

WERKSTATTBÜCHER

HERAUSGEBER H.HAAKE

HEFT 44

E. KRABBE

STANZTECHNIK

I. TEIL

ZWEITE AUFLAGE



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. H. HAAKE VDI

Jedes Heft 50—70 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

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.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten

I. Werkstoffe, Hilfsstoffe, Hilfsverfahren

	Heft
Das Gußeisen. 2. Aufl. Von Chr. Gilles	19
Einwandfreier Formguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	30
Stahl- und Temperguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	24
Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Von K. Krekeler	75
Die Werkzeugstähle. Von H. Herbers	50
Nichteisenmetalle I (Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß). Von R. Hinzmann	45
Nichteisenmetalle II (Leichtmetalle). Von R. Hinzmann	53
Härten und Vergüten des Stahles. 4. Aufl. Von H. Herbers	7
Die Praxis der Warmbehandlung des Stahles. 4. Aufl. Von P. Klostermann	8
Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von O. Wundram	69
Die Brennstoffe. Von E. Kothny	32
Öl im Betrieb. Von K. Krekeler	48
Farbspritzen. Von R. Klose	49
Rezepte für die Werkstatt. 3. Aufl. Von F. Spitzer	9
Furniere — Sperrholz — Schichtholz I. Von J. Bittner	76
Furniere — Sperrholz — Schichtholz II. Von L. Klotz	77

II. Spangebende Formung

Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe. Von K. Krekeler	61
Hartmetalle in der Werkstatt. Von F. W. Leier	62
Gewindeschneiden. 3. Aufl. Von O. M. Müller	1
Wechselräderberechnung für Drehbänke. 4. Aufl. Von G. Knappe	4
Bohren. 2. Aufl. Von J. Dinnebier und H. J. Stoewer	15
Senken und Reiben. 2. Aufl. Von J. Dinnebier	16
Räumen. Von L. Knoll	26
Außenräumen. Von A. Schatz	80
Das Sägen der Metalle. Von H. Hollaender	40
Die Fräser. 2. Aufl. Von P. Zieting und E. Brödner	22
Das Einrichten von Automaten I (Die Automaten System Spencer und Brown & Sharpe). Von K. Sachse	21
Das Einrichten von Automaten II (Die Automaten System Gridley [Einspindel] und Cleveland und die Offenbacher Automaten). Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil	23
Das Einrichten von Automaten III (Die Mehrspindel-Automaten, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe). Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil	27
Das Einrichten von Halbautomaten. Von J. v. Himbergen, A. Bleckmann, A. Wassmuth	36
Die wirtschaftliche Verwendung von Einspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	81
Die wirtschaftliche Verwendung von Mehrspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	71
Werkzeugeinrichtungen auf Einspindelautomaten. Von F. Petzoldt. (Im Druck)	83
Maschinen und Werkzeuge für die spangebende Holzbearbeitung. Von H. Wichmann	78

(Fortsetzung 3. Umschlagseite)

WERKSTATTBÜCHER
FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 44

Stanztechnik

Erster Teil

Schnittechnik

Technologie des Schneidens

Überblick über die zugehörigen Maschinen

Von

Dipl.-Ing. Erich Krabbe VDI

Dortmund

Zweite, verbesserte Auflage

(7. bis 12. Tausend)

Mit 139 Abbildungen
und 2 Tabellen im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1940

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	3
I. Die Grundlagen des Schneidens.	3
A. Der Schnittvorgang	3
1. Die einfache Schneide S. 4. — 2. Das Kräftespiel bei zwei Schneiden S. 4. —	
3. Verhalten des Werkstoffes bei der Beanspruchung durch diese Kräfte S. 5. —	
4. Der Schnitt mit Scherschräge S. 6. — 5. Verhalten des Werkstoffes vor der	
Scherschräge S. 7. — 6. Der Lochvorgang S. 7. — 7. Gegenseitige Beein-	
flussung von Schneidenwirkungen nach anderen Gesetzmäßigkeiten S. 8.	
B. Reibung beim Schnitt	9
8. Ursache der Reibung S. 9. — 9. Zuschärfen der Schneiden S. 10. — 10. Be-	
deutung des Freiwinkels S. 10. — 11. Spiel zwischen den Schneiden S. 10.	
C. Über die Schnittgeschwindigkeit	12
12. Hubzahl als Geschwindigkeitsmaß S. 12. — 13. Mittlere Schnittgeschwindig-	
keit S. 12. — 14. Ergebnis der bisher vorliegenden Versuche S. 13. — 15. Auf-	
prallgeschwindigkeit S. 13.	
D. Untersuchung von Schnittdiagrammen	14
16. Das ideale Scherdiagramm S. 14. — 17. Kupfer S. 14. — 18. Stahl St. 42.11	
S. 16. — 19. Pappe S. 17. — 20. Leder S. 17. — 21. Filz S. 18.	
II. Folgerungen aus dem Schnittvorgang	18
A. Für den zu bearbeitenden Werkstoff	18
22. Die verschiedenen Phasen des Trennungsablaufs S. 18. — 23. Einfluß des	
Fließens auf das Aussehen der Trennfläche S. 19. — 24. Begrenzung der	
Werkstoffdicke S. 19. — 25. Dauerbruchgefahr S. 20. — 26. Gefügeänderung	
beim Schneiden S. 20. — 27. Gratbildung infolge Fließens S. 21. — 28. Ver-	
ziehungen und Verbiegungen am Werkstoff S. 21. — 29. Vermeidung von Bie-	
gungserscheinungen am Streifenrand S. 21. — 30. Einfluß der Werkstoff-Federung	
auf die Maßhaltigkeit S. 24. — 31. Die Möglichkeit des Schneidens hängt von der	
Eigenart des Werkstoffes ab S. 24. — 32. Durchschneiden mehrerer Lagen S. 25.	
33. Einfluß ausgeprägter Festigkeitsrichtungen im Werkstoff S. 25.	
B. Für die Schneiden	26
34. Der Kraftbedarf S. 26. — 35. Der Leistungsbedarf S. 27. — 36. Anforde-	
rungen an den Werkstoff der Schneiden hinsichtlich Festigkeit und Zähigkeit	
S. 27. — 37. Härte der Schneiden S. 28. — 38. Gesichtspunkte für die Auswahl	
des Schneidenwerkstoffes S. 28. — 39. Glätte und Sauberkeit der Schneiden S. 29.	
— 40. Die Ausbildung des Freiwinkels an Stempel und Schnittplatte S. 29. —	
41. Schneiden mit spitzem Keilwinkel S. 31. — 42. Messerschnitte S. 33. —	
43. Anwendung der Scherschräge S. 34. — 44. Ziehender Schnitt S. 36. — 45. Her-	
absetzung der Schneidenbelastung S. 37. — 46. Die Arbeitsverfahren beim	
Schneiden S. 38. — 47. Schneidenformen für besondere Fälle S. 39.	
III. Einrichtung einer Stanzerei	40
A. Scheren	40
48. Tafelscheren S. 40. — 49. Rollscheren S. 43. — 50. Exzenterscheren S. 47.	
B. Pressen	47
51. Gesamtbild einer Exzenterpresse S. 47. — 52. Antrieb S. 47. — 53. Getriebe	
S. 48. — 54. Kupplung und Bremse S. 48. — 55. Das Festspannen des Werk-	
zeugs S. 49. — 56. Das Anpassen der Presse an das Werkzeug S. 50. — 57. Das	
Anpassen der Presse an die Arbeitsweise des Werkzeugs S. 51. — 58. Das Pressen-	
gestell S. 52.	
C. Die Bewertung von Pressen	53
59. Betriebssicherheit S. 53. — 60. Die Arbeitsgenauigkeit der Presse S. 55. —	
61. Die Wirtschaftlichkeit einer Presse S. 56.	
D. Vorrichtungen	57
62. Sicherheitsvorrichtungen S. 57. — 63. Zuführungsvorrichtungen S. 58. —	
64. Kontrollvorrichtungen S. 67.	

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

ISBN 978-3-662-37376-7 ISBN 978-3-662-38122-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-38122-9

Einleitung.

Zweck der Arbeit. Die Stanztechnik ist in schneller Entwicklung begriffen. Erzwingt sie sich ein neues Anwendungsgebiet, so ist es dem Betriebsmann, der diese Entwicklung nicht miterlebte, schwer, sich in den vielen Einzeldarstellungen des Schrifttums zurechtzufinden. Aber auch diejenigen, die an der Entwicklung mitgeschafft haben, werden eine planmäßige Einteilung des umfangreichen Gebietes zur Entlastung des Gedächtnisses schon längst vermißt haben. Sie zu geben, ist der Zweck der kleinen Arbeit.

Unter Technik soll die Art und Weise verstanden sein, wie man gegebene Mittel und Werkzeuge verwendet, um einem Gedanken oder Gefühl sinnlich wahrnehmbaren Ausdruck zu verleihen oder schlagwortartig ausgedrückt: „Technik ist der Weg, Wissen in Können umzusetzen.“ Stanzten ist die Tätigkeit eines Werkzeugpaares, das vermöge seiner Form geeignet ist, den dazwischen gebrachten, meist blechförmigen Werkstoff durch Beanspruchung über die Fließgrenze in eine gewollte Form zu bringen mit dem Ziel, eine Reihe gleicher Werkstücke herzustellen. Je nach der erwünschten Formgebung spricht man von: Schneiden, Biegen und Bördeln, Ziehen, Pressen und Prägen.

Schnitttechnik ist also die Kunst, auf Grund der Kenntnis des Schnittvorganges und aller möglichen Schnittwerkzeuge, gestützt auf eigene Erfahrung, zu entscheiden und festzulegen, ob und wie ein gewisses Werkstück durch Schneiden herzustellen ist.

I. Die Grundlagen des Schneidens.

A. Der Schnittvorgang.

Schnitte haben den Zweck, Werkstoff abzutrennen. Man wählt hierzu die Schubbeanspruchung¹, weil diese neben der Biegebbeanspruchung die einzige ist, bei der die Bruchfläche festliegt, in der durch die Beanspruchung Werkstoff abgetrennt wird. In diesem Idealfall der Scherung behalten die Fasern abc und $a'b'c'$ (Abb. 1) vor, während und nach der Scherung genau ihre Lage zum Querschnitt des Werkstoffs bei, wenn diese Querschnittsform selbst sich vor und nach der Scherung nicht ändert, also jeder Faserquerschnitt genau der gleichen Beanspruchung durch die Kräfte $1231'2'3'$ unterworfen ist. Das ist nur möglich, wenn die Kräfte 123 usw. untereinander genau gleich groß sind und in der Scherebene parallel und entgegengesetzt zueinander wirken.

Einen Stoff, der völlig gleichmäßig und unelastisch wäre, gibt es nicht. Auch ist es nicht möglich, die Scherkräfte in ein und derselben Ebene angreifen zu lassen, weil zur Übertragung von Kräften immer Flächen notwendig sind. Dazu kommt noch, daß die Schubspannung beim Schneiden blechförmiger Körper auf dem Umwege über die Druckbeanspruchung erzeugt wird.

Der Schnittvorgang wird sich also der reinen Scherung nur in dem Maße nähern, wie der jeweilig zu bearbeitende Werkstoff gleichmäßig und unelastisch ist, und

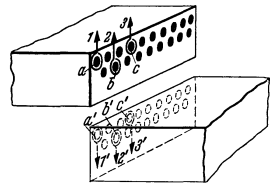


Abb. 1. Reines Scheren (Werkstoff kann nicht, auch nicht elastisch, ausweichen).

¹ Näheres s. Heft 20: Festigkeit und Formänderung.

in dem Maße, wie es gelingt, den ausgeübten Druck in Schubspannung umzusetzen. Diesem letzten Zweck dienen die Schneiden. Wie sich das Werkstück dabei verhält, hängt neben den Eigenschaften des Werkstoffes von der Schneidenart, -form und -bewegung ab.

1. Die einfache Schneide. Beim Eintreiben einer Schneide mit der Kraft R in einen Stoff ergibt sich das Kräftespiel Abb. 2: R zerlegt sich in die zwei

R	$P_1 = R \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}$	$P_{1w} = P_1 \cdot \cos \delta$
		$P_{1s} = P_1 \cdot \sin \delta$
		$F_1 = P_1 \cdot \mu_1$
	$P_2 = R \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$	$F_2 = P_2 \cdot \mu_2$
		$P_{2w} = P_2 \cdot \cos \varepsilon$
		$P_{2s} = P_2 \cdot \sin \varepsilon$

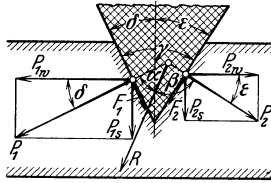


Abb. 2. Kräfte an einer Schneide.

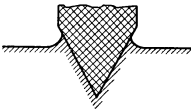


Abb. 3. Gratbildung.



Abb. 4. Nachgiebiger Werkstoff.

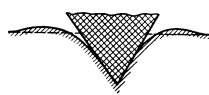


Abb. 5. Reibungswirkung.

Teilkräfte P_1 und P_2 rechtwinklig zu den Seitenflächen des Schneidenkeils und jede dieser Kräfte wieder in je eine senkrechte und waagerechte Teilkraft. Die beiden senkrechten Teilkräfte P_{1s} und P_{2s} pressen die Schneide in den Werkstoff, die beiden waagerechten Teilkräfte P_{1w} und P_{2w} schieben den verdrängten Werkstoff dahin, wo er den geringsten Widerstand findet. Wird ein seitliches Ausweichen durch den umgebenden Stoff verhindert, so bleibt dem Werkstoff an der Schneide nur eine freie Bewegung übrig: an den Schneidenflächen in die Höhe zu steigen. Es entstehen Grate (Abb. 3). Ist der Stoff in sich nachgiebig, so wird er etwas mit ins Innere gezogen (Abb. 4). Eine Folge der Kräfte P_1 und P_2 ist die an den Schneidenflächen auftretende Reibung $F_1 = P_1 \cdot \mu_1$ und $F_2 = P_2 \cdot \mu_2$. Sie ist oft recht bedeutend, kann die zuvor erwähnten Erscheinungen verzögern und eine nach innen sich senkende Rundung verursachen (Abb. 5).

2. Das Kräftespiel bei zwei Schneiden. Bringt man zwischen die Schneiden eines Schnittwerkzeuges einen Blechstreifen, so wird auf ihn durch die Berührungs-

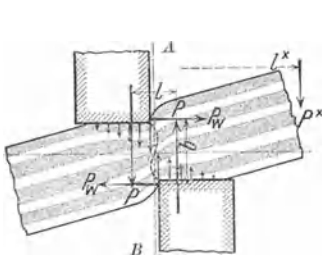


Abb. 6¹. Druckwirkung zweier Schneiden.

$$\begin{array}{l} P \\ \hline P_k = P \cdot \sin \beta \\ P_w = P \cdot \operatorname{tg} \beta \end{array}$$

$$P \cdot l = P_k \cdot n - P_w \cdot b$$

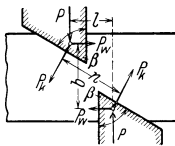


Abb. 7. Kippmoment durch spitzen Keilwinkel ausgeglichen.

flächen zwischen Schneide und Werkstoff ein Druck P (Abb. 6) übertragen. Mit dem weiteren Vordringen der Schneiden wächst diese Berührungsfläche infolge der Elastizität des Werkstoffes, und die Kräfte P rücken damit aus der Schnittebene $A-B$ heraus. Sie verursachen ein Drehmoment $P \cdot l$, das sich darin äußert, daß sich der waagrecht einge-

brachte Werkstoff gegen die Waagerechte neigt, in dem Maße, wie die Schneiden eindringen. Durch die Neigung wird ein weiteres Drehmoment $P_w \cdot b$ hervorgerufen. Ist $P \cdot l$ größer als $P_w \cdot b$, so werden die Schneiden auseinandergebogen,

¹ Die Abb. 6, 9, 13...15, 19, 34, 36, 38, 45 sind entnommen aus C. CODRON, Expériences sur le travail des machines-outils.

so daß sie brechen können. Dem wirkt man durch eine Kraft P^* am Hebelarm l^* in Form eines Niederhalters entgegen. Läßt sich ein solcher nicht anbringen, so macht man sich die Wirkungsweise der Schneide mit spitzem Keilwinkel β zunutze (Abb. 7). Erfahrungsgemäß wächst die zur Überwindung des Werkstoffwiderstandes notwendige Kraft P mit der Eindringungstiefe der Schneiden. Die Folge davon ist, daß bei zugeschärften Schneiden die Kraftverteilung nicht gleichmäßig, sondern vor den tiefer eingedrungenen Streifen der Schneide die Kraft größer ist als von der sich gerade in den Werkstoff einpressenden. Infolgedessen rücken bei diesen einseitig zugeschärften Schneiden ($\beta < 90^\circ$) die Gesamtkräfte P in waagerechter Richtung einander näher als bei den Schneiden nach Abb. 6 ($\beta = 90^\circ$), l wird kürzer, das Drehmoment $P \cdot l$ wird kleiner und gleichzeitig damit die Neigung des Werkstoffes zum Kippen.

3. Verhalten des Werkstoffes bei der Beanspruchung durch diese Kräfte. Betrachtet man die Schnittfläche eines Stückes Quadrateisen, so kann man an ihr vier Zonen unterscheiden (Abb. 8): Zone 1 und 4 sind die Abdrücke der Schneiden. Zone 2 ist, am Glanz und an der Glätte erkenntlich, die eigentliche Schnittfläche. Zone 3 ist matt und körnig, also Bruchfläche und, wie die Seitenansicht (ganz

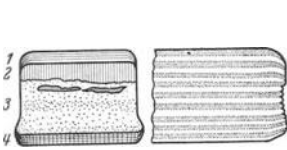


Abb. 8. Schnittzonen.

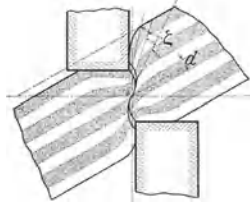


Abb. 9. Verhalten sehnigen Eisens.

