.

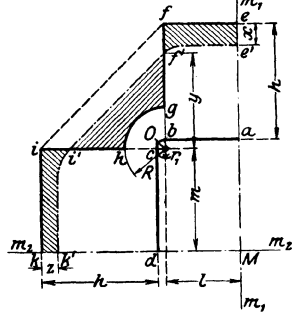


Abb. 82. Zuschnittsberechnung für Hohlgefäße mit rechteckigem Boden (rechteckiger Hohlgefäße).

In jeder Beziehung der einfachste Übergang wäre die Strecke fi selbst. Für diesen Fall muß sein :

$$D^2/16 = \frac{1}{2} (h + r_1)^2 \quad \text{oder mit} \quad \pi D^2/16 = 0 \quad \text{und} \quad \frac{1}{2} (h + r_1)^2 = J \quad (17)$$

$$0 = J.$$

Die Gl. (17) stellt ein Kennzeichen dar, da, wenn sie erfüllt, den Seitenflächen weder etwas hinzugefügt noch etwas genommen werden muß. Wenn $0 > J$, liegt die Parallele zu fi außerhalb Dreieck ofi , dann muß den Seitenflächen zu dem ermittelten Zuschnitt eine bestimmte Werkstofffläche (Abb. 83 B) hinzugefügt, und wenn $0 < J$, liegt die Parallele zu fi innerhalb Dreieck ofi , dann muß von den Seitenflächen eine bestimmte Werkstofffläche (Abb. 82) abgeschnitten werden; diese muß von der Ziehscheibe des Zylinders weggenommen bzw. zu ihr hinzugefügt werden. Diese Größe ist jeweils zu errechnen aus der Differenz $J - 0 = f$.

Ist $f = 0$, heißt es: Strecke fi ziehen, ist f positiv: Seitenflächen vergrößern und ist f negativ: Seitenflächen verkleinern!

Es ist nun zu untersuchen, wie die Fläche f zu verteilen ist. Da, wie schon oben gesagt, die Zunahme bzw. Abnahme der Seitenflächen ebenso groß sein muß wie die Abnahme bzw. die Zunahme der Ziehscheibe des Zylinders, muß die Ausgleichfläche gleich $f/2$ sein.

Wenn der Kreisbogen, der die Größe der Ziehscheibe des Zylinders angibt, die Strecke fi schneidet, dann ist die ausgleichende Fläche so klein, daß man den Ausgleich am besten und einfachsten schätzt oder, sofern Koordinatenpapier vorhanden, durch Abzählen der Quadrate vornimmt. Ist der Scheibendurchmesser sehr klein, wie in Abb. 82, so daß die ausgleichende Fläche sehr groß ist, dann muß man die Rechnung weiterführen. Zunächst wird die Größe der Ausgleichfläche f bestimmt; es ist

$$f = \frac{1}{2} (h + r_1)^2 - \pi/16 \cdot D^2.$$

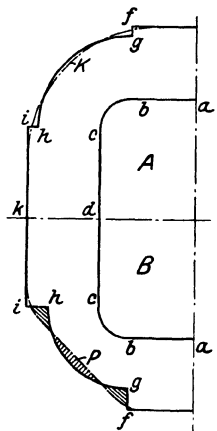


Abb. 83. Übergänge an den Zuschnittsecken für rechteckige Hohlgefäße.

Daraus sind die Abschnitte $Of' = y$ und $Oi' = y$ zu bestimmen, die die Parallele zu fi auf den Strecken Of und Oi abschneidet, da

$$\frac{1}{2} \cdot y^2 = \frac{1}{2} \cdot f + \pi/16 \cdot D^2, \quad y^2 = f + \pi/8 \cdot D^2.$$

Mit dem obigen Wert von f wird $y^2 = \frac{1}{2} \cdot (h + r_1)^2 - \pi/16 \cdot D^2 + \pi/8 \cdot D^2$ oder

$$= \frac{1}{2} \cdot (h + r_1)^2 + \pi/16 \cdot D^2$$

und $y = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (h + r_1)^2 + \pi/16 \cdot D^2}$.

Mit den Werten: $h = 40 \text{ mm}$ (Abb. 84), $r_1 = 3 \text{ mm}$, $D = 2R = 28 \text{ mm}$

wird $y = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (4 + 0,3)^2 + \pi/16 \cdot 2,8^2} = 3,3 \text{ cm} = 33 \text{ mm}$.

Eine so große Fläche wie hier, wo $f = 7,76 \text{ cm}^2$, kann an den Seitenflächen nur durch Verringerung der Höhe h ausgeglichen werden. Dazu soll auf der schmalen Fläche die Höhe um x , auf der breiten um y gekürzt werden, und zwar derart, daß die Flächenstücke, um die die Seitenflächen gekürzt werden, gleich sind, also

$$l \cdot x = m \cdot y \quad \text{oder} \quad x = b/a \cdot y;$$

dann muß aber auch $2 \cdot b \cdot y = \frac{1}{2} \cdot f$ oder $y = f/4b$ sein.

Mit den Werten der Abb. 84 wird

$$y = 7,76/14,0 = 0,56 \text{ cm}. \quad x = 3,5/2,5 \cdot 0,56 = 0,78 \text{ cm}.$$

Es wäre auch eine andere Verteilung der auszugleichenden Fläche auf die Seitenflächen möglich, als sie eben vorgenommen wurde; es ist aber vorteilhaft, von der schmalen Fläche ebensoviel wegzuschneiden wie von der breiten, denn die Beobachtung der Ziehstücke zeigt, daß an den schmalen Seitenflächen der Werkstoff sehr langsam nach innen gezogen wird, weil diese Fläche noch sehr stark von der Verdickung in den Ecken in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Verdickung wirkt sich nach den Seiten aus, mit der Entfernung von den Ecken in der Dicke abnehmend.