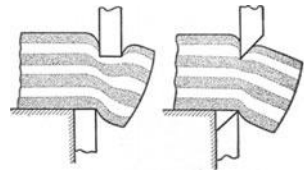


Abb. 10. Einfluß des Niederhalters auf die Formänderung.

rechts) zeigt, nicht eben, sondern beinahe S-förmig. Danach würde der Schnittvorgang also folgendermaßen ablaufen: Die Schneiden pressen sich in den Werkstoff, bis der eingeleitete Druck die Größe des Stoffwiderstandes überschreitet. Unter dem Einfluß der Schubspannung erfolgt ein Schnitt. Der Bruch ist eine Folge von Druckbeanspruchungen über die Quetschgrenze hinaus. Stellt man einen Versuch mit sehnigem Eisen an, so kann man beobachten (Abb. 9), wie sich die Schneiden zunächst in den Stoff pressen, und wie mit dem Wachsen der Berührungsflächen das Eisen sich zwischen den Schneiden schräg stellt, wie bei weiterer Steigerung der Druckkräfte die äußeren Fasern zerschnitten werden, wie dann mehr oder minder plötzlich durch einen Bruch längs einer geschwungenen Linie unter Abnahme der Druckkräfte P die Trennung erfolgt. Legt man in entsprechenden Punkten der Trennungsfläche Tangenten an die Verbiegung der Fasern, so zeigt sich, daß diese von der Mitte nach den Rändern zu steiler werden, d. h.: die Formänderung und damit die Beanspruchung ist in der Mitte nicht so groß wie am Rand. Von einer gleichmäßigen Spannungsverteilung über die Trennungsfläche kann also keine Rede sein. — Bei Verwendung einer Niederhaltvorrichtung sind die Formänderungen, die die beiden Schneiden hervorrufen, in bezug auf eine Mittellinie nicht mehr symmetrisch, sondern verlaufen etwa nach Abb. 10. Die merklichen Verquetschungen und Verkrümmungen nicht nur der Querschnittsform, sondern auch an den abgeschnittenen Stücken sind zu beachten, auch wenn sie bei einer im Verhältnis zur Stärke größeren Breite des abgeschnittenen Streifens nicht so sehr ins Gewicht fallen, weil sich die Bewegungen in diesem Falle über eine größere Stofflänge verteilen und dabei entweder durch die Elastizität des Stoffes ausgeglichen oder namentlich bei dünnen Blechen durch die herrschende

hohe Reibung an Ober- und Unterfläche des Bleches überhaupt verhindert werden. Doch zeigen diese Verquetschungen und Verkrümmungen, daß die Kraftwirkungen der Schneiden sich nicht auf die Querschnittsfläche beschränken, sondern auch den umgebenden Werkstoff in Mitleidenschaft ziehen. Hieraus ist zu schließen, daß ein Fließen des Werkstoffes den Trennungsvorgang begleitet. Dies Fließen ist in beiden Ebenen senkrecht zu den Schneiden, also in der Blechoberfläche (Abb. 9) und Querschnittsebene (Abb. 11) des Bleches zu erkennen. Weiter zeigt



Abb. 11. Fließfiguren im Blech.

Abb. 10 deutlich die Abbiegung an, der der Stoff beim Abschneiden unterworfen ist. Das eigentliche Problem des Schnittvorganges ist durch ein zweites überdeckt. Beim Abschneiden verhält sich der durch die Niederhaltvorrichtung festgehaltene Stoff wie ein einseitig eingespannter Stab, der dicht an der Einspannstelle durch eine Kraft belastet ist. Abbiegungen ähnlicher Art treten auch zutage, wenn die Schnittform ein in sich geschlossener Linienzug ist. Den Stoff kann man dann als eine mehr oder minder frei aufliegende Platte ansprechen, die nahe der Auflagelinie eine Belastung erfährt. Durch einen einfachen Versuch kann man sich die Vorstellung erleichtern: Ein leicht eingefärbter Kautschukstempel ergibt einen über seine ganze Fläche gleichmäßigen Abdruck. Ein ebenso behandelter

Messingstempel dagegen färbt bei gleicher Anpressung nur an seinem Umfange ab. Daraus geht hervor, daß unter der Randbelastung das Werkstück sich wölbt, von der Stempelmitte weg. Beim Kautschukstempel stauchen sich nun aber von einer bestimmten Anpressung an die Außenkanten des Stempels, so daß die Stempelfläche sich also der Wölbung des zu bedruckenden Stoffes anpaßt. Der Vergleich lehrt, daß die Elastizität bzw. die Härte der Schneidenkanten nicht ohne Einfluß auf den Schnittvorgang ist.

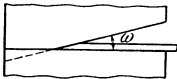


Abb. 12. Schnitt mit Scherschräge

4. Der Schnitt mit Scherschräge. Die Schräge in Abb. 12, hervorgerufen dadurch, daß $\omega > 0$ ist, dient dem Zweck, einen namentlich bei längeren Schnitten erwünschten Kraftausgleich herbeizuführen. Abb. 13 zeigt die Wirkungen der Scherschräge auf den Kraftverbrauch in der Kraftlinie *A* gegenüber *B*. Das

Verhalten des Werkstoffes in verschiedenen sich folgenden Schnittstufen geht aus Abb. 14 hervor. Hervorgerufen werden diese aus der Erfahrung bekannten Er-

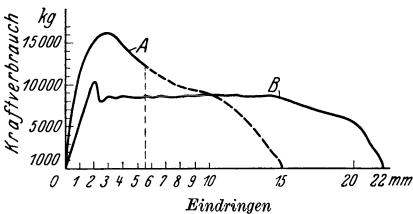


Abb. 13.
Kraftbedarf beim Schneiden von Eisen 45×15 mm.
Linie A: Parallele Schneiden $\beta = 85^\circ$, $\omega = 0^\circ$.
Linie B: Schräge Schneiden $\beta = 80^\circ$, $\omega = 10^\circ$.

erscheinungen durch das aus Abb. 15 erkenntliche Kräftespiel: Der Werkstoff werde unter einem Winkel $\omega/2$ gegen die Schneiden geführt. Die Kräfte wachsen bis zu dem Augenblick, in dem der Bruch eintritt. P an der Scherschräge, rechtwinklig zur Schneide, wirkt in zwei Richtungen: P_s unter ω gegen P geneigt, ist die schneidende Kraft, und rechtwinklig zu P_s ist P_w bestrebt, den Werkstoff von der Schneide wegzudrängen. In dem Augenblick also, wo P_w die Größe der Reibung des Werkstückes zwischen den Schneiden erreicht, wo $P_w = P_s \cdot \mu$ wird, wenn μ die Reibungszahl bedeutet (μ ist um so geringer, je sauberer die Schneiden hergestellt sind), ist ein sicherer Schnitt nicht mehr gewährleistet, solange nicht eine unbedingt zuverlässige Festhaltevorrichtung und eine starre Werkzeugführung hinzutritt.

5. Verhalten des Werkstoffes vor der Scherschräge. Die technische Unmöglichkeit, die Kräfte P genau in der Schnittebene angreifen zu lassen, verursacht bei parallelen Schneiden ($\omega = 0$) mit spitzem Keilwinkel das Auftreten des Biegemoments $P \cdot l$ (Abb. 7). Auf dieses wieder war die Biegung des Werkstoffes aus der Waagerechten um die Schnittlinie (Trennlinie), wie sie Abb. 9 zeigt, zurückzuführen. Da die Schnittlinie jetzt schräg liegt (Abb. 16), wirkt sich die Abbiegung in der waagerechten und senkrechten Ebene aus (Abb. 17), und zwar vollzieht sich unter dem Einfluß von P_1 die Biegung in der Senkrechten, von P_2 in der Waagerechten. P_3 versucht den Werkstoff vor der Schneide wegzuschieben. Nach der Abtrennung wird weiter Kraft auf den Werkstoff übertragen, was zu einer weiteren Abbiegung nach Abb. 18 führt. Je schmaler der abgeschnittene Streifen ist, um so deutlicher vermögen sich diese Erscheinungen bemerkbar zu machen. Bei ganz schmalen Streifen gleicht der Abschnitt einem Span.

In dem Maße, wie der Winkel ω der Scherschräge wächst, verringert sich die Größe der

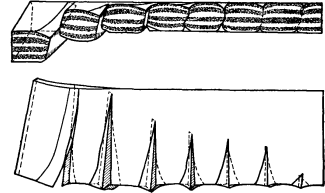


Abb. 14. Verhalten der Werkstoffe beim Schneiden mit Scherschräge, in 7 Schnittstufen dargestellt. Im Aufriß ist durch Einzeichnen von Schichten die Verteilung der Formänderung über die vordere senkrechte Blechbegrenzungsfläche angegeben.

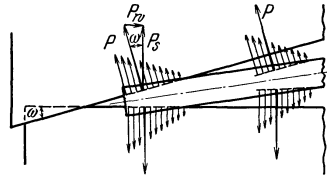


Abb. 15. Kräfte an geneigt stehenden Messern.

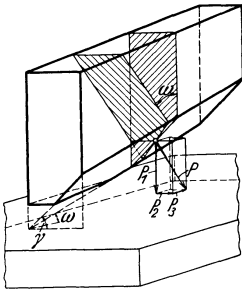


Abb. 16. Schneidendes Messer.



Abb. 17. Abbiegung des Bleches beim Anschneiden.



Abb. 18. Weitere Abbiegung beim Schneiden.

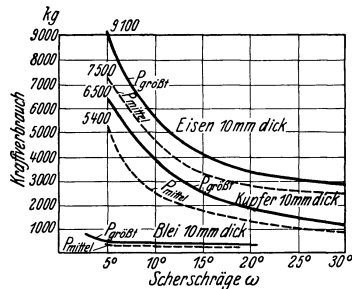


Abb. 19. Einfluß der Scherschräge auf den Kraftverbrauch.

Scherkraft (Abb. 19); denn bei einer zur Verfügung stehenden Kraftäußerung P (Abb. 15) ist $P_s = P \cdot \cos \omega$. Je größer ω , desto kleiner wird also P_s , desto größer aber $P_w = P \cdot \sin \omega$, die Kraft, die den Werkstoff vor der Schneide herzuschieben versucht. Gleichzeitig muß aber auch zur Vollendung der Trennung der Hub wachsen. Schließlich gewinnen die Biegemomente mit wachsendem ω derart an Wirksamkeit, daß die Trennung teilweise durch Zerreißen erfolgt. Infolgedessen wählt man in der Praxis ziemlich allgemein für ω Winkel nur bis zu 12° .

6. Der Lochvorgang. Grundsätzlich ist das „Lochen im engeren Sinne“ auch ein Schnittvorgang, dem eine besondere Betrachtung nur dann zukommt, wenn der Stempeldurchmesser im Vergleich zur Werkstoffdicke so klein ist, daß sich die Wirkungen der an den Schneidenkanten angreifenden Kräfte nach einem durch die Kreisform des Ausschnittes bedingten Gesetz gegenseitig beeinflussen. Der Abfall beim Lochen, das bekannte Bild eines

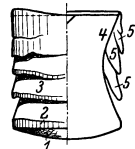


Abb. 20. Ein Putzen, Abfall beim Lochen, und sein Aufbau.

Putzens (Abb. 20), läßt deutlich die Einzelvorgänge beim Schnitt erkennen: Zunächst verbiegt sich der Werkstoff unter dem Schnittdruck (I) wie eine frei aufliegende

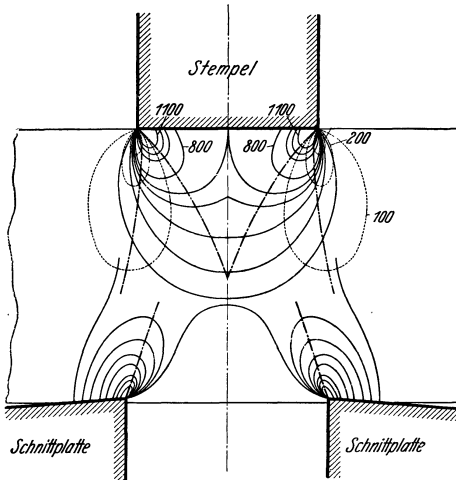


Abb. 21¹. Spannungsverteilung im Werkstoff beim Lochen.

— Druckspannungen } eingeschriebene Zahlen
 - - - - - Schubspannungen } = Größe der Spannung
 — · — · — Linie der größten Druckspannungen
 — · — · — Linie der größten Schubspannungen

Dabei zeigt sich, daß die Schubspannungen sich schnell verlaufen. Nur unmittelbar vor der Stempelschneide herrschen Spannungen, die die Werkstofffestigkeit übertreffen. Die Druckspannungen machen sich hingegen weit bis in den Werkstoff hinein

Platte. Die Druckkräfte überschreiten eher die Quetschgrenze als die im Werkstoff erzeugte Schubspannung seinen Widerstand überwindet. Infolgedessen bildet sich vor dem Stempel ein Fießkegel aus (4), der den umgebenden Werkstoff zur Seite preßt. Wegen seiner Einschnürung in der Mitte kann der Putzen nicht herausfallen, der Stempel muß wie ein Stoßstahl den umgebenden Werkstoff (5) wegräumen. Der Bruch beginnt vor der Schnittplatte (3) nach kurzem Einschneiden derselben in den Werkstoff (2). BACH ist diesen Erscheinungen mit Versuch und Rechnung nachgegangen und fand für Weicheisen die in Abb. 21 dargestellte Spannungsverteilung im Werkstoff. Die eingetragenen Zahlen geben die Druck- (ausgezogene Linien) bzw. Schubspannungen (punktierter Linien) in kg/cm^2 wieder.

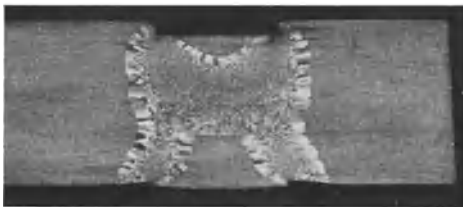


Abb. 22. Form- und Gefügeänderung beim Lochen.

bemerkbar. Die Bestätigung hierfür gibt Abb. 22 u. 23, aus denen einmal die Gefügeänderung des Werkstoffes hervorgeht (Ätzung aus Rekristallisation), das andere Mal der Kraftlinienverlauf (Ätzung auf Kraftwirkungslinien). Es ist bemerkenswert, daß ein Teil der Belastung von dem Verhältnis der Härte des Stempels zu der des

Werkstoffes abhängig ist; denn sie wird durch Stauchung der Stempelkanten bedingt, d. h. der Stempel paßt sich an die Verbiegung des Putzens an.

7. Gegenseitige Beeinflussung von Schneidenwirkungen nach anderen Gesetzmäßigkeiten. Beim Lochen ist die gegenseitige Beeinflussung der Schneidenwirkung

¹ Abb. 21...23 aus E. L. BACH: Dr.-Ing.-Dissertation, Karlsruhe 1923.

in jedem Punkte der Schneide gleich, bei unter einem spitzen Winkel sich treffenden Schneiden, einspringend oder vorspringend, nimmt die gegenseitige Beeinflussung vom Scheitelpunkt des Winkels aus ab, bis sie schließlich ganz aufhört (Abb. 24). Besonders kritisch werden die Verhältnisse auf der Innenseite des Scheitels: An dieser Spitze vergrößert sich das Spiel zwischen den Schneiden plötzlich, ganz

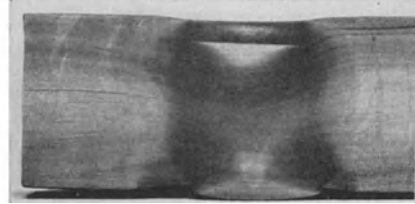


Abb. 23. Spannungen beim Lochen, sichtbar gemacht durch Ätzen.

abgesehen von den Schwierigkeiten der sauberen Schneidenherstellung an diesen Punkten. Dadurch erhält der fließende Stoff große Bewegungsfreiheit, bildet Grat, verliert jeden Widerstand gegen die übrigen formändernden Bewegungen, verliert das Federungsvermögen. Der Erfolg ist, daß die Spitze meistens vollständig verformt ist. Die hierbei auftretenden Reibungskräfte verschleifen die Spitze der Schneide stark. — Auch parallel verlaufende Schnittkanten können sich gegenseitig beeinflussen, wenn sie eng aneinanderrücken. Solange

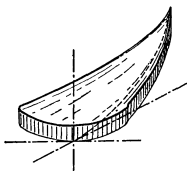


Abb. 24. Schnitt unter spitzem Winkel.

der Streifen dabei nicht seinen Zusammenhang überhaupt verliert, ergeben sich zwei Verformungsbilder, wie das Beispiel des Streifenschneidens in Rollenschere (Abb. 25) am besten zeigt. Auch hier verstärken die

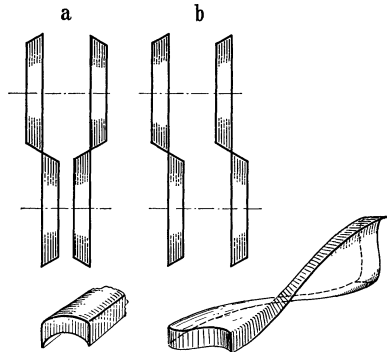


Abb. 25 a u. b. Verformung bei parallelen Messern.

gegeneinander gerichteten Kräfte das Fließen und die damit zusammenhängende Erscheinung des Zerquetschens. Bei gleichgerichteten Scherkräften ist die Verformung an den beiden Schneiden entgegengesetzt gerichtet: Verformung des Verziehsens.

Man beachte in diesem Zusammenhang auch Abschn. 29, der die Beeinflussung der Streifenbreite durch den Fließvorgang bei aufeinanderfolgenden Schnitten behandelt.

B. Reibung beim Schnitt.

8. Ursache der Reibung. Wo Bewegungen unter einer Kraftwirkung ausgeführt werden, tritt auch Reibung auf, die um so größer ist, je größer die Kraft senkrecht zum Weg und je größer die Reibungszahl ausfällt. Die Reibungsarbeit steigt außerdem mit der Länge des Weges. Beim Schneiden ist also mit Reibung zu rechnen.

a) Zwischen Stempel und Schnittplatte bewegen sich die Schneidkanten gegenüber dem Werkstoff so lange, bis sie eingeschnitten haben. Diese Bewegung ist

um so größer, je größer das Federungsvermögen des Werkstoffes und die Dicke des Bleches ist. Der Oberflächenzustand des Bleches (Verzunderung) entscheidet über die Höhe der Reibungszahl.

b) Der Stempel reibt an dem stehenbleibenden Werkstoff und der ausgestoßene Putzen an der Schnittplatte. Die Reibung am Stempel geht hauptsächlich auf die Elastizität des Werkstoffes zurück; denn vor dem Stempel wird der Werkstoff zusammengedrückt und gedehnt. Die Schichten, die der Stempel schon durchgeschnitten hat, ziehen sich wieder zusammen und umklammern den Stempel (Abb. 26). In der Schnittplatte bilden sich die Kragen (Abb. 20 Zone 5 und Abb. 22), die durch sie hindurchgequetscht werden und dabei Reibung erzeugen.

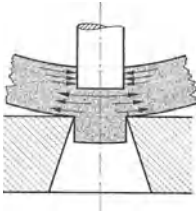


Abb. 26. Elastisches Festhalten des Werkstoffes am Stempel.

c) Die Reibung zwischen den Werkstoffteilen an der Trennfläche erklärt sich aus der durch Bruch erzeugten Form dieser Fläche und ihrer Rauigkeit, wozu kommt, daß sie nicht mit der idealen Trennfläche zusammenfällt, sondern gegen diese geneigt ist. Je größer der Bruchanteil der Trennfläche, je stärker die Neigung der Bruchfläche gegen die ideale Trennfläche ist, desto größer die Reibung. Sie wächst also mit wachsender Dicke und wachsender Bruchneigung des Werkstoffes.

d) Auch innerhalb des Bleches äußert sich die Reibung beim Fließen. Je dicker das Blech, je ausgesprochener die Neigung zum Fließen, je höher der Druck, unter dem es erfolgt, desto größer ist diese Reibungsarbeit. Auch ist eine gewisse Abhängigkeit von der Geschwindigkeit festzustellen. — Bei dünnen Blechen ist der innere Widerstand zuweilen so groß, daß keine Reibungsarbeit geleistet wird, weil keine Bewegung entstehen kann.

Kurz zusammengefaßt wird die Reibung beim Schnitt begünstigt durch: 1. das Federungsvermögen, 2. das Fließen des Werkstoffes und 3. die Rauigkeit der Blechoberfläche und Bruchfläche. Die beiden Erscheinungen unter 1 und 2 treten um so deutlicher hervor, je dicker der Werkstoff und je ausgesprochener die genannten Stoffeigenschaften vorliegen. Dem Entstehen der Reibung entsprechen die Mittel zu ihrer Verkleinerung.

9. Zuschärfen der Schneiden. Je kleiner die ins Fließen gebrachte Menge Werkstoffteile ist, desto geringer ist auch die Reibarbeit. Dies kann durch Zuschärfen der Schneiden geschehen. Gleichzeitig wird damit die Berührungsfläche zwischen den Schneiden und dem Blech in der Zone der elastischen Formänderung kleiner und damit auch die hier entstehende Reibungsarbeit.

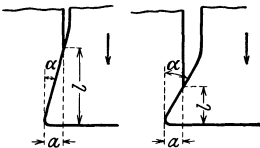


Abb. 27. Einfluß des Freiwinkels auf den Reibungsweg.

10. Bedeutung des Freiwinkels. Weiter ist der Reibungsweg in der Zone des Fließens und Schneidens durch Anschleifen eines Freiwinkels α an der Schneide zu beeinflussen (Abb. 27). Die auftretende Reibungsarbeit ist abhängig vom Querschnitt des vorübergehend zusammengepreßten Werkstoffstreifens, dessen Tiefe a und dessen Länge l ist. a ist wiederum abhängig von der Elastizität des jeweils zu verarbeitenden Werkstoffes, l von der Größe des Freiwinkels α . Durch ein $\alpha > 0$

wird allerdings die ohnehin schon stark beanspruchte Schneide geschwächt. Aus diesem Grunde wählt man α nur bei besonderen Verhältnissen, wo besonders große Reibungen zu erwarten sind, > 0 , und zwar zu ungefähr $4 \cdots 6^\circ$.

11. Spiel zwischen den Schneiden. Der dritte Weg zur Verkleinerung der Reibungsarbeit ist die Herabsetzung der Reibungszahl. Über die Größe ihrer

Werte gibt die Tatsache ein Bild, daß die ausgeschnittenen Stücke so fest anhängen können, daß man sie durch Vorrichtungen vom Werkzeugoberteil abstreifen (Abstreifer) bzw. aus dem Werkzeugunterteil auswerfen (Auswerfer) lassen muß. Erklärung für solch hohe Reibzahlen gibt die Entstehung und das Aussehen der Schnittfläche. Die Trennung beginnt an den Schneiden unter dem Einfluß der größten Schubspannungen. Die schließlich durch diese hervorgerufene Trennfläche ist ge-

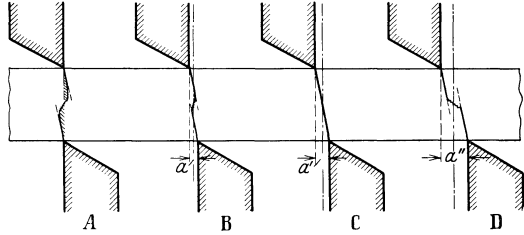


Abb. 28. Trennfläche in Abhängigkeit vom Schneidenabstand a , a' , a'' .

gen die theoretische Schnittebene geneigt (bei weichem Eisen in der Nähe der Schneiden um etwa 7°). Im weiteren Verlauf vollendet ein Bruch zwischen den beiden parallel verlaufenden Anrissen den Schnitt (Abb. 28A). Die schraffierten Flächen verhindern ein Herunterfallen des ausgeschnittenen Stückes. Räumarbeit des Werkzeuges und Reibungsarbeit zwischen Werkstück und Abfall müssen erst die Trennfläche glätten. Die Unebenheit fällt um so größer aus, je dicker das Werkstück ist. Dieser Erscheinung läßt sich bis zu einem gewissen Grade einfach entgegenwirken, indem man die Schneiden mit wachsender Werkstoffdicke aus der Schnittebene herausrückt (Abb. 28 B u. C). Allerdings fallen dadurch die Trennungsflächen etwas schräg aus, doch ist diese Neigung gering und fällt in der Praxis kaum ins Gewicht. Als praktisch brauchbar für den Zwischenraum (a') zwischen den Schnittkanten haben sich die Werte der Abb. 29¹ erwiesen. Statt dieser Mittelwerte könnte man natürlich auch in Abhängigkeit von der verlangten Schnittflächengenaugkeit, ähnlich wie im Passungswesen, mehrere Tafeln mit verschiedenen Feinheitsgraden aufstellen.

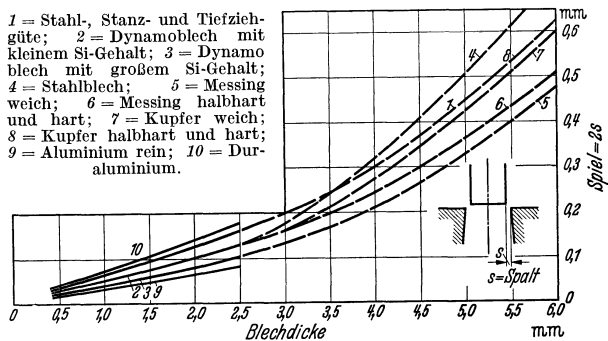


Abb. 29. Abhängigkeit der Anfangsspaltbreite von der Blechdicke .

Das Spiel zwischen den Schneiden spart also Kraft und Arbeit durch Herabsetzung der Reibungszahl. Das DRP. 312898 nützt die Vorteile des Spiels für das einfache Abschneiden starken Werkstoffes aus. In der Abb. 30 sind die Schneidkanten so zugeschliffen, daß der größeren Werkstoffhöhe auch das größere Spiel entspricht. Es gehören also zusammen: Werkstoffhöhen f_1 und Spiel a' ; f_2 und a'' ; f_3 und a''' .

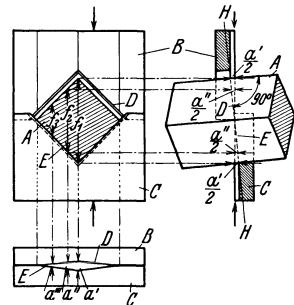


Abb. 30. Spiel zwischen den Schneiden durch Anschliff.

¹ GÖHRE in Werkst.-Techn. 1935 S. 313, Abb. 2.

Bei Schnitten, die eine in sich geschlossene Linie als Umrißform zeigen, ist zu beachten, daß der Stempel das Lochungsmaß, die Schnittplatte das Ausschnittmaß angibt. Zur Herstellung eines Loches von 30 mm Durchmesser also muß der Stempel 30 mm Durchmesser haben, die Schnittplatte um das aus Abb. 29 ersichtliche Maß vergrößert werden. Zur Fertigung eines Plättchens von 30 mm Durchmesser muß die Schnittplatte 30 mm zeigen, der Stempeldurchmesser um das der Abbildung entsprechende Maß verringert werden. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß der Stempel im Loch und das Plättchen in der Schnittplatte mit Preßsitz haften. Beim Austreten aus diesen ist ein Auffedern des Werkstoffes die Folge. Um genaue Maße zu erhalten, müssen Stempel bzw. Schnittplatten entsprechende Über- bzw. Untermaße haben. Zwei Gesichtspunkte bestimmen die obere Grenze bei der Festlegung des Spiels zwischen den Schneiden: Bei großen Spielen wird die Schnittfläche, besonders die Bruchfläche größer, die erzielte Kraftersparnis also hinfällig (Abb. 28D). Zweitens versucht der Werkstoff je nach der Neigung zum Fließen, zwischen die Schneiden zu dringen und an den Trennungsflächen Bärte zu hinterlassen. Nach amerikanischen Angaben liegt für weiches Eisen der kleinste Kraftbedarf bei einer Fluchtweite a'' von etwa $\frac{1}{5}$ der Werkstoffdicke. In Fällen, wo eine Schrägstellung der Schnittfläche in diesem Maß nicht ins Gewicht fällt, mag man sich dieses Vorteils bedienen; für gewöhnlich geht man jedoch nicht über $\frac{1}{12} \cdots \frac{1}{16}$ Werkstoffdicke hinaus. Der AWF empfiehlt für den einfachen Freischnitt $\frac{1}{10} \cdots \frac{1}{20}$ der Dicke als Spiel, die niedrigen Werte für zählen, die höheren für spröderen Werkstoff (siehe auch Abb. 29).

C. Über die Schnittgeschwindigkeit.

12. Hubzahl als Geschwindigkeitsmaß. Von der Schnittgeschwindigkeit hört man im Zusammenhang mit dem Stanzen und Schneiden eigentlich nur, wenn es sich um selbsttätige Vorschübe an schnelllaufenden Pressen handelt, oder es wird die Anzahl Hübe je Minute angegeben. So findet man meist Angaben wie:

Hubzahl bei schweren Pressen und Scheren	3 bis 35 je min
„ „ mittleren „ mit Rädervorgelege	25 „ 100 „ „
„ „ leichten „	100 „ 250 „ „

oder

Schnittgeschwindigkeit bei Rollscheren für Bleche unter 1 mm Dicke bis 60 m je min	
„ „ „ „ „ bis 10 „ „ „ 20 „ „ „	
„ „ „ „ „ über 10 „ „ „ 10 „ „ „	

oder

Schnittgeschwindigkeit bei Tafelscheren	1 bis 2,5 m je min.
---	---------------------

Bei solchen Feststellungen geht man von der Erwägung des Betriebes aus: Wieviel Hübe muß eine Presse machen, wenn das Laden des Werkzeugs y Sekunden dauert, damit jeder Hub ausgenutzt werden kann. Wie wenig solche Angaben geeignet sind, als Maßstab für die Schnittgeschwindigkeit zu dienen, geht schon daraus hervor, daß bei diesen Angaben noch nicht einmal die Größe des Hubes erwähnt wird. Hubverstellung haben die meisten Pressen nur aus praktischen Gründen, weniger mit Rücksicht auf die Schnittgeschwindigkeit, wie schon daraus hervorgeht, daß Pressen mit regelbarer Drehzahl äußerst selten sind.

13. Mittlere Schnittgeschwindigkeit. Die Angabe einer absoluten Geschwindigkeit ist deswegen so schwierig, weil sich die Stößelgeschwindigkeit c mit jeder neuen Stellung des Exzenters ändert: $c = w \cdot \sin \alpha$, wenn w die gleichbleibende Geschwindigkeit auf dem Kurbelkreis ist, und wenn man das Pleuelstangenver-

hältnis außer Betracht läßt. In Abb. 31 sind die Sinuswerte in den Kurbelkreis eingezeichnet. Die wirkliche mittlere Schnittgeschwindigkeit v_m ergibt sich als Mittelwert aus der Aufprallgeschwindigkeit v_a und der Geschwindigkeit v_e , mit der der Stempel den Werkstoff durchdringt, zu

$$v_m = \frac{v_a + v_e}{2},$$

wobei zu beachten ist, daß sich die Schnittgeschwindigkeit gegenüber dem erwähnten geometrischen Verhältnis verkleinert

1. durch das Auffedern des Pressenständers,
2. um den Drehzahlverlust des Schwungrades.

Das bedeutet also, daß zwei verschieden dicke Bleche, in demselben Schnittwerkzeug bearbeitet, mit verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten geschnitten werden. Weiter verkleinert sich die mittlere Schnittgeschwindigkeit, wenn man den Stempel das Blech nicht ganz durchdringen läßt. Umgekehrt vergrößert sie sich, wenn man den Stempel in die Schnittplatte eintreten läßt (Einrichter!). Bei gestaffelter Anordnung der Stempel schneiden also die betreffenden Stempel mit verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten.

14. Ergebnis der bisher vorliegenden Versuche. Unter diesen Umständen ist es nicht verwunderlich, wenn die bisher vorliegenden Versuche über die Schnittgeschwindigkeit beim Stanzen nicht zu einheitlichen Ergebnissen geführt haben. Soviel ist jedoch zu erkennen, daß

1. der sich einstellende Höchstdruck mit wachsender Geschwindigkeit infolge der Stoßwirkung zunimmt, und

2. über den zur Trennung notwendigen Arbeitsbedarf ein Gleiches nicht ohne weiteres gesagt werden kann. Entscheidend ist vielmehr, in welchem Maße bei dem jeweiligen Werkstoff die erzeugte höhere Pressung der Trennung zugute kommt. Durch Steigerung der Geschwindigkeit hervorgerufene oder verstärkte Erscheinungen wie Erschütterungen, Schwingungen, Schall usw. sind ein Zeichen dafür, daß der Mehraufwand an Kraft vom Werkstoff nicht aufgenommen, sondern an die Umgebung abgegeben wird. Bei Werkstoffen mit großer Neigung zum Fließen wird ein Teil der Kraft dazu verwandt, die für die Bewegung der Massenteilchen notwendige größere Beschleunigung zu erzeugen. Bei abnehmender Neigung zum Fließen wird aber die Menge des fließenden Werkstoffes immer geringer und damit auch der Einfluß der Beschleunigungskräfte auf den Arbeitsaufwand zur Trennung, weil zu dieser Bewegung keine Zeit mehr bleibt. Entscheidend ist die Berührungszeit zwischen Werkzeug und Werkstoff, wie die Abb. 32 sinnbildlich zeigt: Je kürzer die Berührungszeit, desto weniger dringen die Kraftwirkungen in das Innere des Werkstoffes. Es muß also im Hinblick auf Abb. 32 u. 22 eine Geschwindigkeit geben, bei der Schlag und Pressung an Oberfläche und im Inneren des Werkstoffes die gleiche und damit schmalste Form und geringste Gefügeänderung hervorrufen.

15. Aufprallgeschwindigkeit. Eher als bei dem zu bearbeitenden Werkstoff findet die Steigerung der Schnittgeschwindigkeit in der begrenzten Stoßbelastung

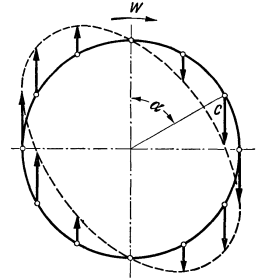


Abb. 31. Geschwindigkeitsdiagramm am Kurbelkreis.

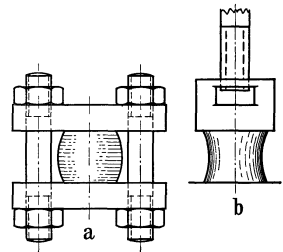


Abb. 32.
Pressung (a) und Schlag (b).

des Stempels eine Grenze. Es ist üblich, den Schnittvorgang in die untere Hälfte des Exzenterkreises (s. Abb. 31) zu legen.

Daraus ergibt sich, daß die Aufprallgeschwindigkeit des Stempels größer ist als die Geschwindigkeit beim Durchdringen des Bleches und daß die Geschwindigkeit beim Schneiden immer geringer wird. Günstiger für die Beanspruchung des Stempels wäre es, sanft anzusetzen, langsam anzuschneiden und die Geschwindigkeit stoßfrei zu vergrößern, wenn der Höchstdruck überwunden ist. Das kann man durch Verlegen des Schnittvorganges in die obere Hälfte des Kurbelkreises erreichen (Abb. 31). Bei dieser Arbeitsweise sollte man selbst so spröde Stoffe wie Hartmetall für den Bau der Werkzeuge verwenden können, ohne niedrigere Hubzahlen anwenden zu müssen. Allerdings ist dann der Platz unter dem stillstehenden Werkzeug niedriger, und der Schnittstempel geht nach dem Durchdringen des Bleches sehr tief in die Schnittplatte hinein.

D. Untersuchung von Schnittdiagrammen.

16. Das ideale Scherdiagramm (Abb. 33). Wollte man das reine Scheren im Diagramm darstellen, so ergäbe sich ein Rechteck, dessen eine Seite die

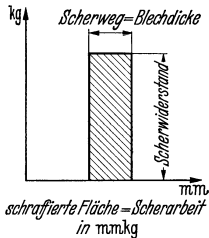


Abb. 33. Ideales Scherdiagramm.

Scherkraft, dessen andere Seite die Zeitdauer oder den Weg bezeichnet, längs dessen die Scherkraft wirken muß, um die Trennung durchzuführen. Es bedeutet, daß die gesamte Scherkraft alle Fasern des zu bearbeitenden Werkstoffes gleichmäßig erfaßt, also sofort in voller Höhe wirkt. Das setzt voraus, daß der Werkstoff vor den angreifenden Scherkräften nicht ausweicht. Abweichungen von der Rechteckform des Schnittdiagramms zeigen also an, inwieweit diese Forderungen nicht erfüllt worden sind. Die wirklichen Scherdiagramme weichen je nach Art und Gestalt des geschnittenen Werkstoffes von der idealen Form ab.

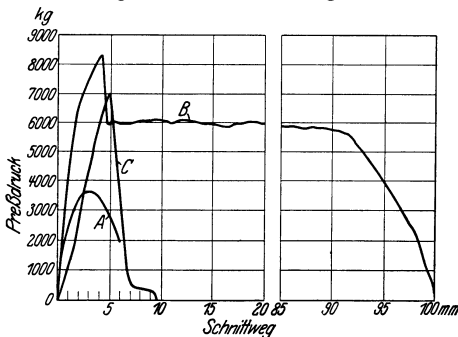


Abb. 34. Kraftbedarf beim Schneiden von Kupfer.
Linie A: Preßdruck beim Schneiden mit parallelen Messern. Versuchsstück 15 mm $\square$, Schnittweg ist die Werkstückdicke.
Linie B: Preßdruck beim Schneiden mit Scherschräge. Versuchsstück 16 mm dick, 100 mm breit. Schnittweg ist die Werkstückbreite.
Linie C: Preßdruck beim Lochen durch Stempel 16 mm $\varnothing$ Versuchsstück 9,5 mm dick.

hältnismäßig langen Vordringungsweg des Obermessers trotz abnehmendem Preßdruck. Schließlich vermag die durch die begonnene Trennung verminderte Querschnittfläche den Kraftwirkungen nicht mehr zu widerstehen und ein Bruch vollendet die Trennung: 3. Abschnitt. Die Länge dieser drei Abschnitte und ihr

17. Kupfer. a) Schnittvorgang.

In Abb. 34 gibt Linie A den Schnittvorgang bei parallelen Messern ($\omega = 0$, vgl. Abb. 12) durch ein Stück Kupfer 15 $\times$ 15 mm mit Keilwinkel der Schneide $\beta = 85^\circ$ wieder: mit dem Aufsetzen des Werkzeugoberteiles steigt, da der Werkstoff infolge seiner Elastizität dem Druck ausweicht, der aufzuwendende Druck erst langsam (in der Abbildung nicht zu erkennen), dann schnell an. Es bilden sich die Spannungszentren aus, die Schubbeanspruchung überschreitet die Werkstofffestigkeit, der Anriß beginnt: 1. Abschnitt (bis etwa 3 mm Eindringungstiefe). Die Druckspannung, die dazukommt, bringt den Werkstoff zum Fließen: 2. Abschnitt (bis etwa 6 1/2 mm Eindringungstiefe). Dieser Abschnitt ist gekennzeichnet durch den ver-

Verhältnis zueinander sind unter Berücksichtigung von Werkstoffdicke bzw. Werkstoffform kennzeichnend für den bearbeiteten Werkstoff.