Das Gefäß der Abb. 84 ist wirklich ausgeführt worden; der Zuschnitt wurde jedoch ohne Rechnung durch Versuche bestimmt. Der Linienzug, der durch die Versuche ermittelt wurde, stimmt mit großer Annäherung mit dem errechneten überein, nur die schmale Seitenfläche wurde, allerdings zum Nachteile, bei der praktischen Ausführung größer gemacht. Wie gut die Rechnung mit dem Versuchswert übereinstimmt, zeigt der Vergleich der errechneten und der versuchsweise ermittelten Zuschnittsfläche, F_{er} bzw. F_{ver} . Es ist

$$F_{er} = 25,45 \text{ cm}^2, \quad F_{ver} = 26,1 \text{ cm}^2.$$

Der Unterschied ist $0,5 \text{ cm}^2 \approx 2\%$, eine durchaus hinreichende Genauigkeit.

Das Hohlgefäß der Abb. 84 wurde aus $0,8 \text{ mm}$ Messingdruckblech gezogen und stellt wohl das äußerste vor, was von einem Ziehblech und noch mehr von einem Werkzeug verlangt werden kann. Tatsächlich ist das Werkzeug auch in den Ecken wiederholt gesprungen.

Es dürfte deswegen nicht unwesentlich sein, die Änderung der Wanddicken an Hand von Abb. 84 in Zahlentafel 4 bekanntzugeben. Aus den in dieser Tafel enthaltenen Werten ist die Dehnungsziffer für den Zylinder zu errechnen zu: $\alpha = 0,86$. Auch die Seitenflächen erfahren dicht am Boden eine starke Schwächung und damit eine Dehnung. Dies ist nur natürlich, denn sie werden, wie die Verteilung der Zuschnittsfläche zeigt, bei der Umformung stark in Mitleidenschaft gezogen. Der Werkstoff, der an den Ecken zu viel ist, muß nach den Seitenflächen abwandern. Diese Abwanderung ist ohne Stauchwirkung und Verdickung, die

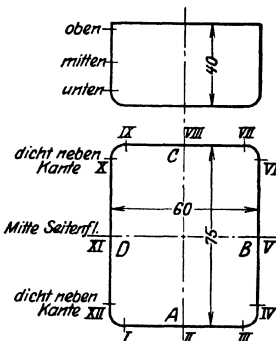


Abb. 84. Änderung der Blechdicke beim Ziehen rechteckiger Hohlgefäße.

ihrerseits wieder Anlaß gibt zu einer Blechbeanspruchung auf Dehnung, nicht möglich. Infolge der Verdickung wird die Blechdicke des Flansches unter dem Faltenhalter auf 0,97...1,04 mm erhöht, wenn das Gefäß zur Hälfte in die Matrize gezogen ist.

Um die Gefahr des Reißens des Blechs und des Werkzeugs beim Ziehen der Ecken zu verringern, wird bei Werkzeugen für rechteckige Hohlkörper die Ziehöffnung an den Ecken nicht selten weiter gemacht als die Ziehöffnung an den Seitenflächen, dadurch, daß man die Kante des Ziehstempels stärker abrundet. Das Ziehen wird überdies erleichtert durch Aussparung am Blechhalter für die Verdickung des Zylinderflansches an den Ecken, wodurch der Faltenhalterdruck gleichmäßig über den ganzen Flansch verteilt werden soll.

Dieses Verfahren dürfte jedoch nicht sehr zweckmäßig sein: denn einmal ist es gut, daß der Faltenhalterdruck da am stärksten ist, wo die Verdickung am größten ist, zum andern ist es sehr schwierig, die Arbeit gut auszuführen, und endlich werden durch die Nachhilfen die Werkzeugverhältnisse geändert und damit die Rechnungsgrundlagen unbrauchbar, ohne daß ein nennenswerter Vorteil gewonnen wird.

Etwas anderes ist es, den Faltenhalter so auszubilden, daß seine Festhaltefläche nicht parallel zu der des Ziehrings, sondern nach außen abgeschrägt ist, also innen mehr, stärker hält. Dies hat den Vorteil, daß die Möglichkeit der Faltenbildung verringert wird, weil der Fließzustand dicht an der Ziehöffnung verbessert wird. Diese Ausbildung ist für alle Werkzeuge möglich und wird immer angewandt, wenn man sich vor der schwierigeren Herstellung nicht scheut. Der Unterschied der Abschrägung darf von außen nach innen nicht mehr als 0,03...0,1 mm betragen, je nach der Stärke der auftretenden Faltenbildung.

Die Rundung der Ziehstempelkante des gezogenen Gefäßes hat den Halbmesser $r' = 4$ mm; trotzdem dieser Halbmesser ziemlich klein ist, wird der Boden in den Ecken auf 0,65...0,60 mm geschwächt.

Die Zuschnittermittlung rechteckiger Hohlkörper entspricht durchaus der Zuschnittermittlung beliebiger Hohlkörper. Diese werden, wie die rechteckigen, in bekannte einfache Formen zerlegt, für die einzelnen die Zuschnittflächen in bekannter Weise ermittelt werden. Alsdann werden die Zuschnittkurven der einzelnen Körper stetig ineinander übergeführt, ohne daß die Gesamtgröße der errechneten Zuschnittfläche eine Änderung erfährt. Die Berechtigung der getrennten Behandlung ist durch das Beispiel des rechteckigen Hohlkörpers trefflich erwiesen.

N. Die Abstufung der Züge.

43. Die Abstufung bei zylindrischen Hohlkörpern. Neben der Zuschnittermittlung ist die richtige Stufung der Züge die Hauptaufgabe des Ziehwerkzeugbaues. Zuschnitt- und Stufungsberechnung bedingen zusammen die Wirtschaftlichkeit der Zieharbeiten.

Trotz der hervorragenden Stellung, die die Ziehtechnik in wichtigen Zweigen der Industrie einnimmt, haben sich die Vertreter der Wissenschaft nur wenig

Zahlentafel 4. Wanddicken des Gefäßes Abb. 84.

		oben	mitten	unten
A	I. dicht neben Kante	0,90	0,85	0,26
	II. Seitenflächenmitte	1,00	0,97	0,40
	III. dicht neben Kante	1,04	1,00	0,35
B	IV. dicht neben Kante	0,90	0,88	0,34
	V. Seitenflächenmitte	1,02	0,95	0,41
	VI. dicht neben Kante	1,00	0,95	0,33
C	VII. dicht neben Kante	0,96	0,92	0,29
	VIII. Seitenflächenmitte	0,98	0,97	0,40
	IX. dicht neben Kante	1,02	0,98	0,27
D	X. dicht neben Kante	0,92	0,37	0,29
	XI. Seitenflächenmitte	0,95	0,43	0,36
	XII. dicht neben Kante	0,98	0,43	0,30

Zahlentafel 5. Übersicht über die gebräuchlichen Abstufungszahlen m (in %).