Kurve *B* schildert den Kräfteverlauf bei zueinander geneigten Messern ($\omega = 10^\circ$, $\beta = 80^\circ$) durch ein Stück Kupfer 16×100 mm. Ein bedeutend schneller ansteigender Kraftbedarf zeigt an, daß sich die Kräfte nicht allein auf die Schnittebene beschränken, sondern den ganzen Streifen beeinflussen (Einleitung von Verbiegungen senkrecht aus der Werkstoffebene nach unten, in der Werkstoffebene vom Messer weg). Solange noch keine Schnittfuge (Anriß) besteht, leistet der Werkstoff natürlich lebhaften Widerstand. Dadurch ist das im Verhältnis zur Werkstoffdicke unvergleichlich höhere Anwachsen der Kräfte gegenüber Kurve *A* bedingt. Ähnlich wie bei dieser schließt sich der Abschnitt des Fließens an, verbunden mit bedeutendem Kraftabfall, weil die zuvor zur Erzeugung von Verbiegungen aufgewandten Kräfte sich zum Teil wieder nutzbar machen, indem sie den Bruch beschleunigen. So nimmt der zweite Abschnitt die Form einer Spitze an gegenüber einer Kuppe der Kurve *A*. Abschnitt 1 und 2 sind eng zusammengerückt. Gleichzeitig sind die normalen Schnittverhältnisse eingeleitet, d. h. die Schnitt- und die Formänderungsfläche behalten für eine Zeit die aus Werkstoffdicke und Messereneigung sich ergebende Länge bzw. Größe. In rascher Folge überdecken sich die drei Abschnitte: Biegen — Fließen — Brechen. Nur leise Schwebungen der Kurve verraten die Vorgänge im Werkstoff. Nähert sich der Schnitt dem Ende, so finden zunächst die verbiegenden Kräfte geringen Widerstand, gleichmäßig beginnt die Kraftaufnahme abzunehmen. Die Verkleinerung der Schnittfläche bestärkt die Entwicklung. Ein erneuter Knick der Kurve deutet an, daß sich das Fließen über den ganzen noch vorhandenen Querschnitt erstreckt. Ein letztes Brechen vollendet die Trennung.

Kurve *C* zeigt den Lochvorgang. Langsames Anwachsen der Kräfte zu Beginn des Schnittes, weil zur Einleitung des Schnittes erst elastische Formänderungen stattfinden müssen: Biegen des vor dem Stempel liegenden Werkstoffes nach der Schnittkantenebene des Stempels, Biegen des umgebenden Werkstoffes nach der Schnittkantenebene der Schnittplatte, Durchbiegung des vor dem Stempel liegenden Werkstoffes wie eine mehr oder minder eingespannte Platte unter Kreisringbelastung. Dann wachsen die Kräfte rasch. Die Spannungszentren bilden sich aus und leiten das Fließen ein. In diesem Abschnitt erreicht die Kraftaufnahme ihren größten Wert. Dieser fällt schnell ab unter Bildung einer Spitze in der Kurve und zeigt damit, daß ein Bruch die Trennung herbeigeführt hat. Jetzt ist es nur notwendig, den Stempel als Stoßstahl benutzend, den einspringenden Kragen des Lochrandes zu beseitigen und etwa auftretende Reibungen zwischen Putzen und Lochrand zu überwinden.

b) Die Bedeutung der Werkstoffdicke auf den Ablauf des Schnittvorganges verdeutlicht Abb. 35: Der größte Kraftbedarf je mm^2 Schnittfläche (Kurve *b*) wird mit wachsender Werkstoffhöhe geringer, weil die Spannung sich über den Trennungsquerschnitt ungleichmäßig verteilt. Nur unmittelbar vor den Schneiden erreicht die Spannung Werte, die den Werkstoffwiderstand überwinden. Je größer die Höhe ist, um so geringer wird der verhältnismäßige Anteil dieser Zone am ganzen Querschnitt sein. Anders die Kurve *a* für den Arbeitsbedarf: Erst stark, allmählich langsamer ansteigend, spiegelt sich in ihr die Erscheinung wider, daß mit wachsen-

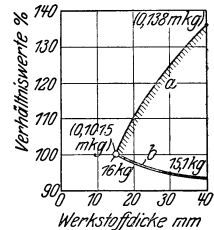


Abb. 35. Einfluß der Werkstoffdicke auf den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Schnittvorgang.

Linie *a*: Arbeitsbedarf je mm^2 Trennfläche in mkg in Abhängigkeit von der Werkstoffdicke. Linie *b*: größter Kraftbedarf je mm^2 Trennfläche in kg in Abhängigkeit von der Werkstoffdicke.

der Werkstoffdicke das Verhältnis von wirklichem Schnittweg (s. Abb. 8 Zone 2) zur Werkstoffdicke kleiner wird. Das Anwachsen des Arbeitsbedarfes wird dadurch verursacht, daß verhältnismäßig viel größere Mengen des Werkstoffes zum Fließen gebracht werden müssen.

18. Stahl St 42.11. a) Abb. 36, Kurve A — Schneiden mit Messern ($\omega = 0^\circ$), $\beta = 85^\circ$, Versuchsstück 20×40 mm — überrascht durch das schnelle und hohe Anwachsen der Kräfte, das verhältnismäßig geringe Kraftgefälle zwischen Höchst-

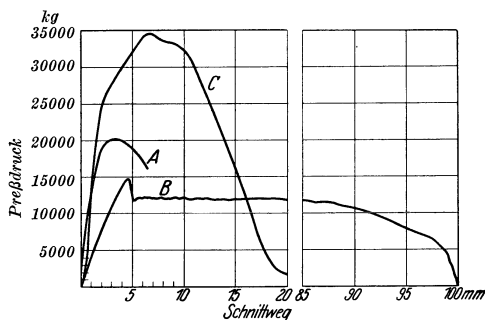


Abb. 36. Kraftbedarf beim Schneiden von Stahl St. 42.11. Linie A: Preßdruck beim Schneiden mit parallelen Messern. Versuchsstück 20 mm dick, 40 mm breit. Schnittweg ist die Werkstückdicke. Linie B: Preßdruck beim Schneiden mit Scherschräge. Versuchsstück 20 mm dick, 100 mm breit. Schnittweg ist die Werkstückbreite. Linie C: Preßdruck beim Lochen durch einen Stempel von 20 mm $\varnothing$. Versuchsstück 19,5 mm dick.

druck und Bruch trotz des größeren Querschnittes gegenüber Abb. 34. Dieselben Erscheinungen finden sich bei der Kurve B: Scherschräge $\omega = 10^\circ$, $\beta = 80^\circ$, Versuchsstück 20×100 mm. Nur bei Kurve C — Lochen, Stempel 20 mm Durchmesser, Versuchsstück 19,5 mm dick — scheint in ihrem abfallenden Ast ein Unterschied zu bestehen. Die verschiedenen Zahlenwerte der Kurven spiegeln den Widerstand gegen Formänderung und das Aufnahmevermögen von Formänderungsarbeit wider. Der Widerstand des Eisens gegen Formänderung ist größer als der des Kupfers. Dagegen ist das Aufnahmevermögen von Formänderungsarbeiten kleiner, d. h. beim Eisen sind die notwendigen Schnittdrucke größer als beim Kupfer, die Schnittwege aber kürzer. Wegen des großen Querschnittes wird der Höchstdruck eher erreicht als beim Kupfer, die Schnittwege der Fließperiode werden kürzer bei geringerem Kräftegefälle, die Zone der Trennung durch Bruch wird größer, die Gesamttrennungsfläche also unebener. Darum nimmt der abfallende Ast der Kurve C des Eisens einen so unruhigen Verlauf: größere und rauhere Bruchflächen sind unter größerem Druckaufwand aneinander vorbei zu bewegen. Das Schnittmesser in seiner Eigenschaft als Stoßstahl hat größere Formänderungswiderstände zu überwinden.

b) Grundsätzlich zeigt der Verlauf der Kurven Abb. 37, welche die Abhängigkeit des Höchstdruckes und des Arbeitsaufwandes je mm^2 Trennungsfläche von

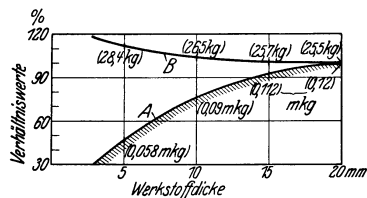


Abb. 37. Einfluß der Werkstoffdicke auf Kraft- und Arbeitsbedarf. Linie A: Arbeitsbedarf je mm^2 Trennfläche in mkg. Linie B: größter Kraftbedarf je mm^2 Trennfläche in kg.

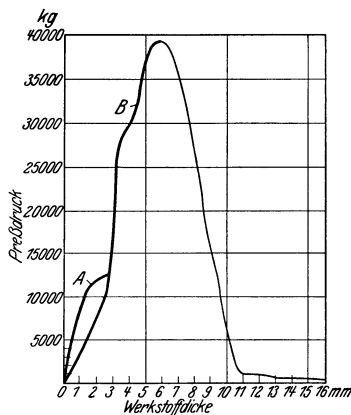


Abb. 38. Kraftbedarf beim Schneiden von hartem und zähem Werkstoff in Abhängigkeit von der Eindringtiefe.

Linie A: Werkzeugstahl 20×15 mm, $\beta = 85^\circ$ (Arbeitsbedarf je mm^2 Trennfläche 0,075 mkg, größter Kraftbedarf je mm^2 Trennfläche 38,8 kg). Linie B: Nickelstahl Lochversuch $20 \varnothing \times 14$ mm (Arbeitsbedarf je mm^2 Trennfläche 0,225 mkg).

der Werkstoffhöhe darstellen, dasselbe Bild wie Abb. 35. Weiter geht daraus hervor, daß der Höchstdruck beim Eisen sich zu dem des Kupfers verhält wie $\sim 3,5:2$, während der Arbeitsbedarf nur wenig vom Verhältnis $1:1$ abweicht. Die Aufnahmefähigkeit für Formänderungsarbeiten beeinflusst also den Arbeitsbedarf beim Schnitt wesentlich (Abb. 38).

19. Pappe wird meist in Messerschnitten (s. Abb. 71) verarbeitet (Abb. 39). Abweichend von den Metallen liegt die Höchstkraft fast am Schnittende, trotzdem der Druck sehr steil beim Ansetzen des Messers ansteigt. Der Stoff drückt sich also wenig zusammen. In dem Maße, wie der wirksame Teil des Messers mit steigenden Eindringungstiefen dicker wird, ändern sich die Schnittverhältnisse. Die Keilwirkung steigt über die Schnittwirkung hinaus. Die Pappschichten knicken aus (Abb. 40). Nunmehr beschränkt sich die Wirkung des Messers auf den innerhalb der Ausknickung liegenden Stoff. Die Schnittwirkung tritt wieder in den Vordergrund. Der Höchstpunkt der Schnittdruckkurve ist erreicht. Mit der Verkleinerung der Schnittfläche wächst die Beanspruchung der Schnittfläche so rasch, daß die Trennung der letzten Schicht durch Zerreißen erfolgt.

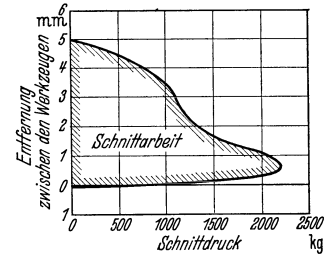


Abb. 39. Schnittdiagramm von Pappe.

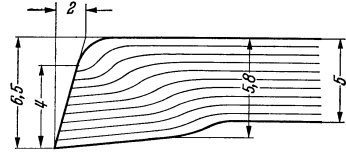


Abb. 40. Ausknicken der Pappe beim Schnitt.

Pappe ist nicht elastisch genug, um das Ausknicken der Schichten federnd aufnehmen zu können. Die Knickung bleibt nach Vollendung des Schnittes also bestehen und ist am abgeschnittenen Stück deutlich zu erkennen. Die glänzende Fläche ist die eigentliche Schnittfläche. Unten trägt sie einen schmalen Rand mit Rißspuren. Oben schließt sich an die Trennfläche ohne scharfen Übergang eine matte Zone. Das sind die durch Ausknicken aufgelockerten Schichten, die sich vor dem Messer umgelegt und fest angepreßt haben, woraus sich der allmähliche Übergang in die Schnittfläche erklärt.

20. Leder ist ein Naturstoff und daher in seinem Aufbau und seiner Dicke gewissen Schwankungen unterworfen. Es hat eine harte narbige Seite, die Haarseite des Felles, und eine weiche, fast filzige, die Fleischseite. Die Diagramme Abb. 41 sind mit Messerumrißschnitten von der Narbenseite her erzeugt worden. Auffallend ist die völlig verschiedene Eigenart der Kurven bei Sohl- und Chromleder. Durch die besondere Art der Gerbung wird Sohlleder sehr fest und steif, Chromleder dagegen weich und schmiegsam. Bei Sohlleder liegt die Höchstkraft wie bei Pappe am Ende der Schnittbewegung. Der Höchstwert wird aber nach einer kürzeren Zusammenpressung gleichmäßig ohne Absätze und Knicke erreicht. Die Schichten knicken nicht aus, weil Sohlleder im Gegensatz zu Pappe sehr elastisch ist, wie die Verwendung als Treibriemen schon zeigt. Das Sohlleder wird unter der Keilwirkung des Messers so lange gedehnt und geschnitten, bis schließlich bei sich ständig verkleinerndem Lederquerschnitt die Trennung durch Reißen eintritt. So ist es auch

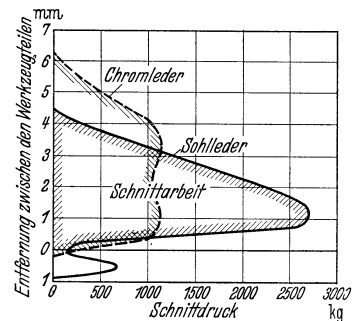


Abb. 41. Schnittdiagramm von Leder.

erklärlich, daß bei Leder die notwendige Schnittkraft höher liegt, wenn man von der Fleischseite her schneidet, weil dann die steife Narbenschicht während des ganzen Schnittvorganges gedehnt werden muß.

Beim Chromleder ist der Unterschied zwischen Narben- und Fleischseite nicht so groß wie beim Sohlleder. Die Verdrängung des Leders durch das Messer ist nicht so schwer, wie aus der schwächeren Neigung des Druckanstiegs zu sehen ist. Daran schließt eine Zone, in der sich der Kraftbedarf ungefähr auf einer Linie bewegt. Die Narbe ist durchschnitten und die Fasern werden dicht vor dem Messer zusammengepreßt und durchschnitten. Ein Riß am Schluß beschließt die Trennung.

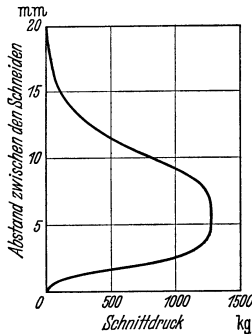


Abb. 42. Schnittdiagramm von Filz.

21. Filz (Abb. 42) verhält sich ähnlich wie Chromleder. Nur ist Filz ein Kunststoff, infolgedessen auch gleichmäßiger in seinem Verhalten beim Schneiden. Ganz allmählich wird der Filz zusammengepreßt. Schließlich hat er sich vor der Schneide so weit verfestigt, daß er geschnitten werden kann, d. h. daß die Schneiden, ohne wesentlichen Widerstand zu finden, den Filz verdrängen und für sich Platz schaffen. Damit ist der Höchstdruck erreicht. Die geringen Schwankungen im weiteren Verlauf der Kurve zeigen, wie sich neues Zusammendrängen, neues Schneiden überdecken, bis schließlich die vom

Messer in den Filz übertragenen Kraftwirkungen die untere Fläche der Filzplatte erreichen; nun fällt die Kraftaufnahme schnell ab. Die letzten Fäden werden auseinander gerissen.

II. Folgerungen aus dem Schnittvorgang.

A. Für den zu bearbeitenden Werkstoff.

22. Die verschiedenen Phasen des Trennungsablaufs. Ein Rückblick auf die verschiedenen Diagramme zeigt, daß die so einfach erscheinende Scherung in Wirklichkeit ein recht verwickelter Vorgang geworden ist. Wenn man die Vorgänge trotz aller Verschiedenheiten auf die allen gemeinsamen Vorgänge prüft, kann man folgende Stufen unterscheiden:

1. Spannen des Werkstückes vor oder zwischen den Schneiden.
2. Verdrängungsvorgang.
3. Schnitt und Trennung.
4. Vorgänge nach der Trennung.

Gegen die vordringenden Schneiden tritt der Werkstoff zunächst in Abwehrstellung, indem er sich vermöge seiner Elastizität spannt, oder er sucht vor ihnen auszuweichen, indem er sich zusammendrückt (Filz). In dieser Phase bilden sich die für die Kräfteübertragung notwendigen Flächen aus. Sowie diese hinreichend groß sind, ist die Kräftewirkung auf den Werkstoff eindeutig ausgerichtet. Die Schneiden dringen in den Werkstoff ein und verdrängen ihn, soweit er den Schneiden im Wege steht. Entweder reißt oder spaltet sich der Werkstoff unter der Keilwirkung der Schneide, oder die Druckspannung bringt den Stoff ins Fließen. In diesem Augenblick, in dem der Einfluß der Druckspannungen durch das Fließen ausgeglichen wird, stellen sich unmittelbar vor dem Schneiden die Scherbeanspruchungen ein, die zu einem Schneiden führen. Die Kerbwirkung des Anschnittes führt dann schnell zur vollständigen Trennung. Das Heraus-

schaffen des abgeschnittenen Stückes aus dem Werkzeug bildet den Abschluß des „Schnitt“-vorganges.

23. Einfluß des Fließens auf das Aussehen der Trennfläche. Die Betrachtung der Diagramme läßt erkennen, daß das Verhalten des Stoffes beim Verdrängungsvorgang für den Ablauf des Schnittvorganges bezeichnend und bei den fließfähigen Metallen besonders lehrreich ist. In der Abb. 43 ist die Fließzone für einen harten und für einen zähen Stoff gezeichnet. Der Arbeitsbedarf je mm^2 Trennfläche ist um so größer, je fester und zäher ein Werkstoff ist (*b*), d. h. je größer der Kraftaufwand ist, um den Werkstoff zum Fließen zu bringen und je ausgesprochener er fließt. Je spröder ein Werkstoff ist (*a*), d. h. je geringer seine Neigung zum Fließen und zur Aufnahme bleibender Formänderungen ist, um so niedriger fällt verhältnismäßig die zur Trennung aufzuwendende Arbeit aus (s. Abb. 38).

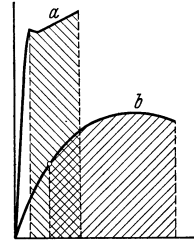


Abb. 43. Das Arbeitsvermögen des Werkstoffes an zwei Zerreißdiagrammen gezeigt.
a = harter Werkstoff;
b = zäher Werkstoff.

Auf das Aussehen der Trennfläche bezogen heißt das: Je spröder ein Werkstoff, desto mehr weicht die Trennfläche von der gewollten Schnittebene ab. Die Schneiden dringen nur wenig in den Werkstoff ein, so daß man eigentlich nicht von Schnitt-, sondern von Bruchfläche sprechen muß (Abb. 44). Mit zunehmender Dehnbarkeit wächst der Einfluß des Schnittvorganges im Fließzustand gegenüber der Trennung durch Bruch. Gewollte Schnittebene und Trennungsfläche rücken aneinander (Abb. 45). Da sich das Fließen nicht auf die gewollte Schnittfläche allein beschränkt, sondern sich auf den umgebenden Werkstoff erstreckt, so hinterlassen die Schneiden Abdrücke. Die Fasern werden vor den Schneiden gequetscht, an der gegenüberliegenden Seite verbogen. Namentlich bei profiliertem Werkstoff sind derartige Verzerrungen sehr unerwünscht.

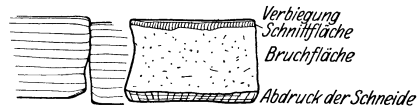


Abb. 44. Das Aussehen der Trennfläche bei hartem Werkstoff (Werkzeugstahl).