	Anschlag			Weiterschlag			
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	$d_1 = (m/100) \cdot D$			$d_n = (m/100) \cdot d_{n-1}$			
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Eisen- und Stahlblech (Tiefziehqualität)	60	60	56	$56 + 0,02 \cdot D$ desgl.	$56 + 0,016 \cdot D$	85	80
bis 2 mm	60	60	56	desgl.	—	85	83
über 2 mm	60	60	50	desgl.	—	85	83
Messing, Tombak, Kupfer, Silber	60	60	52	desgl.	—	85	83
bis 2 mm	60	60	55/60	desgl.	—	85	80
über 2 mm	60	60	55/60	desgl.	—	85	83
Aluminium	60	60	70/75	—	—	—	91
Zink	—	—	—	—	—	—	—

1. Ing. Wildner, Leipzig; Anz. Berg, Hütten- u. Masch.-Wes. 1922 19. Januar.

2. Ing. Kaczmarek; Die moderne Stanzerlei, Abb. 8.

3. L. Schuler, Göppingen.

4. Deutscher Ausschuß für technisches Schulwesen.

5. Ing. Musiol.

6. Ing. Kaczmarek.

7. Werkst.-Techn. 1912 S. 341; Machinery 1924 12. Juni.

mit ihr befaßt, so daß selbst über ihre Grundlage heute noch die verschiedensten Ansichten verbreitet sind. Eine Übersicht über diese gibt Zahlentafel 5 als eine Sammlung von Erfahrungswerten, deren Brauchbarkeit erwiesen ist. Unter diesen sind 4 Gruppen zu unterscheiden: die erste Gruppe gibt ganz bestimmte, für alle Bleche und alle Scheibendurchmesser gleichermaßen gültige Werte, die zweite Gruppe gibt ebenfalls gleichbleibende Werte, unterscheidet aber zwischen 2 Blechdicken, die dritte Gruppe gibt für verschiedene Blecharten verschiedene Abstufungen, und die vierte Gruppe endlich gibt mit wachsendem Durchmesser der Ziehscheibe abnehmende Stufen.

Sicher hat jede der Gruppen bestimmte Erfahrungen berücksichtigt, woraus zu schließen ist, daß die erste Gruppe ihre Abstufungszahl m so hoch genommen hat, daß sie für alle Fälle gilt und als oberer Grenzwert der Abstufungszahl anzusehen ist, daß nach der zweiten Gruppe die Abstufungszahl mit zunehmender Blechdicke abnimmt und nach der dritten Gruppe von der Werkstoffart abhängig ist und daß endlich nach der vierten Gruppe die Abstufungszahl wächst mit der Zunahme des Ziehscheibendurchmessers.

Eine einwandfreie Untersuchung über die zahlenmäßigen Zusammenhänge ist nicht vorhanden, jedoch ist so viel sicher, daß bei Scheiben mit einem Durchmesser von weniger als 100 mm im Anschlag eine erheblich größere Abstufung möglich ist, als in der Zahlentafel 5 angegeben ist. Die Abstufungszahl kann abnehmen bis $m = 40$, ja sogar bis $m = 30$. Für den Fall des rechteckigen Hohlkörpers ist sie für den Zylinder sogar nur $m = 23$. Hierauf sei ausdrücklich hingewiesen, um eine sinngemäße und befriede-

digende Anwendung der Zahlentafel 5 und eine möglichst wirtschaftliche Arbeitsstufung zu ermöglichen.

Diese hängt allerdings zu einem großen Teil ab von den Nebenkosten, vor allem den erforderlichen Glühungen, die für Eisen z. B. mindestens je 5 Stunden erfordern. Nach Wildner ist eine Einschränkung des Glühens mit Bezug auf gleiche Durchmesserabnahme möglich durch Verkleinerung der Stufen. Inwiefern die Angaben Wildners richtig sind, kann hier nicht untersucht werden, es stehen ihnen aber andere gegenüber, nach denen für einen bestimmten Werkstoff die Glühung unabhängig von der Zahl der Abstufungen und allein abhängig von der Größe der Durchmesserabnahme erscheint.

Mit Spalte 2 der Zahlentafel 5 werden die Ziehdurchmesser für den ersten, zweiten, usw., n ten Ziehgang, $d_1, d_2, \text{ usw.}, d_n$, für Eisen: $d_1 = 0,6D$; $d_2 = 0,8d_1$; $d_3 = 0,8d_2 = 0,8^2d_1$; usw.; $d_n = 0,8d_{n-1} = 0,8^{n-1} \cdot d_1$ und mit Spalte 5 für Eisen: $d_1 = 0,56 + 0,016D$; $d_2 = 0,72 + 0,02d_1$; $d_3 = 0,72 + 0,02d_2$; usw.; $d_n = 0,72 + 0,02d_{n-1}$.

Die Abstufung für den Anschlag darf auch dann nicht wesentlich über die angegebenen Werte hinaus vergrößert werden, wenn die Ziehtiefe gering ist, das Gefäß also nur wenig in den Ziehring gezogen wird, weil die Faltenbildung zu stark würde und deshalb der Faltenhalterdruck so groß sein müßte, daß das Blech einfach durchstoßen würde. So ist es nicht möglich, aus einer Scheibe vom Durchmesser $D = 200$ mm einen Zylinder mit dem Durchmesser $d_1 = 75$ mm und der Höhe $h = 10$ mm in einem Ziehgang fertigzustellen, sondern es sind 3 Ziehgänge nötig mit den Durchmessern $d_1 = 110$ mm, $d_2 = 85$ mm und $d_3 = 75$ mm. Sollte es nicht genügen, im ersten Ziehgang nur so viel Werkstoff in die Matrize zu ziehen, wie zur Ausbildung des gewünschten Gefäßes erforderlich ist, so muß der Flansch nach dem letzten Ziehgang wieder gestreckt werden.