24. Begrenzung der Werkstoffdicke. Das Fließen des Stoffes während des Schneidens hat eine Reihe von Erscheinungen im Gefolge. Zunächst begrenzt es die zu bearbeitende Werkstoffdicke. Zur Einleitung des Schnittes brauchen zwar nur ganz dicht unter den Schnittkanten die zur Trennung ausreichenden Schubspannungen erzeugt zu werden. Man könnte daraus schließen, der Kraftaufwand wäre unabhängig von der Werkstoffdicke, wenn der Stoff nicht vor dem Trennen mit zunehmender Dicke höheren elastischen Widerstand bieten und demgemäß größere elastische Formänderungsarbeit verbrauchen würde. Also nimmt die zur Erzeugung der notwendigen Scherspannung notwendige Kraft doch mit der Dicke des Bleches zu. Dadurch werden wieder größere Kraftübertragungsflächen notwendig, und das bedingt wiederum, daß größere Mengen Stoff ins Fließen gebracht werden müssen. Kommen hierbei auch die Stoffteilchen an der Werkstoffoberfläche ins Fließen, so bildet sich unter Herabsetzung der Werkstoffdicke ein bleibender Abdruck der Schneiden aus. Aus Abb. 6 u. 8 ist zu ersehen, daß die Schubspannungen, von denen die Trennung eingeleitet wird, nicht in Richtung der Scherfläche laufen, sondern gegen diese geneigt sind. Zugleich wird die unter dem Einfluß von Druckspannungen zu

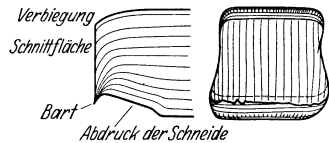


Abb. 45. Das Aussehen der Trennfläche bei zähem Werkstoff (Stahl bei 1000°).

vollendende Trennfläche immer größer (Abb. 46). Während deshalb bei dünnem Werkstoff die abgetrennten Teile nur um den Betrag a' ineinanderhängen, steigt dieser mit wachsender Werkstoffdicke auf a'' . Diese Formänderungsarbeiten

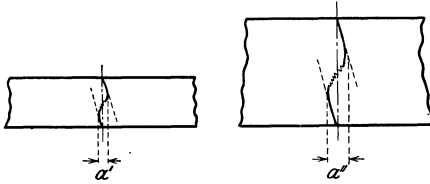


Abb. 46. Einfluß der Werkstoffdicke auf die Form der Trennfläche.

zur Erzeugung einer rauen, verzerrten Schnittfläche verzehren einen großen Teil der zu Trennungszwecken eingeleiteten Arbeit. Je nach der geforderten Genauigkeit, Schnittkantenglätte und dem zur Verfügung stehenden größten Preßdruck ergibt sich die obere Grenze der Werkstoffdicke.

Werkstoffes durch Steigerung der Schnittgeschwindigkeit (s. Abb. 32) und durch Vergrößerung des Spiels zwischen den Schneiden (s. Abb. 28) zu verkleinern.

25. Dauerbruchgefahr. Noch eine weitere Grenze in der Anwendbarkeit der Schnittechnik kann man aus diesen Vorgängen erkennen: Die Bearbeitungsmöglichkeit allein ist nicht maßgebend für die Anwendbarkeit des Schneidverfahrens, auch der Verwendungszweck des herzustellenden Werkstückes muß geprüft werden. Ist dieses Wechselbelastungen in hoher Zahl und beträchtlicher Größe ausgesetzt, so gibt der durch Bruch entstandene Teil der Trennungsfläche mit seinen Zacken und Rissen leicht Anlaß zu Dauerbrüchen oder Ermüdungserscheinungen. In solchen Fällen muß also dem Schneiden ein zweiter Arbeitsgang folgen, der die Schicht der Risse und Zacken entfernt.

26. Gefügeänderung beim Schneiden. Die Form der Trennfläche durch Schneiden ist mit Abdruck der Schneiden, schräger Schnittfläche und gekrümmter Bruchfläche gegeben, aber auch der Stoff in der näheren Umgebung der Trennfläche wird in Mitleidenschaft gezogen (s. Abb. 11 u. 22). Mit dem Fließen ist eine Gefügewandlung verbunden, die einer Änderung der Festigkeitseigenschaften des Werkstoffes, meist zu dessen Nachteil, gleichkommt. Entscheidend dafür, ob für den jeweilig vorliegenden Fall die Herstellung eines Werkstückes durch Schneiden zulässig ist, sind die Betriebsverhältnisse, denen das Werkstück unterworfen ist. Ist dieses im Betrieb höheren Wärmegraden ausgesetzt, so ist von der Verwendung von Schnitten wegen der Gefahr der Rekristallisation abzuraten. Ihre Bedeutung zeigt Abb. 22, wo sie der Forschung dienstbar gemacht wurde. Sie führt zur Bildung groben Kristallgefüges. Der Werkstoff wird spröde. Dabei braucht die Erwärmung nicht einmal so hoch zu liegen wie bei dem Beispiel der Abb. 22 (720°). Wirkt eine niedrigere Temperatur entsprechend länger ein, so ruft sie dieselben Wirkungen hervor.

Während sich diese Vorgänge im Inneren des Stoffes abspielen, hinterläßt der Fließvorgang an den Oberflächen des Bleches Aufrauungen in der Nähe der Schnittlinie. Arbeitet ein solches Werkstück in warmer, feuchter Umgebung, so bilden diese Stellen einen besonders günstigen Angriffspunkt für Korrosion (Rostbildung). Gefährlich werden sie bei Nietverbindungen an Kesseln. Denn auf der Seite, wo die Platten aufeinanderliegen, geben die Aufrauungen Anlaß zu Undichtigkeiten. An der Seite der Nietköpfe fallen die Aufrauungen und der Rand des Schließkopfes fast zusammen, so daß gerade die empfindlichste Stelle einer Nietung den Keim der Zerstörung in sich trägt. Das Stanzen von Nietlöchern an Kesselblechen sollte man bei diesem ungünstigen Zusammentreffen von Rekristallisation und Rostgefahr unbedingt vermeiden. Doch braucht man allgemein beim Auftreten von Schwierigkeiten ähnlicher Art nicht den Schnitt von vorn-

herein abzulehnen. Oft wird es bei durch Schnitte hergestellten Werkstücken, die hohen Belastungen ausgesetzt sind und deren Stoff von Natur aus ein Fließen gestattet, möglich sein, die Schnittkanten so zu legen, daß sie zur Kraftübertragung nur wenig herangezogen werden.

27. Gratbildung infolge Fließens. Fließen ist die Bewegung von kleinen Stoffteilen in Richtung des Spannungsgefälles. In den Zonen starken Spannungsgefälles wird die Bewegung der Teilchen besonders kräftig sein. Ein Blick auf Abb. 22 lehrt, daß also der Stoff vor dem Stempel nach außen, vor der Schnittplatte nach innen fließt. Er steigt an der Seite der Schneide in die Höhe (s. Abb. 3), an der er den geringsten Widerstand findet. So entsteht der Grat. Er läßt sich, wie schon angedeutet, wohl verkleinern, aber nicht ganz vermeiden. Er ist derart bezeichnend für das Stanzen, daß nach der Stärke des Grates die Güte der Stanzung und der Zustand eines Werkzeuges beurteilt werden kann. Mit diesem Grat hakt sich das Stanzstück an allen Kanten fest, Grate verhindern das glatte Aufeinanderlegen und Verbinden von Ausschnitten miteinander. Diese unangenehme Beigabe des Schneidens macht man dadurch weniger wirksam, daß man bei wiederholter Bearbeitung eines Bleches die Grate alle an einer Seite erscheinen läßt, d. h. das Blech immer wieder in die gleiche Stellung und Lage zu den Schneiden bringt. Das ist aber z. B. beim Schneiden ohne Stoffverlust, bei Abhackschnitten, auch beim Schneiden unter Scheren nicht der Fall, weil die rechte Kante des Stanzteils links vom Werkzeug, die linke Kante rechts vom Werkzeug entsteht. Deswegen benutzt man Scheren auch nur zum Vor-, nicht zum Fertigschneiden.

28. Verziehnngen und Verbiegungen am Werkstoff. Oben bereits wurde das Fließen als eine Bewegung von Stoffteilchen in Richtung des Spannungsgefälles gedeutet. Durch das Fließen wird also das Spannungsgefälle ausgeglichen, d. h. es ist nach der Formänderung aufgebraucht. Das bezieht sich natürlich nur auf die Zonen, in denen der Stoff geflossen ist. Nun hat aber das Blech vorher eine elastische Verformung erfahren (Abb. 47), d. h. das Blech ist gespannt und möchte sich unter Entspannung wieder in

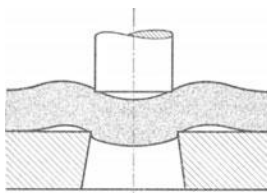


Abb. 47. Elastische Verformung beim Schnitt.

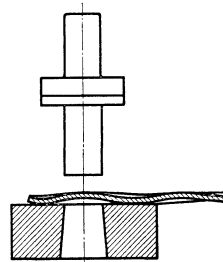


Abb. 48. Verbiegungen vor der Schnittplatte.

seine ebene Form zurückbewegen. Aber die Zone, in der der Stoff geflossen ist, hat durch das Fließen auch ihre elastische Spannung verloren und versucht in der Lage zu beharren, in der die Spannung sich ausgeglichen hat. Infolgedessen wird das Blech nur so weit zurückfedern können, bis die nach außen drängenden, Entspannung suchenden Kräfte sich mit den sich spannenden äußeren Zonen das Gleichgewicht halten. Solche Verbiegungen herrschen vor der Schnittplatte (Abb. 48) und werden überall da herrschen, wo örtlich beschränktes Fließen die Rückfederung vorher gespannten Bleches verhindert, wie sich dies aus ungleichmäßiger Neigung zum Fließen oder ungleichmäßiger Belastung des Bleches beim Schnitt ergeben kann.

29. Vermeidung von Biegnngerscheinungen am Streifenrand. a) Durch den verlorenen Steg. Erfahrungsgemäß beginnt das Fließen an den Stellen größten Spannungsgefälles und bedeutet eine Kraftfortleitung in der Fließrichtung. Kommt ein Stempel nahe an den Stoffrand, so ist diese Kraftfortleitung so bedeutend, daß der am Rand stehenbleibende Steg einer solchen Belastung nicht

gewachsen ist. Je nach Lage des Spannungsgefälles und der Werkstoffart klemmt sich der Steg zwischen Schnittplatte und Stempel oder er weicht, sich verkrümmend, vor dem Stempel aus. Der stehenbleibende Steg muß also eine bestimmte Mindestgröße haben. Ein bestimmtes Maß an Werkstoffverlust ist daher nicht zu unterschreiten. L. GLÜCK gibt für Eisen die Erfahrungswerte des Schaubildes Abb. 49. E. KACZMAREK

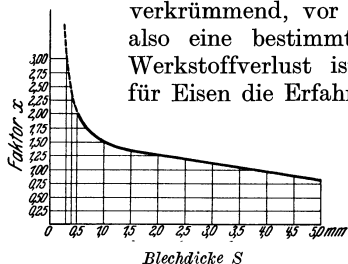


Abb. 49. Abhängigkeit der Stegbreite von der Blechdicke S für Eisen (Faktor x mal Blechdicke gleich Stegbreite). (Nach L. GLÜCK.)

empfeht die der Abb. 50. Noch ausführlicher sind die Angaben von A. SCHROEDER¹ (Tabelle 1). Bei Metallen, die stark zum Fließen neigen, wie z. B. bei Kupfer, Zinn usw., vervielfacht man diese Werte mit 1,15...1,2. Bei Schnitten mit Seitenschnidern ist eine weitere Vergrößerung um das 1,5fache zweckmäßig, wenn man unbedingt sicher gehen will oder muß, z. B. bei selbsttätigen Pressen.

b) Durch Ausgleich der Kräfte am Streifenrand. Mit der richtigen Bemessung der Stegbreite allein wird man jedoch nicht immer aller Schwierigkeiten Herr

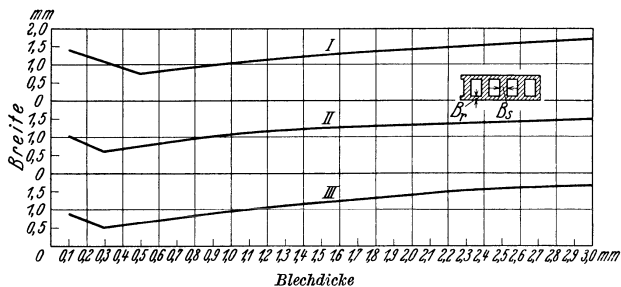
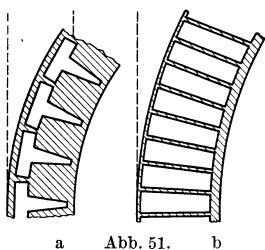


Abb. 50. Abhängigkeit der Stegbreiten von der Blechdicke. (Nach E. KACZMAREK.)

I Seitensneiderabschnitt, II Stegbreite B_s zwischen zwei Schnitten, III Stegbreite B_r zwischen Blechrand und Stempel.

werden können. Bei sehr ungleichmäßiger Schnittdruckverteilung über die Streifenbreiten, durch die Stempelform bedingt (Abbildung 51 a), werden sich die Wirkungen der Kraftfortleitung entsprechend ungleichmäßig bemerkbar machen und den Streifen unter Umständen in seiner Längsrichtung verziehen. Dieselben Erscheinungen können selbst bei rechteckigem Umriß der Schnitt-

form auftreten, wenn der Stempel nicht genau in der Mitte des Streifens durchstößt (Abb. 51 b), und zwar wird sich die Seite verlängern, an welcher der Stempel



Die gestrichelten Linien zeigen den Verlauf der Streifenränder vor dem Schneiden. Die Abbiegung ist der Deutlichkeit halber übertrieben.

die geringste Entfernung vom Streifenrand hat. Die Kräfte sind so groß, daß dabei im Wege stehende Anschlagstifte usw. abgeschert werden können. Wollte man nun den Streifen ein zweites Mal durch das Werkzeug gehen lassen, um den Werkstoff vollständig auszunutzen, so hätte man mit Schwierigkeiten in der Werkstoffzufuhr, also mit Zeitverlust, zu rechnen. Abhilfe kann hier so geschaffen werden, daß man die ungleichmäßige Kraftverteilung auszugleichen sucht, z. B. dadurch, daß man durch einen zweiten gleichen Stempel, spiegelbildlich zum ersten angeordnet, an der anderen Seite des Blechstreifens die gleiche Dehnung hervorruft. Ist dieses nicht möglich, so bringt man an der ungestreckten Bandseite einen

einfachen meißelförmigen Stempel an, der den Werkstoff nicht durchdringt, sondern nur um das Maß streckt, das zur Geraderhaltung des Streifens notwendig ist.

¹ SCHROEDER A.: Richtlinien feinmechanischer Konstruktion und Fertigung. Union Deutsche Verlagsgesellschaft 1938.

Tabelle 1. Erfahrungswerte für Steg- und Randbreiten (in mm)

Ausschnitt		Werkstoff																																																																											
		Metall			Leder, Webstoff, Preßspan, Bakelit		Bakelit-Hartpapier																																																																						
rund	Mindest-Durchmesser	s			0,8 s		0,8 s																																																																						
	Stegbreite St _b	St _b	s	Lochzahl	St _b	s	Lochzahl																																																																						
		≥ 1 = s	< 1 > 1	2	≥ 2 = 2 s	< 1 > 1	2																																																																						
		> 1,5 s	—	> 2	> 3 s	—	> 2																																																																						
rechteckig	Randbreite R _b	≥ s			≥ 1,5 s		<table><tr><td>R_b</td><td>s</td></tr><tr><td>2 s</td><td>≤ 0,5</td></tr><tr><td>1,25 s</td><td>> 0,5</td></tr></table>	R _b	s	2 s	≤ 0,5	1,25 s	> 0,5																																																																
	R _b	s																																																																											
2 s	≤ 0,5																																																																												
1,25 s	> 0,5																																																																												
rechteckig	Stegbreite St _b	<table><tr><td>St_b = R_b</td><td>s</td></tr><tr><td>1,8</td><td>0,1</td></tr><tr><td>1,6</td><td>0,2</td></tr><tr><td>1,4</td><td>0,3</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,5</td></tr><tr><td>1,1</td><td>0,8</td></tr><tr><td>1,2</td><td>1,0</td></tr><tr><td>1,4</td><td>1,5</td></tr><tr><td>1,6</td><td>2,0</td></tr><tr><td>1,8</td><td>2,5</td></tr><tr><td>2,0</td><td>3,0</td></tr><tr><td>2,2</td><td>3,5</td></tr><tr><td>2,4</td><td>4,0</td></tr><tr><td>2,6</td><td>4,5</td></tr><tr><td>2,8</td><td>5,0</td></tr><tr><td>3,0</td><td>5,5</td></tr><tr><td>3,2</td><td>6,0</td></tr></table>		St _b = R _b	s	1,8	0,1	1,6	0,2	1,4	0,3	1,0	0,5	1,1	0,8	1,2	1,0	1,4	1,5	1,6	2,0	1,8	2,5	2,0	3,0	2,2	3,5	2,4	4,0	2,6	4,5	2,8	5,0	3,0	5,5	3,2	6,0	<table><tr><td>St_b = R_b</td><td>s</td></tr><tr><td>3,6</td><td>0,1</td></tr><tr><td>3,2</td><td>0,2</td></tr><tr><td>2,8</td><td>0,3</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,5</td></tr><tr><td>2,2</td><td>0,8</td></tr><tr><td>2,4</td><td>1,0</td></tr><tr><td>2,8</td><td>1,5</td></tr><tr><td>3,2</td><td>2,0</td></tr><tr><td>3,6</td><td>2,5</td></tr><tr><td>4,0</td><td>3,0</td></tr><tr><td>4,4</td><td>3,5</td></tr><tr><td>4,8</td><td>4,0</td></tr><tr><td>5,2</td><td>4,5</td></tr><tr><td>5,6</td><td>5,0</td></tr><tr><td>6,0</td><td>5,5</td></tr><tr><td>6,4</td><td>6,0</td></tr></table>		St _b = R _b	s	3,6	0,1	3,2	0,2	2,8	0,3	2,0	0,5	2,2	0,8	2,4	1,0	2,8	1,5	3,2	2,0	3,6	2,5	4,0	3,0	4,4	3,5	4,8	4,0	5,2	4,5	5,6	5,0	6,0	5,5	6,4	6,0	Abhäng. von Steglänge (L) und Werkstoffdicke (s). Nach Versuchsergebnissen: St _b = (0,0104 L + 0,167) s + 2,25 — 0,0156 L ¹ .			
		St _b = R _b	s																																																																										
		1,8	0,1																																																																										
		1,6	0,2																																																																										
1,4	0,3																																																																												
1,0	0,5																																																																												
1,1	0,8																																																																												
1,2	1,0																																																																												
1,4	1,5																																																																												
1,6	2,0																																																																												
1,8	2,5																																																																												
2,0	3,0																																																																												
2,2	3,5																																																																												
2,4	4,0																																																																												
2,6	4,5																																																																												
2,8	5,0																																																																												
3,0	5,5																																																																												
3,2	6,0																																																																												
St _b = R _b	s																																																																												
3,6	0,1																																																																												
3,2	0,2																																																																												
2,8	0,3																																																																												
2,0	0,5																																																																												
2,2	0,8																																																																												
2,4	1,0																																																																												
2,8	1,5																																																																												
3,2	2,0																																																																												
3,6	2,5																																																																												
4,0	3,0																																																																												
4,4	3,5																																																																												
4,8	4,0																																																																												
5,2	4,5																																																																												
5,6	5,0																																																																												
6,0	5,5																																																																												
6,4	6,0																																																																												
rechteckig	Stegbreite St _b	<table><tr><th colspan="4">Mindestbreite für St_b</th></tr><tr><th rowspan="2">L</th><th colspan="3">s</th></tr><tr><th>0,5</th><th>1</th><th>1,5</th></tr><tr><td>10</td><td>2,5</td><td>2,5</td><td>2,5</td></tr><tr><td>20</td><td>3,0</td><td>3,0</td><td>3,5</td></tr><tr><td>30</td><td>3,0</td><td>3,5</td><td>3,5</td></tr><tr><td>50</td><td>3,5</td><td>3,5</td><td>4,0</td></tr><tr><td>70</td><td>4,0</td><td>4,5</td><td>5,0</td></tr><tr><td>100</td><td>4,5</td><td>5,0</td><td>6,0</td></tr></table>						Mindestbreite für St _b				L	s			0,5	1	1,5	10	2,5	2,5	2,5	20	3,0	3,0	3,5	30	3,0	3,5	3,5	50	3,5	3,5	4,0	70	4,0	4,5	5,0	100	4,5	5,0	6,0																																			
		Mindestbreite für St _b																																																																											
		L	s																																																																										
			0,5	1	1,5																																																																								
10	2,5	2,5	2,5																																																																										
20	3,0	3,0	3,5																																																																										
30	3,0	3,5	3,5																																																																										
50	3,5	3,5	4,0																																																																										
70	4,0	4,5	5,0																																																																										
100	4,5	5,0	6,0																																																																										
rechteckig	Stegbreite St _b	<table><tr><th rowspan="2">L</th><th colspan="3">s</th></tr><tr><th>2</th><th>2,5</th><th>3</th></tr><tr><td>10</td><td>3,0</td><td>3,0</td><td>3,0</td></tr><tr><td>20</td><td>3,5</td><td>3,5</td><td>4,0</td></tr><tr><td>30</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>4,5</td></tr><tr><td>50</td><td>4,5</td><td>5,0</td><td>5,0</td></tr><tr><td>70</td><td>5,5</td><td>5,5</td><td>6,0</td></tr><tr><td>100</td><td>6,5</td><td>7,0</td><td>7,5</td></tr></table>						L	s			2	2,5	3	10	3,0	3,0	3,0	20	3,5	3,5	4,0	30	4,0	4,0	4,5	50	4,5	5,0	5,0	70	5,5	5,5	6,0	100	6,5	7,0	7,5																																							
		L	s																																																																										
			2	2,5	3																																																																								
		10	3,0	3,0	3,0																																																																								
20	3,5	3,5	4,0																																																																										
30	4,0	4,0	4,5																																																																										
50	4,5	5,0	5,0																																																																										
70	5,5	5,5	6,0																																																																										
100	6,5	7,0	7,5																																																																										
rechteckig	Randbreite R _b	<table><tr><td>R_b</td><td>s</td></tr><tr><td>2 s</td><td>≤ 0,5</td></tr><tr><td>1,25 s</td><td>> 0,5</td></tr></table>						R _b	s	2 s	≤ 0,5	1,25 s	> 0,5																																																																
	R _b	s																																																																											
2 s	≤ 0,5																																																																												
1,25 s	> 0,5																																																																												