Für die Zahl der Glühungen sind bestimmte Anhaltspunkte nicht zu geben. Wenn man die Stufen möglichst groß nimmt, wird man nach jedem Ziehgang glühen müssen. Man wird aber doch immer versuchen, den folgenden Ziehgang ohne Zwischenglühung auszuführen. Wenn dies ohne unzulässig viel Ausschub nicht möglich ist, muß zuvor geglüht werden.

Erwähnenswert sind auch die Angaben des Ingenieurs Blume über die Vornahme der Abstufung. Nach ihm bleibt die bezogene Ziehfläche (Ziehwert): $F_s = \frac{(D-d_1)^2}{4 \cdot d_1}$ für den Anschlag oder $F_s' = \frac{(d_1-d_2)^2}{4 \cdot d_2}$ für den Weiterschlag gleich für alle Durchmesser D, d_1, \dots, d_n , so daß $d_1 = 2 \cdot F_s + D - \sqrt{4 \cdot F_s (F_s + D)}$ für den Anschlag und entsprechend $d_2 = 2 \cdot F_s' + d_1 - \sqrt{4 \cdot F_s' (F_s' + d_1)}$ für den Weiterschlag.

Wenn man den Ziehwert F_s , worunter hier die größte bezogene Ziehfläche zu verstehen ist, für einen bestimmten Werkstoff einmal ermittelt hat, so sind die größtmöglichen Abstufungen für alle Scheibendurchmesser gegeben. Blume hat aber selbst gesehen, daß für Scheibendurchmesser unter 100 mm mit gleichbleibendem Ziehwert nicht gerechnet werden kann, und es ist auch sicher, sofern die Frage ohne große Versuche überhaupt entschieden werden kann, daß der Ziehwert auch für größere Scheibendurchmesser nicht gleichbleibt, sondern mit dem Durchmesser steigt. Auch dann ist noch eine ganz einfache Ermittlung der Ziehwerte und mit ihnen der Abstufungen für alle Durchmesser möglich. Die Angaben Blumes schließen sich an die Zahlentafel 5 insofern an, als die Stufen mit wachsendem Scheibendurchmesser kleiner werden; sie unterscheiden sich von der Zahlentafel 5, weil die Verringerung der Stufen viel stärker ist. Dies zeigt ein Vergleich der Stufen nach Musiol,

Zahlentafel 6.

D mm	Nach Musiol		Nach Blume	
	d ₁ mm	m %	d ₁ mm	m %
500	320	64	370	74
400	250	62,5	283	70,8
300	185	61,5	202	67,5
200	120	60	124	62
100	58	59	50	50

die in Zahlentafel 6 denen von Blume gegenübergestellt sind.

Musiol geht in Wirklichkeit noch einen Schritt weiter, als in der Zahlentafel 5 angegeben ist, denn er bringt die Größe der Stufen noch in Abhängigkeit von der Stufenzahl. So ist die Abstufungszahl für den zweiten Weiterschlag eine andere als für den ersten. Außerdem gehen die Abstufungszahlen derart ineinander über, daß der größte Wert

des einen Ziehgangs gleich ist dem kleinsten des folgenden. Es ist die Abstufungszahl m

für den Anschlag: $m = (56 + 0,016 \cdot D)$ bis $(63 + 0,02 \cdot D)$,

für den ersten Weiterschlag: $m = (63 \div 0,02 \cdot d_1)$ bis $(72 + 0,02 \cdot d_1)$,

für den zweiten Weiterschlag: $m = (72 \div 0,02 \cdot d_2)$ bis $(80 + 0,02 \cdot d_2)$.

In der Richtung, von Musiol beeinflusst, aber im übrigen durchaus selbständig hat Dr.-Ing. Hans Brasch gearbeitet.

In einer großen Reihe von Versuchen stellt er fest, daß

1. die Abstufungszahl $m = d_n/d_{n-1} \cdot 100$, das Verhältnis des neuen Ziehdurchmessers zum vorhergehenden, sich immer mehr dem Wert 100 nähert,

2. das Verhältnis h_n/d_n linear abhängig ist von der Zahl der Ziehgänge und

3. das Produkt $d_n \cdot h_n$, Ziehdurchmesser · Ziehtiefe, durch alle aufeinanderfolgenden Abstufungen gleichbleibt.

Da für den Scheibendurchmesser Ziehgang 0, $d_n : h_n = 0$, und für den Endzug $d_n : h_n$ mit der Form des verlangten Hohlkörpers und aus den Angaben Braschs in Abb. 85 die notwendige Zahl

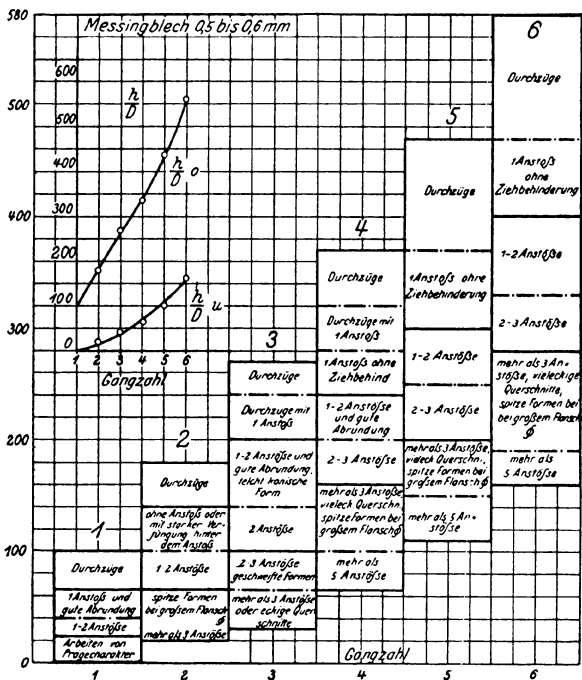


Abb. 85. Beeinflussung der Stufungsmöglichkeit durch die Zahl der Anstöße.

der Ziehgänge bekannt ist, läßt sich die Gerade ermitteln, die die Abhängigkeit der Stufen von den Ziehängen darstellt und mit ihr die Größe der Verhältnisse $h_n : d_n$ für alle Ziehgänge.

Aus der Form des Gefäßes ist aber auch das Produkt

$$d_n \cdot h_n = a$$

bekannt. Dieses bleibt durch alle Ziehgänge gleich, so daß

$$d_1 h_1 = d_2 h_2 = \dots = d_n h_n = a$$

und mit $h_1/d_1 = b_1, h_2/d_2 = b_2, \dots$ usw., $h_n/d_n = b_n$,
 die Ziehtiefen h_1, h_2 zu errechnen sind aus

$$d_1 h_1 \cdot h_1/d_1 = a \cdot b_1 \text{ oder } h_1^2 = a \cdot b_1 \text{ und } h_1 = \sqrt{a \cdot b_1};$$

ebenso $h_2 = \sqrt{a \cdot b_2}$ usw., $h_n = \sqrt{a \cdot b_n}$;

und die Ziehdurchmesser d_1, d_2 usw. aus $d_1 = a/h_1$ zu:

$$d_1 = \sqrt{a/b_1}, \quad d_2 = \sqrt{a/b_2} \text{ usw.}, \quad d_n = \sqrt{a/b_n}.$$

Für ein zylindrisches Gefäß mit $h = 580$ mm, $d = 100$ mm und $h/d \cdot 100 = 580$, zu dessen Erstellung nach Abb. 85 sechs Ziehgänge erforderlich sind, ist $h \cdot d = a = 58000$. Nach Ermittlung der Geraden (Abb. 86), die im vorliegenden Fall mit der Geraden der maximalen Verhältnisse h_n/d_n (Abb. 85) zusammenfällt, erhält man die den einzelnen Ziehgängen entsprechenden Werte h_n/d_n und mit diesen aus den obigen Gleichungen die Werte für h_n und d_n , die mit den Werten der Abstufungszahlen in Zahlentafel 7 eingetragen sind.

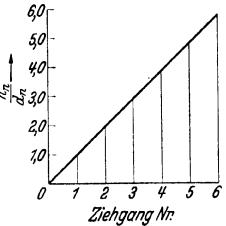


Abb. 86. Einstellung der Ziehstufen.

Die Werte, die Brasch für die Abstufungszahlen m für Messingblech angibt (Zahlentafel 8), stimmen mit den Angaben von Schuler, die als Mittelwerte zu betrachten sind, gut überein.

Der Vollständigkeit halber seien noch englische Angaben genannt, die den Rahmen der bisherigen verlassen. Nach ihnen sollen die Abstufungszahlen m folgende Werte annehmen: 66, 78, 76, 74, 65, 60, 59, 54 %.

Die Abstufung wird vom dritten Zug ab wieder erheblich größer, und trotzdem soll nur nach jedem zweiten oder dritten Ziehgang gegläht werden müssen.

Zahlentafel 7.

Ziehgang	$\frac{h_n}{d_n}$	d_n mm	h_n mm	m %
0	0	580	0	0
1	0,95	249	234	50
2	1,95	173	336	70
3	2,90	142	410	82
4	3,90	122	475	86
5	4,85	109	530	89
6	5,80	100	580	91

Zahlentafel 8.

Ziehgang	Abstufungszahl	
	$m = \frac{d_n}{d_1} 100$	$m = \frac{d_n - 1}{d_n} 100$
1	45 bis 54	45 bis 54
2	64 „ 74	64 „ 74
3	54 „ 61	825 „ 84
4	43 „ 52	85 „ 80
5	40 „ 46	885 „ 93
6	372 „ 41	89 „ 93

Aus den bisherigen Ausführungen über die Abstufungen geht hervor, daß reichlich Erfahrungen vorhanden sind, daß aber die wichtigste Grundlage fehlt, die Festlegung der Grenzen für die Größe der Stufen unter ganz bestimmten Verhältnissen, in einer Weise, aus der die Abhängigkeit von den sie bestimmenden Umständen ersichtlich ist:

1. Werkstoff des Bleches,
2. Blechdicke,
3. Werkstoff des Werkzeugs (Gußeisen oder Stahl),
4. Werkzeugweite,
5. Abrundungen,
6. Ziehgeschwindigkeit,
 - a) beim Ziehbeginn,
 - b) im Mittel,
7. Schmierung.

Bevor nicht alle diese Punkte einzeln gründlich behandelt und ihre Einflüsse der Bedeutung nach festgestellt sind, wird über die Ziehverhältnisse keine endgültige und befriedigende Klarheit zu erhalten sein.

44. Abstufung beim Ziehen mit Blechschwächung. Das Ziehen eines Gefäßes aus 0,35 mm dickem Messingblech, dessen Wand genau zylindrisch werden und

die bestimmte Dicke von 0,2 mm erhalten soll, ist ein Sonderfall. Das Gefäß (Abb. 76), dessen Zuschnitt früher ermittelt wurde, ist mit den Stufen zu erstellen, die Zahlentafel 9 angibt. Daraus ist zu sehen, daß mit dem Beginn der Blech-

Zahlentafel 9.

Ziehgang	Stempel-Durchm. d_n mm	Matrizen-Durchm. d mm	Wandstärke s mm	Abnahme der Wandstärke mm	Abstufungs-zahl m %
0	90		0,35		
1	48	48,7	0,35		53
2	44	44,7	0,35		91
3	40	40,6	0,30	0,05	92
4	37,5	38	0,25	0,05	94
5	35,6	36	0,20	0,05	95

schwächung die Stufen sehr viel kleiner zu nehmen sind als beim Ziehen ohne Blechschwächung.

Die Abstufungszahl hat ungefähr die Größe $m = 90$. Die Blechschwächung beträgt in einem Ziehgang 15 bis 20% der Blechdicke.

Kaczmarek behandelt eine ähnliche Aufgabe für 4 mm dickes Eisenblech, beginnt aber mit der Blechschwächung schon beim ersten Zug. Als zulässige Blechschwächung gibt er an 25% der Blechdicke für den Anschlag und 30% für die Weiterschläge.

45. Abstufung bei kegeligen Gefäßen. Als Ergänzung zur Zuschnittsermittlung sind in Zahlentafel 10 die Stufen angegeben, die zur Erstellung des kegeligen Hohlgefäßes der Abb. 77 aus 0,8 mm dickem Messingblech führen. Dabei ist aber nicht die seinerzeit ermittelte Scheibe vom Durchmesser $D = 245$ mm zugrunde gelegt, sondern eine Scheibe vom Durchmesser $D = 280$ mm, weil am fertigen Stück ein Flansch gewünscht wurde, der diesen Größenunterschied bedingt.