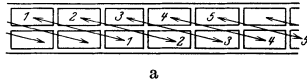
e) Springender Vorschub bei Mehrfachschnitten zur Vermeidung von Randschnitten. Bei Mehrfachschnitten sind derartige Fließerscheinungen besonders störend, namentlich dann, wenn große Genauigkeit in den Größenabmessungen, Genauigkeit der Schnittflächen verlangt wird. Die oben angegebenen Werte für die Stegbreite würden in diesem Fall nicht genügen. Man hilft sich dann wie folgt:

Anordnung a (Abb. 52): In jeder Streifenbreite arbeitet nur ein Stempel, und zwar so, daß der zweite erst beim dritten Vorschub in die Höhe des ersten kommt.

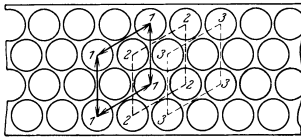
¹ Diese Formel gilt für $s = 0,5 \dots 4$ mm und für L bis etwa 100 mm.

Dadurch wird der erforderliche Raum zwischen den Einzelschnitten geschaffen, der die gegenseitige Beeinflussung und Verstärkung der Fließerscheinungen zwischen gleichzeitig arbeitenden Stempeln gefahrlos macht. Der Werkstoff ist in einem Durchgang aufgeschnitten.

Anordnung b: Hier ist dieses Schema mehrfach angelegt. Außerdem ergibt sich eine Abweichung insofern, als die Ausschnittform zum vollständigen Auf-



a



b

Abb. 52. Springender Werkstoffvorschub.

schneiden des Werkstoffes ein Versetzen von zwei Stempeln erfordert. Die vier Arbeitsbänder, aus denen sich der Streifen zusammensetzt, überdecken sich zum Teil. Rechtwinklig zur Vorschubrichtung sind auf gleicher Höhe zwei Stempel so angebracht, daß ein Arbeitsband zwischen ihnen liegt. Bei Anwendung dieses Verfahrens ist zu untersuchen, ob der Stempelabstand brauchbare Herstellungs- und Betriebsbedingungen zwischen den beiden Stempeln ergibt. Die beiden anderen Stempel arbeiten in den übrigbleibenden Arbeitsbändern. Untereinander sind sie denselben Verhältnissen unterworfen wie die beiden ersten. Zwischen dem zweiten und dritten

Vorschub erreichen diese Lochungen die Höhe der ersten. Dieser Zwischenraum läßt sich um eine beliebige Zahl von Vorschublängen vergrößern. Die Betriebsverhältnisse hat man also vollkommen in der Hand.

30. Einfluß der Werkstoffederung auf die Maßhaltigkeit. Die bisherigen Darlegungen haben gezeigt, daß der einflußreichste Teil des Schnittvorganges in das Gebiet des Fließens (s. Abb. 43) fällt. Aber um in diesen Bereich zu gelangen, muß man zuvor die Zone der federnden Formänderung durchdringen. Soll ein Streifen, der entsprechend Abschn. 28 verbogen ist, weiterverarbeitet werden, so muß der Stempel das Blech erst richten, ehe es in der Schnittplatte ein Widerlager findet. Bei diesem Richtvorgang gleitet der Werkstoff (s. Abb. 48) an den Schneiden entlang und beeinträchtigt durch die hervorgerufene Reibung die Schneidenschärfe. Die elastische Formänderung wurde schon als Ursache für die äußeren Reibungsarbeiten gekennzeichnet. Auch bei den auftretenden Verziehnungen am Werkstoff wurde sie als beteiligt erwähnt. Schließlich muß aber ihr Einfluß auf die Maßhaltigkeit des Stanzteils untersucht werden. Solange die Werkzeugteile nicht in das Blech eingeschnitten haben, weicht der Werkstoff unter dem Zusammenpressungsdruck, an den Schneiden vorbeigleitend, nach außen aus, streckt sich also. Bei dicken Werkstoffen und kleinen Stempelabmessungen können diese Bewegungen, an den Toleranzen des Passungssystems gemessen, beträchtlich sein. Sie treten nach der Entlastung und der Zusammenziehung des Werkstoffes als Maßverkleinerung des Loches und Ausschnittes in Erscheinung. Ist die Reibung zwischen Schneide und Werkstoff groß genug, um ein Weggleiten verhüten zu können, so beschränkt sich das elastische Ausweichen auf die mittleren Schichten des Werkstoffes mit der Wirkung, daß die hergestellten Schnittflächen nach innen eingezogen sind (s. Abb. 72).

31. Die Möglichkeit des Schneidens hängt von der Eigenart des Werkstoffes ab. Viele Werkstoffe sind für eine Bearbeitung, die mit derartigen Beanspruchungen wie beim Schnittvorgang verbunden sind, nicht geeignet. Der Werkstoff muß in der Lage sein, so viel Formänderungsarbeit unter dem Einfluß der Druckkräfte in sich aufzunehmen, bis die Schubbeanspruchung einen Wert erreicht, der die Festigkeitsgrenze übersteigt und den Stoff längs der gewünschten Linie abtrennt. Andernfalls wird der Werkstoff zerbersten, platzen, sich spalten. Ist die Sprödig-

keit des Werkstoffes nicht so groß, daß er für eine Bearbeitung durch Schneiden ganz ungeeignet ist, so birgt doch ein harter Werkstoff die Möglichkeit in sich, daß im Augenblick des Bruches oder nachher, wenn der Stempel als Stoßstahl wirkt, sich vom Werkstoff kleine spanartige Teilchen lösen. Diese bekommen Bedeutung in dem Augenblick, wo sie nicht wegfallen, sondern sich zwischen die Werkzeuteile (Stempel, Schnittplatte, Abstreifer, Auswerfer) klemmen.

32. Durchschneiden mehrerer Lagen. Bei Werkstoffen, die mit Messern nach Abb. 70 bearbeitet werden, ergibt sich dabei keine Änderung der Arbeitsverhältnisse. Nach einem kurzen Zusammenpressen, durch die lose Schichtung bedingt, verläuft die Widerstandskraft nach der gewohnten Kurve bis zum Schnitt. Bald hierauf macht sich der Einfluß der nächsten Lage geltend. Das Spiel beginnt von neuem, jedoch in einer höheren Lage der Kräfte, usf. In der Gesamtheit wirkt solch geschichteter Werkstoff wie Pappe, bei der die Widerstandskraft gegen Ausknicken durch Trennung der einzelnen Lagen auf einen geringen Wert herabgesetzt ist. Mit zunehmender Zahl der Lagen bei derselben Gesamtstärke sinkt daher der notwendige Kraftbedarf erst stark, allmählich immer langsamer. Beim Umrißmesser wächst der Schnittwiderstand etwa geradlinig mit der Zahl der Lagen, beim Lochmesser bedeutend schneller.

Durch Verwendung von zweiteiligen Schnittwerkzeugen werden bei mehreren Lagen die Arbeitsbedingungen insofern geändert, als der Stempel nur bei der ersten Lage das eigentliche Schnittwerkzeug ist; bei den übrigen dagegen vertritt die darüberliegende Lage die Stelle des Stempels. Da es unmöglich ist, einen Werkstoff durch einen solchen gleicher Härte zu schneiden, so erlebt man bei einem solchen Versuch alle Folgen eines theoretisch falschen Schnittes: Reißen der Schnittkante, keine glatte Schnittfläche, Zerquetschungen und Verbiegungen in der Werkstoffebene und als Ergebnis dieser zusätzlichen Formänderungsarbeiten einen erhöhten Kraft- und Arbeitsbedarf.

Mit Vorteil kann man dieses Verfahren dagegen verwenden, wenn Filzscheiben und Messingscheiben gleicher Abmessungen herzustellen sind (Abb. 53) und wenn ein passendes Werkzeug für die Messingscheiben schon vorhanden ist. In diesem Falle ordnet man den Messingstreifen vor dem Schnittstempel, die Filzplatte vor der Schnittplatte an. Man muß natürlich dabei den Anschlagstift *C* in der oberen Führungsplatte anbringen.

33. Einfluß ausgeprägter Festigkeitsrichtungen im Werkstoff. Häufig finden sich Werkstoffe, die infolge ihrer Bearbeitung und Herstellung (Weben, Walzen) in zwei zueinander senkrechten Richtungen verschiedene Festigkeitswerte aufweisen. Bei der Bearbeitung derartiger Stoffe durch Schnitte ergibt sich dann der größere Schnittwiderstand, wenn die Schnittlinie senkrecht zur Richtung der höheren Festigkeit verläuft, weil die Druckwirkungen des Messers senkrecht zur Schnittlinie in den Stoff dringen, die Formänderungsarbeit also gerade in Richtung der höheren Festigkeit zu leisten ist. Der geringste Kraftbedarf bei der Herstellung eines Blanketts nach Abb. 54A ergibt sich dann, wenn die größeren Schnittlängen mit der Richtung der größeren Festigkeit parallel laufen (links). Soll aber bei *a—b* eine scharfe Knickung durch Biegen hergestellt werden, so

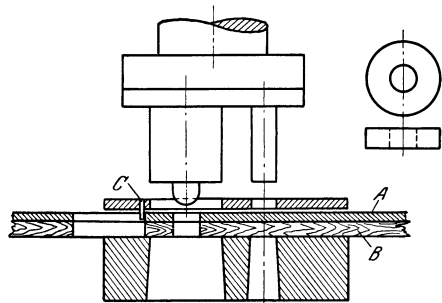


Abb. 53. Gleichzeitiges Schneiden durch Messing und Filz mit Folgeschnitt.

A = Messing; B = Filz; C = Anschlagstift.

müßte die ganze Biegungsbeanspruchung durch einen schmalen Streifen, der nur geringen Zusammenhalt mit den Nachbarstreifen hat, aufgenommen werden. Man dreht daher in solchem Falle das Blankett im Werkstoffstreifen um 90° (rechts) und nimmt eine größere Schnittkraft in Kauf. Auch die Biegungsbeanspruchung wird höher ausfallen, aber dafür weisen die gebogenen Fasern des Werkstoffes eine höhere Festigkeit auf. Dem Bestreben, eine höchste Güte des Erzeugnisses zu erzielen, sind jedoch Grenzen gezogen durch die Streifenausnutzung und durch die Form des Blanketts; denn sind in zwei zueinander senkrechten Richtungen Biegungen herzustellen (Abb. 54B), so ist der gerade beschriebene Idealfall nicht zu erreichen. Es kommt in diesem Falle darauf an, die beiden Biegungen mit der gleichen, höchst erreichbaren

Güte herzustellen bzw. ihre Güte dem Grad ihrer Beanspruchung anzupassen. Dieser Forderung entspricht die gezeichnete Lage des Blanketts.

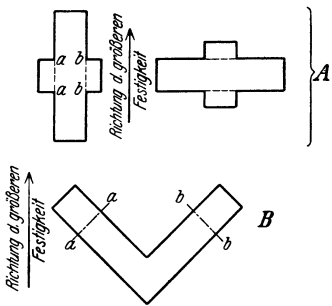


Abb. 54. Blankettanordnungen.

B. Für die Schneiden.

Aussehen von Werkstück und Schnittfläche, Kraft und Arbeitsaufwand sind Gesichtspunkte, die den Schnittebauer vornehmlich interessieren. Vom Aussehen der Schnittfläche hängt die Entscheidung ab, ob für eine geforderte Arbeit die Schnitttechnik verwendbar ist. Der Größtdruck ist ausschlaggebend für die Wahl des Schneidenwerkstoffes und für die Einhaltung der Festigkeits- und Formänderungsgrößen der Maschine. Durch den Arbeitsbedarf werden die Bewegungsgrößen, also die des Schwungrades, des Motors usw. und schließlich die Wirtschaftlichkeit des Schnittvorganges bestimmt.

34. Der Kraftbedarf. Die Höhe des Kraftaufwandes ist aus Festigkeitsformeln für die Schubfestigkeit nicht zu errechnen, weil diese Formeln gar keine Rücksicht auf die tatsächlich auftretenden Vorgänge nehmen, von Schnittgeschwindigkeit, Schneidenschärfe und Spiel ganz abgesehen. Berechnungen dieser Art sind daher nur für rohe Überschlüsse brauchbar. Bei solcher Berechnung wird der Schnittwiderstand W proportional dem Trennungsquerschnitt angesetzt mit $W = U \cdot s \cdot K$, worin U die Länge der Schnittlinie in mm,

Tabelle 2. Größe der Stoffzahl K bei verschiedenen Werkstoffen¹.

	K in kg/mm ²	
	weich	hart
1. Eisen und Stahl:		
Stahlblech, gewöhnlich	32	40
Ziehblech	30	35
Stahlblech höherer Festigkeit	45...50	55...60
„ dunkelrot	12...20	—
Stahl mit 0,1 % C-Gehalt	25	32
„ „ 0,2 % „	32	40
„ „ 0,3 % „ 20° C	36	48
„ „ 0,3 % „ 100° „	40...48	—
„ „ 0,3 % „ 200° „	50...60	—
„ „ 0,3 % „ 300° „	45...55	—
„ „ 0,3 % „ 400° „	35...42	—
„ „ 0,3 % „ 500° „	22...28	—
„ „ 0,3 % „ 600° „	9...12	—
„ „ 0,4 % „	45	56
„ „ 0,6 % „	56	72
„ „ 0,8 % „	72	90
„ „ 1,0 % „	80	105
Siliziumstahl	45	56
Chromnickelstahlblech		60
(18...20 % Cr; 7...12 % Ni; 0,1...0,4 % C; Rest Eisen)		
Nickeleisen (25 % Ni, Rest Fe)		50

¹ Zum größten Teil aus: Schuler-Taschenbuch, Berlin: Julius Springer.

	K in kg/mm ²	
	weich	hart
2. Nichteisen-Metalle:		
Blei	2...3	—
Messingblech	22...30	35...40
„ „ federhart	—	50...60
Nickel	40	70
Monel (67 % Ni; 28 % Cu; 5 % Mn + Fe)	45	70
Kupferblech	18...22	25...30
Zink	12	20
Neusilber	28...36	45...56
Silber	32	—
Gold	18	30
Platin	20	35
Zinn	3...4	—
Walzbronze	32...40	40...60
3. Leichtmetalle:		
Aluminium	7...9	13...16
Duraluminium	22	38
4. Nichtmetallische Werkstoffe:		
Leder, bis 2 mm	1,5	—
Papier 0,25 mm	16	—
Papier in Lagen		
5 Bogen je 0,25 mm	4,5	—
10 „ „ 0,25 „	2,3	—
20 „ „ 0,25 „	1,4	—
Holzpapier	2...2,5	—
Leichte Pappe	3...5	—
Graue Pappe	5...6	—
Lederpappe	7...10	—
Asbest	2...3	—
Filz	1...2	—
Klingerit	4	—
Gummi	0,6...1,6	—
Reines Kunstharz	2,5...3	—
Kunstharzgewebe	9	—
Kunstharzpapier	10...13	—
Glimmer 0,5 mm stark	8	—
„ 2,0 „ „	5	—
Zelluloid	4...6	—
Birkensperrholz	20	—
Buchenholz	1...2	—
Kiefernholz	1	—
Lindenholz	1...1,5	—
Tannenholz	0,6	—

s die Werkstoffdicke in mm, K die Stoffzahl bedeutet (Tabelle 2). Bei einem Schnitt mit Scherschräge, Schrägenwinkel ω , nimmt die obige Formel die Form an

$$W = \frac{0,225 \cdot s^2}{\operatorname{tg} \omega} \cdot K \text{ kg.}$$

35. Der Leistungsbedarf.

a) Eine Faustformel gibt den Leistungsbedarf von Lochmaschinen mit N = Blechdicke (mm) $\times$ Lochdurchmesser (mm) $\cdot \frac{1}{60}$ PS an.

b) Legt man der Leistungsberechnung den oben bestimmten Schnittdruck zugrunde, so kommt man zu der Gleichung

$$N = \frac{W \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ PS,}$$

wenn W der größte Schnittwiderstand, v die Schnittgeschwindigkeit, η der Wirkungsgrad der Maschine (0,5...0,7) ist.

c) E. HARTWIG bestimmt den Leistungsbedarf einer Presse aus Leerlaufarbeit N_1 und Nutzarbeit N_2 . $N_1 = 0,16 \dots 0,82$ PS für eine mittlere Presse je nach Ausführung und Größe, $N_2 = 3,71 \cdot a \cdot F$, worin $a = 0,25 + 0,0145 \cdot s$ ist, F die Schnittfläche in m² je Stunde und s die Werkstoffdicke in mm bedeutet.

d) C. CODRON bestimmt N_2 folgendermaßen: Bedeutet m das Verhältnis des mittleren Widerstandes zum größten, n das Ver-

hältnis des wirklichen reinen Schnittweges zur ganzen Werkstoffhöhe, so ist der Arbeitsbedarf

$$A = m \cdot W \times n \cdot s = m \cdot n \cdot s \cdot W \text{ mmkg.}$$

Ersetzt man den Gesamtdruck W durch den Widerstand je mm² (w), so erhält man

$$A = m \cdot n \cdot s^2 \cdot b \cdot w \text{ mmkg.}$$

Derartige Feststellungen sind aber nur am vollendeten Schnitt zu machen. Ohne Versuche kann man also nicht zu zuverlässigen Werten gelangen.

e) Den sichersten Weg, um zu verlässlichen Werten zu gelangen, geht man, wenn man das Druck-Weg-Diagramm aufnimmt und ausmißt.