Ziehgang	Stempel durchm. d_n mm	Abstufungs-zahl m %
0	280	0
1	170	61
2	130	76
3	110	77
4	80	80
5	60	75
6	40	67
7	32	80 Formzug

Der letzte Zug ist ein Formzug. Die Durchmesserabnahme ist nur noch gering, der Hauptzweck ist die Streckung der Stufen. Die Art der Vornahme ist eigentümlich für sämtliche Ziehgegenstände, die einen Formzug erfordern, denn das Blech wird, wenigstens in

dem Teil, der schon in die Matrize gezogen wurde, durch den Formzug nur noch auf Dehnung beansprucht, so daß Falten auf keinen Fall mehr auftreten können. Die Beanspruchung des Blechs auf Dehnung muß aber immer innerhalb der erlaubten Grenzen bleiben und ist daher mitbestimmend für die Größe der Stufen.

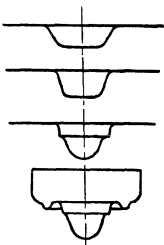


Abb. 87. Sonderform, die die Ausbildung des inneren Teils des Hohlgefäßes vor dem äußeren verlängert.

46. Die Abstufung unregelmäßig geformter Umdrehungskörper.

Hierüber ist nur die schon erwähnte Arbeit des Dr.-Ing. Hans Brasch vorhanden. In ihr kommt Brasch zu folgenden Ergebnissen:

1. je verwickelter die Endform eines Ziehgegenstands ist, desto mehr Züge sind zu ihrer Ausbildung erforderlich,
2. von großem Vorteil ist es, die Endform in zwei Teile zu teilen, einen inneren und einen äußeren, und zuerst den inneren Teil und dann den äußeren Teil zu ziehen (Abb. 87),
3. den geringsten Gleitwiderstand bilden gerade, schräge und senkrechte Ziehflächen; Bauchungen dürfen erst zum Schluß ausgebildet werden (Abb. 88 und 89),
4. bei jedem Ziehgang ist so viel Werkstoff in die Matrize zu

ziehen, als die Ausbildung der weiteren Stufen erfordert, ein Zuwenig verursacht Risse, ein Zuviel dagegen Falten,

5. die Endform wird durch Fertigschlagwerkzeuge hergestellt, die die Bauchungen, Anstöße, Winkel, Kurven usw. ausbilden. Die Durchmesserabnahme in Fertigschlagwerkzeugen ist nur noch gering.

Die Auswertung der Untersuchungen ist in Abb. 85 zusammengefaßt. Sie gibt für die verschiedensten Gefäßformen und Verhältnisse $h_n:d_n$ die erforderliche Zahl der Ziehgänge. Bei der Anwendung der Abb. 85 ist zu beachten, daß bei der Bestimmung des Verhältnisses $h_n:d_n$ eines gegebenen Gefäßes immer der kleinste Ziehdurchmesser, aber die Gesamthöhe genommen wird.

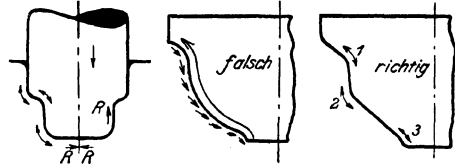


Abb. 88 u. 89. Bei Ziehstufen die Übergänge richtig wählen. Reibungswiderstände klein halten. RR und Pfeile geben gefährdete Stellen an.

Daher sei die Durchführung der Anwendung für das Gefäß der Abb. 90 gezeigt, obwohl sie im übrigen der für das zylindrische Gefäß entspricht.

Die Höhe ist $h = 70$ mm, der Durchmesser $d = 30$ mm, so daß $h/d \cdot 100 = 238$. Da das Gefäß 2 Anstöße hat, sind nach Abb. 85 zur Erstellung 4 Ziehgänge notwendig. Zunächst wird der Ziehscheibendurchmesser zu $D = 118$ mm berechnet mit der Annahme, die Fläche der Ziehscheibe werde in 4 Zügen um 15% vergrößert. Dann wird die Stufungsgerade ermittelt (Abb. 91). Nach ihr ergeben sich für die Ziehgänge 1, 2, 3, 4 die Verhältnisse $h_1/d_1 = 0,6$, $h_2/d_2 = 1,17$, $h_3/d_3 = 1,75$, $h_4/d_4 = 2,33$, und mit $d \cdot h = 2100$ mm² die Durchmesser $d_1 = 59$ mm, $d_2 = 42,4$ mm, $d_3 = 34,6$ mm, $d_4 = 30$ mm sowie die Höhen $h_1 = 35,5$ mm, $h_2 = 49,5$ mm, $h_3 = 60,5$ mm, $h_4 = 70$ mm. Die Werte sind in Abb. 91 eingetragen; die Kurven, durch die sie zu verbinden sind, zeigen die eigenartige Zungenform aller Ziehkurven

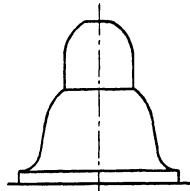


Abb. 90. Ziehbeispiel.

$$\begin{aligned} h_n/d_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}), \\ h_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}), \\ d_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}). \end{aligned}$$

Bei den Werkzeugen werden die Durchmesser, wie früher besprochen, durch Schrägen von 45° ineinander übergeführt. Dadurch entstehen die Ziehstufen der Abb. 92.

Die Berechnung der Ziehwerkzeuge nach Brasch ermöglicht eine einheitliche Behandlung aller Fälle und entspricht so durchaus auch wissenschaftlichen Anforderungen. Allerdings hat Brasch seine Untersuchungen auf Messingblech von der Dicke 0,5...0,6 mm beschränkt, so daß auch die Ergebnisse strenggenommen nur für dieses Blech gelten, doch ist eine sinngemäße Anwendung wohl auch für andere Dicken von Messingblech und selbst für andere Werkstoffe zulässig, wenn man die Stufungszahl dem fraglichen Werkstoff entsprechend größer, die Stufen also kleiner wählt.

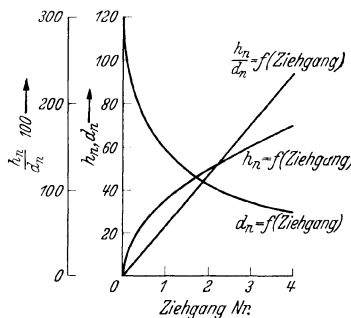


Abb. 91. Ziehkurven für das Ziehbeispiel Abb. 90.

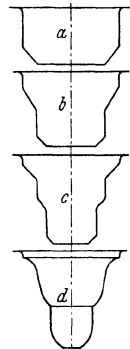


Abb. 92. Ziehstufen für das Ziehbeispiel Abb. 90.

47. Die Abstufung beliebig geformter Hohlkörper mit zwei Symmetrieachsen. Wie bei der Zuschnittsermittlung, so sind auch bei der Stufung diese Körper als solche zu betrachten, die aus Teilen von Umdrehungskörpern zusammengesetzt sind, für die die Stufung nach dem Vorausgegangenen leicht zu ermitteln ist. Maßgebend für die Gesamtzahl der Ziehgänge ist die größte Zahl der Ziehgänge, die zur Erstellung eines Teilkörpers erforderlich ist.

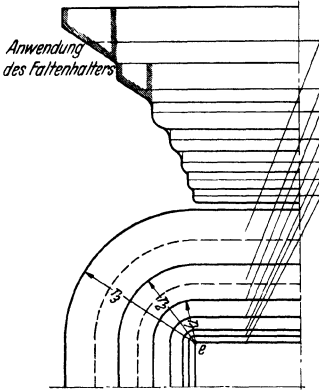


Abb. 93. Ziehstufen für rechteckige Hohlgefäße.

Im besonderen hat man es bei rechteckigen Hohlkörpern mit solchen zu tun, die aus Teilen von zylindrischen Umdrehungskörpern zusammengesetzt sind. Für die Zahl der Ziehgänge ist die Zahl bestimmend, die zur Erstellung des Zylinders mit dem kleinsten Durchmesser führt. Dieser entspricht den Ecken des rechteckigen Hohlkörpers, so daß sich als Abstufungsbild die Abb. 93 ergibt.

O. Normung und Verwaltung der Ziehwerkzeuge.

48. Normung der Ausführung. Die Normung ist nach verschiedenen Gesichtspunkten anzustreben. Zunächst ist zum allgemein wirtschaftlichen Nutzen der zweckmäßigste Werkzeugaufbau und die günstigste Werkstoffwahl für die am häufigsten vorkommenden Ziehaufgaben festzulegen. In dieser Hinsicht wurde vom AWF durch Veröffentlichung seiner Normblätter in den letzten Jahren wertvolle Arbeit geleistet.

Die Normblätter sind nicht nur dort nützlich, wo die abgebildete Bauweise schematisch angewendet werden kann, sondern sie sind geeignet, jeden bildungshungrigen Werkzeugkonstrukteur zu schulen, da die Entwürfe nicht nur als Ganzes, sondern auch in allen Einzelteilen die einfachste und zweckmäßigste Bauweise wiedergeben. Sie lösen eine Aufgabe nicht nur technisch, sondern auch weitgehend praktisch, d. h. betriebssicher.

49. Normung des Einbaus. Die für die Erledigung eines Auftrags notwendige Zeit ist bei spanloser Formung zumeist gering, da die Arbeitsgeschwindigkeit der Pressen sehr groß ist. Infolgedessen sind die Pressen häufig umzustellen. Die hierfür erforderlichen Zeiten beeinflussen aber den Ausnutzungsgrad der Pressen um so stärker, je länger sie sind. Ihre Abkürzung ist daher anzustreben. Es ist das Verdienst Kaczmareks, die hierzu geeigneten Maßnahmen für den Werkzeugbau aufgezeigt zu haben, nämlich eine Normalisierung der Einbauhöhe h der Ziehwerkzeuge. Diese ist bestimmt durch die größte erreichbare Ziehtiefe. Ziehringe und Niederhalter sind auf wenige bestimmte Größen festzulegen und können, nahezu völlig bearbeitet,

auf Vorrat gehalten werden. Mit geeigneten Zwischenstücken (Fröschen) an Niederhalter und Ziehring wird die vorgeschriebene Bauhöhe erreicht. Abb. 94 zeigt ein einfaches Werkzeug zum Ziehen großer, in besonderem Arbeitsgang geschnittener Scheiben. Durch Auswechslung der Zwischenstücke (Frösche) ist es auf den verschiedensten Pressen zu verwenden.

Eine etwas andere Bauart zeigt Abb. 95 für ein vereinigttes Schneid- und Ziehwerkzeug. Zwischenring (Reduziererring) und Zwischenstück (Frosch) werden genormt, so daß Ziehring, Schnitttring, Spannring und Niederhalter ausgewechselt werden können. Sind die Gewinde der bei den verschiedenen Pressen verbleibenden

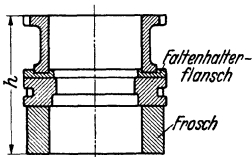


Abb. 94. Ziehwerkzeug mit austauschbaren Einzelteilen bei festgelegter Werkzeughöhe.

Zwischenringe gleich, dann ist es möglich, auch die Werkzeuge nach Abb. 95 auf jeder Presse zu verwerten. Ist für die Pressen noch ein Paßstück für den Ziehdom vorhanden (Abb. 96), dann ist die Austauschmöglichkeit der Werkzeuge umfassend, zum Vorteil einer einfachen Maschinenwahl und einer günstigen Maschinenausnutzung.

50. Verwaltung der Ziehwerkzeuge. In den Werkzeugen liegt ein großer Teil der Anlagewerte einer Metallwarenfabrik; eine gute Verwaltung erhält diese Werte, eine schlechte verschleudert sie. Gute Verwaltung ist nur möglich bei einem richtigen Verständnis für den hohen Arbeitswert, der für die Werkzeugfertigung aufgewendet worden ist. Dieses Verständnis ist am ehesten bei einem Facharbeiter vorauszusetzen, der selber Werkzeugmacher ist und mit den Werkzeugen umzugehen hat. Nur einem solchen sollte daher die Verwaltung eines Werkzeuglagers übertragen werden. Zur Lagerverwaltung gehört die regelmäßige Prüfung der Arbeitsgüte der Werkzeuge und ihre Wiederherstellung, wo sie verlorengegangen ist. Die Prüfung wird wesentlich erleichtert, wenn man den Werkzeugen bei der Rücklieferung ins Lager das zuletzt gefertigte Werkstück mitgibt.