36. Anforderungen an den Werkstoff der Schneiden hinsichtlich Festigkeit und Zähigkeit. Der Werkstoff des Werkzeuges muß immer härter sein als der zu bearbeitende, damit überhaupt ein Schneiden stattfindet. Er muß eine so hohe Festig-

keit haben, daß ein Stauchen während der Arbeit nicht zu befürchten ist, und eine solche Härte, daß die auftretende Reibung das Werkzeug nicht zu schnell abnutzt. Das stoßende Arbeiten der Werkzeuge stellt hohe Ansprüche an ihre Zähigkeit, ohne die die Schneide sehr bald zersplittern würde. Für die Größenordnung der Schneidenbeanspruchung sprechen folgende Versuchsergebnisse beim Lochen von Kesselblech: Blechstärke 20 mm, Stempeldurchmesser 27 mm: gemessener Höchstdruck 65 000 kg, mittlere Stempelbeanspruchung also 11 360 kg/cm². — Blechstärke 20 mm, Stempeldurchmesser 20 mm: gemessener Höchstdruck 48 000 kg, mittlere Stempelbelastung also 15 400 kg/cm². Unter Berücksichtigung der schon erwähnten ungleichmäßigen Belastungsverteilung müßte man in diesem Fall also mit einer Schnittkantenbeanspruchung von etwa 200...300 kg/mm² rechnen.

37. Härte der Schneiden. Staucht sich beim Schnitt die Schneide, so wird diese Stauchung nicht gleichmäßig sein, sondern an der Kante am stärksten (von Unregelmäßigkeiten der Härtung ganz abgesehen). Nahe der Kante werden also in der Schneide neue Spannungen erzeugt. Ist außerdem der Widerstand des Werkstoffes verschieden (Ungleichmäßigkeiten in Gefüge und Dicke), so entstehen längs der Schnittkante auch noch Biegungsspannungen. Diese Beanspruchungen zusammen mit ihren ständigen Wiederholungen stellen sich als besonders gefährlich heraus, wenn der Werkstoffwiderstand elastische Formänderungen von solcher Höhe in den Schneiden hervorruft, daß Ermüdungserscheinungen im Schneidenwerkstoff eintreten. Zweckmäßig wählt man also die Werkzeughärte im Verhältnis zur Werkstoffhärte möglichst groß, so daß die elastischen Formänderungen gering ausfallen; denn die hierzu notwendigen Formänderungsarbeiten dienen nur der Werkzeugvernichtung. Die zulässigen Grenzen der elastischen Formänderungen in den Werkzeugen sind um so enger zu halten, eine je größere Gesamtschnittzahl vom Werkzeug verlangt wird. Namentlich gilt dies für schwere Schnitte (große Blechdicke, hoher Werkstoffwiderstand).

38. Gesichtspunkte für die Auswahl des Schneidenwerkstoffes. Nun läßt sich aber die Härte der Schneiden nicht beliebig in die Höhe treiben, weil die Schneiden mit zunehmender Härte unter Berücksichtigung der stoßenden Arbeitsweise zu spröde werden. Bei schweren Schnitten, d. h. bei der Verarbeitung von Werkstoffen mit hohem Schnittwiderstand bei großer Neigung zum Fließen und bei im Verhältnis zu den Formabmessungen großen Blechdicken muß man mit Druck-Biegungs-Spannungen und entsprechenden Formänderungen der Schneiden rechnen und deshalb für ihre Herstellung Werkstoffe wählen, die ihrer Natur nach in der Lage sind, derartige Formänderungsarbeiten aufzunehmen, auch auf die Gefahr hin, an Verschleißwiderstand opfern zu müssen. Man wählt also niedriggekohte Werkzeugstähle und solche legierte Stähle, die ein großes Formänderungsvermögen bei möglichst großer Oberflächenhärte zulassen.

Bei leichteren Schnitten wird das Formänderungsvermögen nicht in Anspruch genommen, so daß man also seine ganze Aufmerksamkeit dem Widerstand gegen Verschleiß schenken und hoch härten kann. Man wählt daher Werkzeugstähle mit hohem C-Gehalt und bevorzugt bei den legierten Stählen die, welche das geringste Härtungsrisiko und die geringsten Maßabweichungen aufweisen (s. Heft 59 Anhang).

Bei weichen Werkstoffen und bei weichem Stahl bis zu 1,5 mm Dicke ist es bisweilen wirtschaftlicher, einen Werkzeugteil weich zu lassen, den anderen dagegen so stark zu härten, wie es die Arbeitsverhältnisse gestatten. Der Einfluß des gehärteten Werkzeugteiles auf den Schnittvorgang wird dadurch gegenüber dem weicheren verstärkt. Zweckmäßig wählt man für den weichbleibenden Werk-

zeugteil einen Stahl, der im ungehärteten Zustande hohe Verschleißfestigkeit hat¹. Welchen der Werkzeugteile man härtet, ist eine Herstellungs- und Betriebsfrage. Für die Härtung der Schnittplatte spricht der Umstand, daß der Werkstoff unter Reibung über sie hinweggleiten muß. Sind jedoch die Umrißformen so vielgestaltig und eng, daß der Durchbruch der Schnittplatte Schwierigkeiten macht, so härtet man den Stempel, der in der Außenform leichter zu bearbeiten ist.

39. Glätte und Sauberkeit der Schneiden. In allen Fällen — die Schneiden mögen geformt sein wie sie wollen — ist größte Sorgfalt und Genauigkeit bei der Herstellung Vorbedingung für gute Arbeit. Sie verlangt vom Schnittmacher ein Höchstmaß von Geschicklichkeit im Feilen; denn zeigt die Schnittkante Abweichungen senkrechter Richtung, so schwanken die Keilwinkel. Da nur Erhöhungen den ersten größeren Druck aufzunehmen haben und an diesen Punkten gerade die kleinsten Keilwinkel herrschen, also die Schneide am empfindlichsten ist, so ist eine vorzeitige Störung zu erwarten. Abweichungen in waagerechter Ebene bedeuten Änderungen im Spiel zwischen den Schneiden. Man hat infolgedessen bei dünnen Werkstoffen mit Gratbildung, bei stärkeren mit Ungleichmäßigkeiten in der Maßeinhaltung zu rechnen. Auch der erzielte Grad von Glätte ist von größtem Einfluß auf die Schneidhaltigkeit; denn Riefen u. dgl. sind ein Zeichen dafür, daß losgerissener, aufgerissener Werkstoff oder in ihrem Zusammenhang gelockerte Schichten einen Teil der Schneidkante bilden. Solche Stellen sind die Angriffspunkte der Schneidenzerstörung.

Die Forderung nach sauberer Bearbeitung wird um so eher erfüllt werden, als es möglich ist, diese Arbeiten durch die Maschine ausführen zu lassen. Diese Möglichkeit hängt von der Form der Schneiden ab, da geometrische Gebilde sich nur in einer beschränkten Zahl von Formen wirtschaftlich auf der Maschine herstellen lassen. Entscheidend hierfür ist die Ausbildung der Schneidenwinkel und die Schnittform an sich. Die Schneidenwinkel sind in Abb. 55 angegeben.

40. Die Ausbildung des Freiwinkels an Stempel und Schnittplatte. a) Ein Freiwinkel ist kaum zu entbehren, wenn hohe Reibungsverluste zu erwarten sind und man infolgedessen mit Verbiegungen des ausgeschnittenen Werkstoffes rechnen muß.

Die einfachste Gestaltung einer solchen Schneide gibt Abb. 66 c für den Stempel, Abb. 56 für das Werkzeugunterteil wieder, bei der man je nach Werkstoffstärke $\alpha = \frac{1}{2} \cdots 1\frac{1}{2}^\circ$ macht, wenn Eisen in Betracht kommt. Solche Schneiden arbeiten vorzüglich, bedürfen jedoch bald des Schleifens, weil die Schnittkante hoch beansprucht ist. Mit zunehmendem Abschleifen wird die Schnittöffnung größer. Dies pflegt meistens kaum von Einfluß auf die Schnittgenauigkeit zu sein; denn 0,15 mm, die meist für Scharfschliff verloren gehen, ergeben bei

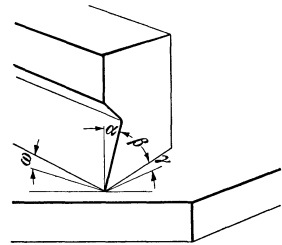


Abb. 55. Winkel an den Schneiden.
 α = Freiwinkel; β = Keilwinkel;
 γ = Zuschärfung; $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$;
 ω = Scherschräge (Neigungswinkel).

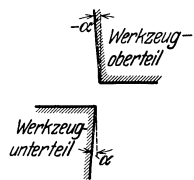


Abb. 56. Stempel mit negativem Freiwinkel.

eine Vergrößerung des Spiels von 0,00131 $\frac{1}{2}^\circ$ 0,00197 $\frac{3}{4}^\circ$ 0,00262 1° 0,00327 $1\frac{1}{4}^\circ$ 0,00393 mm $1\frac{1}{2}^\circ$

zwischen den Schneiden. Werden bei den vergrößerten Spielen zwischen den Schneiden die Trennungskanten nicht sauber genug, so kann man dem dadurch entgegenwirken, daß man den Stempel ein klein wenig hinter seiner Schnittfläche verstärkt, ihn also mit einem — allerdings sehr geringen — negativen Freiwinkel

¹ Beispiele solcher Stähle: VT-Stahl (Hörder Verein), Mangan-Stähle.

ausstattet (Abb. 56) derart, daß die Vergrößerung des Schnittplattendurchbruches dadurch wieder aufgehoben wird. Dabei werden die Ausschnitte allerdings etwas größer. Will man derartige Erscheinungen vermeiden, so läßt man die Fläche hinter der Schnittkante erst einige Millimeter senkrecht verlaufen und dann erst unter dem Freiwinkel geneigt (Abb. 57). Für Stempel gilt natürlich dasselbe, doch findet man die Ausführung an Schnittplatten häufiger. Die Höhe dieser senkrechten Fläche errechnet sich aus der geforderten Schnitzzahl, aus dem Werkstoffverlust von etwa 0,15 mm je Schliff und aus der Stückleistung je Scharfschliff. Eine größere Höhe als 3...5 mm kann man jedoch dieser Fläche nicht geben; denn die mit dem Schnittvorgang verbundene Reibung nützt die Fläche langsam trichterförmig aus. Es findet dann kein Schneiden, sondern ein Abquetschen statt. Dem an die Fläche anschließenden Freiwinkel gibt man eine Größe von etwa 3°. Der billigeren Herstellung wegen findet man auch Formen wie in Abb. 57 (für Stempel) und 58 (für Schnittplatten). Für das Werkzeugunterteil sind die Reibungsverhältnisse ganz besonders ungünstig, wenn die Schneide einen geschlossenen Linienzug darstellt und der ausgeschnittene Werkstoff nach unten wegfallen soll. In diesem Falle muß entweder das Werkzeugoberteil den Ausschnitt einzeln durch die Schnittplatte hindurchdrücken (langer Reibungsweg), oder ein ausgeschnittenes Stück muß das andere zur Schnittplatte herausdrücken (Zusatzbelastung für das Werkzeugoberteil). Für die Schnittplatte ist also der Freiwinkel von besonderer Wichtigkeit.

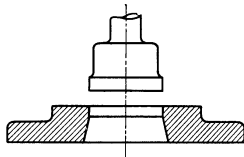


Abb. 57. Zweckmäßige Schnittform.

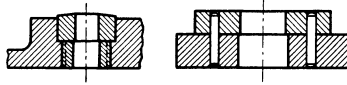


Abb. 58. Billige Schnittplattenausführung.

b) Die Vorteile eines Freiwinkels wurden oben besprochen. Eingengt wird seine Anwendung, weil er die ohnehin hochbeanspruchte Schneide schwächt. Bei schweren Schnitten ist weiter zu beachten, daß die Reibung nicht nur beim Schneiden selbst, sondern auch bei der Rückwärtsbewegung des Stempels überwunden werden muß. Durch das Spiel zwischen den Schneiden wird das hergestellte Loch kegelig. Diese Erscheinung verstärkt sich noch, wenn man dicken Werkstoff hoher Elastizität verarbeitet, weil nach der Trennung der den Stempel umgehende Stoff sich wieder zusammenzieht und das Loch noch mehr verengt (Abb. 59). Der Stempel hängt also regelrecht in dem von ihm hergestellten Loch und muß während des Abstreifens neben der Reibungsarbeit auch noch Formänderungsarbeit leisten, die sich meistens nicht nur auf die Trennfläche beschränkt, sondern auch den umgebenden Stoff verbiegt. Die Schneiden verschleißен dabei vom Rücken her. Kommt dann noch hinzu, daß das Loch wegen seiner kegeligen Form nachgearbeitet werden muß, so vermeidet man den Freiwinkel, damit der zylindrische Stempelschaft das Loch während des Fließvorganges formen kann, bei großer Federung des Bleches wendet man sogar einen negativen Freiwinkel an, um durch das Nachdrücken des kegeligen Stempels ein Fließen in dem bereits durchschnittenen Werkstoff zu bewirken, damit die Elastizität zu überwinden und eine bleibende Formänderung zu erzielen.

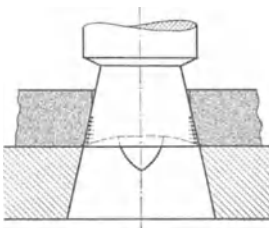


Abb. 59. Werkstoff hängt am Stempel mit Freiwinkel.

c) Ähnliches gilt für die Schnittplatte. Genügt die beim Schnitt erreichte Glätte der Trennungsfläche nicht den gestellten Anforderungen, so kann man mit

Hilfe von Schlicht- und Polierwerkzeugen diesen Mangel abstellen. Schlichtwerkzeuge (verengertes Spiel): Die Schnittplatte erhält genau die geforderten Abmessungen des Werkstückes. Der Stempel wird so groß gehalten, daß er eben noch in die Schnittplatte geht. Bei 5 mm dickem weichem Stahl genügen 0,07 bis 0,08 mm Spiel längs der Schnittkante. Die Schnittplatte wird so sauber wie möglich poliert und läuft kegelig aus, um das Herausfallen des fertigen Werkstückes zu erleichtern. Wichtig ist eine genaue Zuführung, damit rund herum gleichviel Werkstoff abgeschabt wird. Das Werkstück bekommt ein so sauberes Aussehen, wie wenn es von der Fräsmaschine käme. Polierwerkzeuge (negativer Freiwinkel): Anschließend kann man das Werkstück durch ein Werkzeug gehen lassen, das dem obigen gleicht mit dem Unterschied, daß es statt der kegelligen Erweiterung der Schnittplatte hinter der Schneidkante eine geringe Verengung um etwa 0,05 mm längs der Schneidkante zeigt. Die Schnittplatte muß sehr sauber poliert und stark gehärtet werden. Die Wirkung des Werkzeuges beruht darauf, daß die Kanten des Werkstückes infolge des zum Durchpressen notwendigen Druckes etwas gestaucht werden und daß die so erzeugte Reibung poliert (Nachschneiden).

41. Schneiden mit spitzem Keilwinkel. In Abb. 10 sind Schneiden mit rechtem und mit spitzem Keilwinkel schon gegenübergestellt. Ein Schnittversuch mit Kupfer 15×15 mm ergab für die Keilwinkel $\beta = 90^\circ$ und $\beta = 85^\circ$ die Weg-Kraft-Schaubilder Abb. 60.

a) Vorteile des spitzen Keilwinkels.

Der zur gegenseitigen Annäherung der Schneiden notwendige Druck wächst mit der Eindringungstiefe der Schneiden in den Werkstoff — wenigstens bis zu einem bestimmten Punkt. Setzen nun Schneiden mit spitzem Keilwinkel auf den Werkstoff auf, so werden zunächst die an der Schnittebene gelegenen Kanten der Schneiden die Kraftübertragung übernehmen und erst allmählich die unteren Flächen dazu herangezogen werden. Bei den Schneiden mit 90° Keilwinkel nehmen sofort die ganzen unteren Flächen, soweit es Elastizität von Werkzeug und Werkstoff erlauben, an der Kraftübertragung teil. In demselben Maße wird sich der Fließvorgang bei spitzem Keilwinkel auf eine viel geringere Werkstoffbreite als beim 90° -Keilwinkel erstrecken. Da nun Fließen in diesem Falle ein Abgleiten von Werkstoffschichten über andere unter dem Einfluß hoher Druckkräfte ist und dies Fließen nicht in der allgemeinen Krafrichtung, sondern unter einem Winkel zu dieser erfolgt, so sind erhebliche innere Reibungsarbeiten zu leisten. Je geringer also die durch Fließen verursachte Formänderung ist, desto geringer muß auch die zur Trennung aufgewandte Arbeit sein, desto mehr muß sich die Trennungsfläche der Schnittebene nähern. Der zur Trennung notwendige Höchstdruck ist bei dem obenerwähnten Versuche um etwa 22%, die aufzuwendende Arbeit um etwa 25% bei $\beta = 85^\circ$ niedriger als bei $\beta = 90^\circ$ (zu Abb. 60).

b) Nachteile des spitzen Keilwinkels. Der Nachteil spitzer Keilwinkel liegt in der hohen Schneidenbelastung und ihrer Folge, dem Schartigwerden der Schnittkanten. Unter dem Einfluß des eingeleiteten Druckes P (Abb. 61) sucht der Werkstoff zu kippen. Folgt er dieser Neigung, so wird dadurch das Drehmoment $P_w \cdot b$ wachgerufen. Namentlich zu Beginn des Schneidens, wenn der Werkstoff noch am ehesten Bewegungsfreiheit hat, kann dies Drehmoment der Schneidenschärfe böß mitspielen, weil zunächst die Schnittkante fast allein die

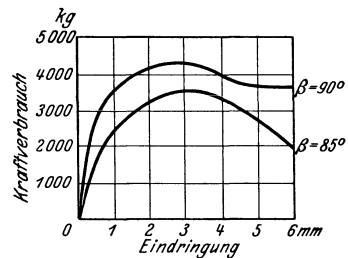


Abb. 60. Kraftverbrauch in Abhängigkeit von der Eindringungstiefe für Kupfer bei $\beta = 85^\circ$ und 90° .