Dieses Vorgehen ermöglicht eine fast unmittelbar wirkende Erziehung der Maschinenarbeiter durch den Lagerverwalter als Fachmann. Diese Erziehungsarbeit wird gefördert durch die Abgabe der Werkzeuge gegen Kontrollmarken. Diese Maßnahme stärkt das Verantwortungsgefühl der Werkzeugbenützer, die sich Vorwürfe oder gar die Gefahr der Schadenersatzleistung ersparen wollen.

Zur richtigen Verwaltung von Ziehwerkzeugen gehört selbstverständlich auch sinnvolle Ordnung nach Nummern und Verwendungszweck. Das rasche Auffinden verlangter Werkzeuge, auch ohne die Gedächtniskünste erfahrener Mitarbeiter, wird wesentlich begünstigt, wenn die reine Benummerung ergänzt wird durch eine Einteilung nach Ziehscheibendurchmesser oder noch besser nach Ziehdurchmesser. Darüber hinaus ist für jedes Werkzeug eine Werkzeugkarte (AWF) anzulegen, in der nicht nur die Hauptmaße und wichtige Beobachtungen bei der Fertigung und beim Ausproben einzutragen sind, sondern auch Fehler und ihre Ursachen, Kosten von Ausbesserungsarbeiten, gefertigte Arbeitsmengen sowie Hinweise auf zugehörige Werkzeuge.

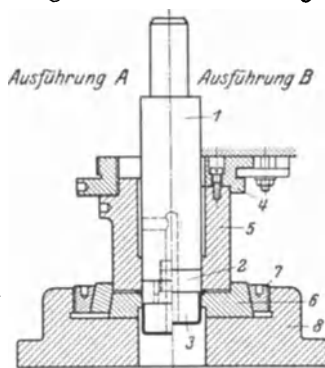


Abb. 95. Verbundwerkzeug für Schnelnden und Ziehen mit austauschbaren Einzelteilen. 1 Ziehdom-Aufnahme, 2 Schnittstempel, 3 Ziehdom, 4 Niederhalter-Aufnahme (Zwischenring), 5 Niederhalter, 6 Schnitttring, gleichzeitig Ziehtring, 7 Spannring = Reduziererring, 8 Grundplatte (Gehäuse).

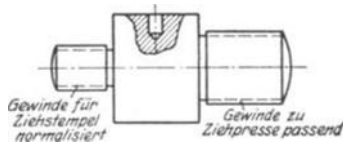


Abb. 96. Gewinde-Paßstück.

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER

Bisher sind erschienen: (Fortsetzung):

- Heft 32: Die Brennstoffe.**
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 33: Der Vorrichtungsbau.**
1. Teil: Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze.
Von Fritz Grünhagen.
- Heft 34: Werkstoffprüfung. (Metalle). 2. Aufl.**
Von Prof. Dr. Ing. P. Riebensahm und Dr.-Ing. L. Traeger.
- Heft 35: Der Vorrichtungsbau. 2. Teil:**
Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen. Typische Einzelvorrichtungen.
Von Fritz Grünhagen.
- Heft 36: Das Einrichten von Halbautomaten.**
Von J. van Himbergen, A. Bleckmann, A. Waßmuth.
- Heft 37: Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei.**
Von Fr. und Fe. Brobeck.
- Heft 38: Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau.** Von Ing. Arno Dori.
- Heft 39: Die Herstellung roher Schrauben.**
1. Teil: Anstauchen der Köpfe.
Von Ing. Jos. Berger.
- Heft 40: Das Sägen der Metalle.**
Von Dipl.-Ing. H. Hollaender.
- Heft 41: Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle).** Von Dr.-Ing. A. Peter.
- Heft 42: Der Vorrichtungsbau. 3. Teil:**
Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen.
Von Fritz Grünhagen.
- Heft 43: Das Lichtbogenschweißen.**
Von Dipl.-Ing. Ernst Klosse.
- Heft 44: Stanztechnik. 1. Teil: Schnitttechnik.**
Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.
- Heft 45: Nichteisenmetalle. 1. Teil: Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß.**
Von Dr.-Ing. R. Hinzmann.
- Heft 46: Feilen.**
Von Dr.-Ing. Bertold Buxbaum.
- Heft 47: Zahnräder.**
1. Teil: Aufzeichnen und Berechnen.
Von Dr.-Ing. Georg Karrass.
- Heft 48: Öl im Betrieb.**
Von Dr.-Ing. Karl Krekeler.
- Heft 49: Farbspritzen.**
Von Obering. Rud. Klose.
- Heft 50: Die Werkzeugstähle.**
Von Ing.-Chem. Hugo Herbers.
- Heft 51: Spannen im Maschinenbau.**
Von Ing. A. Klautke.
- Heft 52: Technisches Rechnen.**
Von Dr. phil. V. Happach.
- Heft 53: Nichteisenmetalle. 2. Teil: Leichtmetalle.** Von Dr.-Ing. R. Hinzmann.
- Heft 54: Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine.**
Von Dipl.-Ing. Otto Weidling.
- Heft 55: Die Getriebe der Werkzeugmaschinen. 1. Teil: Aufbau der Getriebe für Drehbewegungen.**
Von Dipl.-Ing. Hans Rögnitz.
- Heft 56: Freiformschmiede.**
3. Teil: Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede. 2. Aufl. (7.—12. Tausend.)
Von H. Stodt.
- Heft 57: Stanztechnik.**
2. Teil: Die Bauteile des Schnittes.
Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.
- Heft 58: Gesenkschmiede. 2. Teil: Einrichtung und Betrieb der Gesenkschmieden.**
Von Ing. H. Kaessberg.

In Vorbereitung bzw. unter der Presse befinden sich:

- Gesenkschmiede III.** Von Ing. Kaessberg.
Stanztechnik III. Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.
Stanztechnik IV. Von Dr.-Ing. Walter Sellin.
Zerspanbarkeit der Werkstoffe. Von Dr.-Ing. K. Krekeler.
Hartmetalle in der Werkstatt. Von Ing. F. W. Leier.