Kraft überträgt, die Möglichkeit also besteht, daß die Kraftwirkungen durch Unebenheiten und ungleichmäßige Dicke des Werkstoffes auf einzelne Punkte zusammengedrängt werden. Der vom bearbeiteten Werkstoff geäußerte Widerstand ist W (Abb. 62). Während der senkrechte Teil dieser Kraft W_s der Bewegung

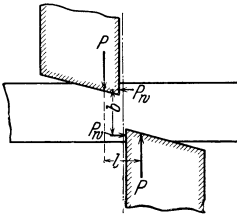


Abb. 61. Entstehen des Kippmomentes.

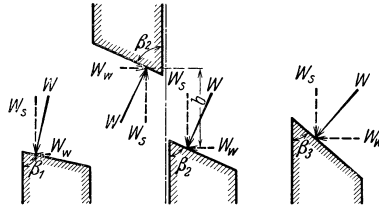


Abb. 62. Kräfte beim Schnitt.

der Schneide entgegenwirkt, verhütet das Drehmoment der waagerechten Kräfte W_w eine Werkstoffbewegung infolge des Drehmoments $P_w \cdot b$ (Abb. 61). Je spitzer der Keilwinkel, desto größer die Teilkraft W_s , desto größer die Teilkraft W_w (Abb. 62). Der Keilwinkel ist also so zu wählen, daß das Drehmoment $W_w \cdot b$ (Abb. 62) eine Bewegung des Werkstoffes unter dem Einfluß des Drehmoments $P_w \cdot b$ (Abb. 61) verhütet.

c) Der Schnitt mit stumpfer Schneide. Je größer der Schnittdruck, je größer die Reibungszahl zwischen Schneide und Werkstoff, um so schädlicher die Wirkung der Reibungsarbeit auf das Werkzeug. Wenn man von Zunder nicht

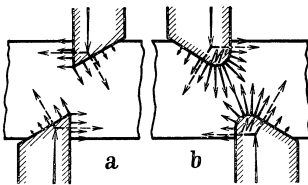


Abb. 63. Kräfte an scharfen und stumpfen Schneiden.

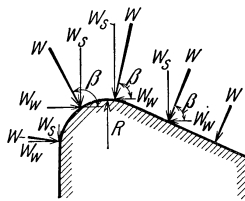


Abb. 64. Kräfte an stumpfer Schneide.

ganz gesäuberten Werkstoff durch Schneiden mit spitzem Keilwinkel verarbeitet, werden sich die Schnittkanten bald nach einem mehr oder minder großen Halbmesser R (Abb. 64) abrunden. Das Kräftespiel an der Schneide verläuft

nicht mehr nach Abb. 62, sondern wie die schematische Darstellung Abb. 63 zeigt: Die Größe des Keilwinkels β ändert sich fortgesetzt und nimmt sogar Werte über 90° an (Abb. 64). Die Einzelkräfte W_w rufen an der Abstumpfung teils rechtsdrehende, teils linksdrehende Momente hervor. Bei richtig konstruierter Schneidenform kann also beim Nachlassen der Schneidenschärfe die bezweckte Wirkung des spitzem Keilwinkels zum Teil wieder aufgehoben werden. Gleichzeitig steigt der Kraft- und Arbeitsbedarf; denn die Stellen der Schneiden mit dem Größtdruck entfernen sich von der Schnittebene. Damit gleiten die Werkstoffschichten nicht mehr nahe an den Schneiden ab. Die Trennungsfläche neigt sich gegen die Senkrechte mit ab-

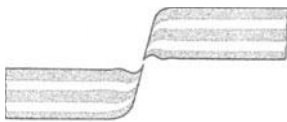


Abb. 65. Mit stumpfen Schneiden geschnitten.

nehmender Schärfe des Werkzeuges. Häufig genug verrät noch das fertige Werkstück den Schneidenzustand des Werkzeuges, mit dem es hergestellt wurde (Abb. 65).

d) Auswertung. Schneiden mit spitzem Keilwinkel sind also geeignet, den Kraft- und Arbeitsbedarf herabzusetzen und der Neigung des Werkstoffes, sich zwischen die Schneiden zu klemmen, entgegenzuwirken. Man wird sie da anwenden, wo der Werkstoff im Verhältnis zur Schneide nicht zu hart ist, weil sonst die Schneidenschärfe bald nachläßt, und dann, wenn die Ersparnisse an Kraft- und Arbeitsbedarf nicht durch Mehrkosten der Herstellung und Instandhaltung

verzehrt werden. Betriebstechnisch notwendig wird geradezu ihre Anwendung, und zwar an dem weichen Werkzeugteil, wenn man mit verschiedenen harten Werkzeugteilen arbeitet, weil nach dem Stumpfwerden bei spitzem Keilwinkel die Schneide leichter wieder herzustellen ist.

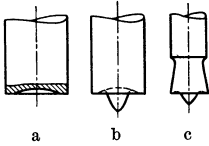


Abb. 66.

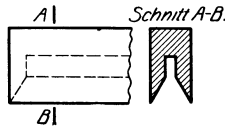


Abb. 67.

Abb. 66...68. Werkzeuge mit spitzem Keilwinkel.

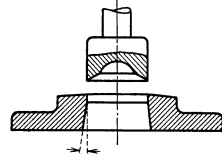


Abb. 68.

e) Praktische Ausbildung. Die praktische Ausbildung der Schneide mit spitzem Keilwinkel zeigen an einigen Beispielen die Abb. 66...68. Formen wie Abb. 69, Ausdrehung des Stempels, Andrehung der Schnittplatte, sollen das Schleifen bzw. Dengeln erleichtern.

42. Messerschnitte nehmen in diesem Zusammenhang eine besondere Stellung ein. Es gibt eine Anzahl Stoffe, die mit den bisher geschilderten Werkzeugen nicht bearbeitet werden können. Leder würde sich z. B. in der Schere abbiegen, so daß ein genaues Schneiden nicht möglich ist, Pappe und ähnliche Stoffe würden infolge der mengenmäßig starken Stoffverdrängung zerreißen. Derartige Stoffe bearbeitet man daher nur mit einem Stempel, die Schnittplatte ersetzt man durch eine hölzerne, bleierne oder ähnliche Unterlage. Dieser Messerschnitt (Abb. 70) mit einem Keilwinkel bis zu höchstens 60° bietet elastischen Stoffen kaum eine Fläche, welche die zur Querdehnung des Werkstoffes notwendige Kraft auf diese überträgt. Anwendbar ist der Messerschnitt überall da, wo ein verhältnismäßig niedriger Werkstoffwiderstand die Verwendung des genannten Keilwinkels gestattet.

Grundsatz bei der Gestaltung ist, daß mit Rücksicht auf die Maßhaltigkeit die Trennflächen an dem herzustellenden Stück durch gerade Schneiden ausgeführt werden. So ergeben sich Loch- und Umrißschnitte. Bei den Lochschnitten drängt sich infolge der Verengung des Raums zwischen den Schneiden der Ausschnitt so fest zusammen, daß er unter Umständen herausgebohrt werden muß. Man wendet sie daher nur an, wenn keine andere Möglichkeit besteht. Messerschnitte für große Stückzahlen werden aus dem Vollen hergestellt. Die Schneiden bleiben während der Herstellung und des Härtens wegen der Verbrennungsfahrer stumpf und erhalten erst durch Schleifen ihre Schärfe. Messerschnitte für verwickelte Umrißformen stellt man dadurch her, daß man ein Stück Bandstahl der gewünschten Form entsprechend biegt.

Eine besondere Ausführungsform stellt Abb. 71 dar. Man verwendet sie, um zugeschnittenen Gummi-, Fiber-, Tuchplatten genaues Maß zu geben. Da diese Stoffe in sich nachgiebig sind, pressen sie sich unter dem Schnittdruck beim Zuschneiden auf Scheren zusammen und dehnen sich seitlich aus, aber nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt, sondern Stempel und Schnittplatte halten den Stoff oben und unten fest. Infolgedessen ist die Dehnung in der Mitte des Werkstoffes am stärksten. Beim Nachlassen des Schnittdruckes zieht sich der

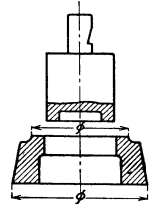


Abb. 69. Ausdrehungen an den Werkzeugen zur Erleichterung des Schärfens.

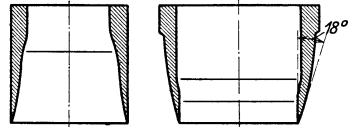
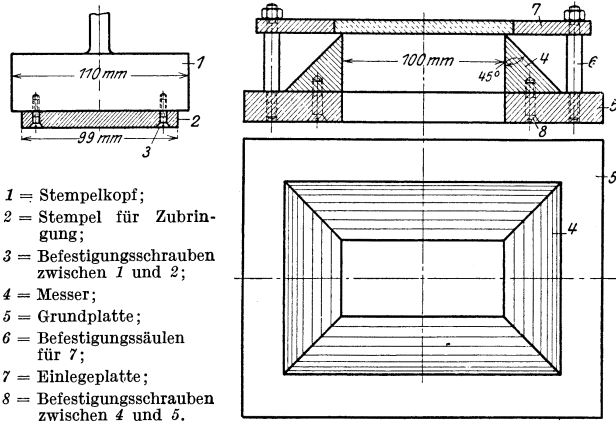


Abb. 70. Stempel für den Messerschnitt (links für Lochungen, rechts für Ausschnitte).

Werkstoff mehr oder minder wieder zusammen (Abb. 72). Man schneidet ihn daher auf der Schere etwa 5 mm größer aus und gibt ihm mit dem dargestellten Werkzeug sein genaues Maß. Dabei ist das Spiel zwischen Messerschnitt und Stempel



- 1 = Stempelkopf;
2 = Stempel für Zubringung;
3 = Befestigungsschrauben zwischen 1 und 2;
4 = Messer;
5 = Grundplatte;
6 = Befestigungssäulen für 7;
7 = Einlegeplatte;
8 = Befestigungsschrauben zwischen 4 und 5.

Abb. 71. Schnitt zum Nachschneiden von Gummi, Fiber u. dgl.

— soweit man von einem solchen reden kann — von keinem Einfluß auf die Ausschnittgröße, da der Stempel nur noch

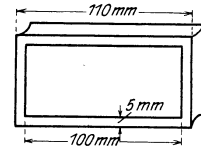


Abb. 72. Werkstoff mit Zugabe nach dem Schnitt mit der Schere.

den Zweck der genauen Zubringung hat.

Eine weitere Art des Messerschnittes¹ ist in

der Abb. 73 beschrieben. f ist eine etwa 6 mm dicke ungehärtete Schablone aus chromlegiertem Stahlblech. g ist das zu besäumende Werkstück. Im Stempelkopf sind zwei Gummipplatten b , in ihren Abmessungen etwa 15...20 mm größer als die Schablone f , allseitig eingespannt, so daß bei Druckbeanspruchung nur eine Richtung zum Ausweichen bleibt, auf das zu bearbeitende Stück zu, das so zunächst festgehalten wird und von dem dann durch Biegen um die scharfe Kante der Schablone der Rand abgetrennt wird. Anwendbar ist dies Verfahren für Leichtmetall-, Messing- und Kupferbleche sowie für Stahlbleche bis zu 1,5 mm Dicke.

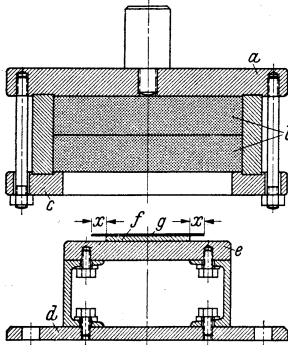


Abb. 73. Vielseitig verwendbares Werkzeug zum Ausschneiden von Blechteilen mit Hilfe von Gummi. a = aus Stahlplatten zusammengesetztes Oberteil; b = Platten aus Sondergummi; c = Unterplatte des Obertheiles; d = aus Stahlplatten mit einem gegossenen Zwischenstück zusammengesetztes Unterteil; e = Deckplatte des Unterteiles; f = Schneidschablone; g = Blech, aus dem der Ausschnitt hergestellt werden soll.

43. Anwendung der Scherschräge. a) Die Scherschräge wendet man bei großen Schnitten an, wo Druckausgleich unbedingt notwendig wird, selbst wenn ihre Anbringung die Herstellung wesentlich erschwert und man einen Mehraufwand an Arbeit, die der Verformung des Bleches dient, mit in Kauf nehmen muß. Würde z. B. der Stempel in Abb. 74 auf seiner ganzen Fläche gleichzeitig anfassen, so würden bei dem auftretenden Druck die seitlich

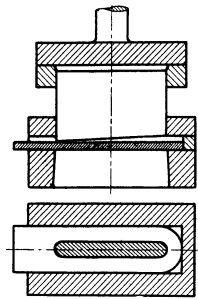


Abb. 74. Scherschräge an einem Lochstempel.

stehenbleibenden Streifen sich verbiegen. Weiter fällt ins Gewicht, daß man mit leichten, handlicheren und schnelleren Maschinen unter Verwendung weniger hochwertigen Stoffes für die Werkzeuge arbeiten kann.

¹ Vgl. Z. d. VDI Bd. 83 (1939) Nr. 27, S. 811: M. STEHLE: Neue Werkstoffe für Stanzereiwerkzeuge.

Die stoßdämpfende Wirkung der Scherschräge beruht auf zwei Erscheinungen:

Erstens wird durch die Schrägstellung der Schneide der Keilwinkel verkleinert (Abb. 75), der notwendige Höchstdruck also herabgesetzt (s. Abb. 60).

Zweitens gelangt durch die Schräge nicht der ganze Querschnitt unvermittelt vor die Schneide, sondern immer nur ein Teil des gesamten Querschnitts. Durch die Scherschräge wird der Schnittvorgang in drei Phasen gegliedert: das Anschneiden,

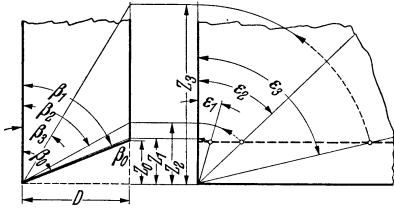


Abb. 75. Verkleinerung des Keilwinkels durch die Scherschräge.

Bei einer Schrägstellung der Schneide um 0° ($\varepsilon = 0$)

ist der wirksame Keilwinkel β_0 .

Bei einer Schrägstellung der Schneide um $\varepsilon = \varepsilon_s$

ist der wirksame Keilwinkel β_s .

$$\beta_s \text{ errechnet sich } \operatorname{tg} \beta = \frac{D}{Z} \quad Z = \frac{Z_0}{\cos \varepsilon}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D \cdot \cos \varepsilon}{Z_0}$$

das Ausschneiden und dazwischen die Zone mit gleichbleibender Schnittlänge. Die schraffierten Flächen in Abb. 76 geben den Teil des Querschnitts an, der mit gleichbleibender Schnittlänge getrennt wird. Das Dreieck links oben ist die Zone des Anschneidens, rechts unten die des Ausschneidens. Durch die Anwendung der Scherschräge wird der notwendige Hub allerdings verlängert.

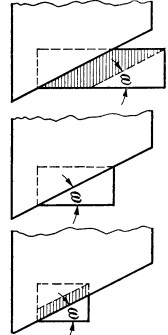


Abb. 76. Die geometrischen Verhältnisse an der Scherschräge.

b) Die auftretenden seitlichen Drucke hebt man meistens durch entgegengesetzte Neigung auf (Abb. 77 u. 78). Beim Lochsen ist die Scherschräge an dem Werkzeugoberteil, beim Ausschneiden an der Schnittplatte anzubringen; denn der um den Ausschnitt stehenbleibende Stoff wird gegen die Schnittplatte gedrückt und biegt sich wenigstens in der näheren Umgebung des Schnittes nach der Schnittplattenoberfläche. Der Ausschnitt selbst paßt sich der Stempelstirnfläche an. Hieraus ist zu erkennen, wie wichtig es zur Erzielung ebener Werkstücke ist, Schnittplatte und Stempel genau parallel zueinander auszurichten. In dem Bestreben, möglichst wenig bleibende Verbiegungsarbeit zu leisten und daher den Abfall

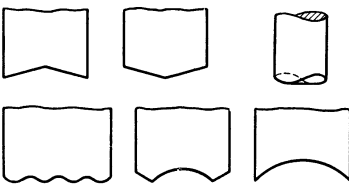


Abb. 77.

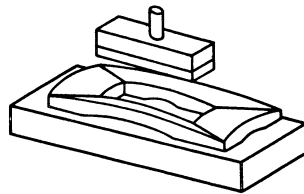


Abb. 78.

Abb. 77 und 78. Aufhebung der Seitendrucke durch entgegengesetzte Neigung.

wieder benutzen zu können, ist es am besten, Schnitte nur mit zwei Hochpunkten zu versehen. Auf diese Weise wird der Abfall nur einfach um eine Kante gebogen und zeigt Neigung zurückzufedern. Bei mehr als zwei Hochpunkten (Abb. 78) erfolgen örtliche Dehnungen, die den Abfall in eine gewölbte Form zwingen.

c) Dieses Scherprinzip läßt sich auch auf zusammengesetzte und kombinierte Werkzeuge anwenden.

Gehen bei einem Arbeitshub mehrere Stempel durch den Werkstoff, so ist es meist üblich, die zum Druckausgleich notwendige Staffellung der Stempel so durchzuführen, daß der zweite auf den Werkstoff aufsetzt, wenn der erste ihn durchdrungen hat. Unter Berücksichtigung der Schaubilder (Abb. 34 u. 36) ist es zweck-

mäßiger, den zweiten Stempel dann zum Schnitt ansetzen zu lassen, wenn der erste die Periode des Höchstdruckes überwunden hat. Auf diese Weise läßt sich eine Druckverteilung schaffen, die die ersterwähnte Schnittweise an Gleichmäßigkeit übertrifft, ohne wesentlich deren Druckhöhe zu überschreiten. Der sich ergebende kleinere Hub gestattet die Verwendung kürzerer, daher widerstandsfähigerer Stempel und höherer Hubzahlen.

Bei Stoffen mit hoher Scherfestigkeit verbiegt sich der umgebende Stoff, ehe die Trennung erfolgt, da die Druckspannung sehr oft eher die Quetschgrenze

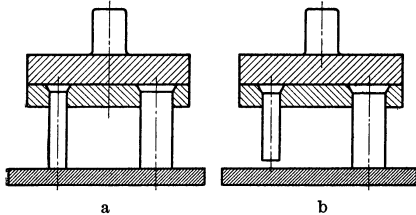


Abb. 79. Werkzeuge mit mehreren Stempeln.

erreicht, als die Schubspannung den Widerstand des Stoffes überwindet. So kann beim Arbeiten mit mehreren Stempeln sich der Werkstoff an einem Stempel festklemmen, unter Umständen, wenn die Werkstoffbewegung gerade dann erfolgt, wenn ein zweiter Stempel aufsetzt, dieser abgebrochen werden. Damit die Werkzeugeile nicht gegeneinander verschoben werden, sollte das Werkstück von den

Schneiden an zwei möglichst diagonal um die senkrechte Stößelachse verteilten Stellen erfaßt werden (Abb. 79 a). Empfehlenswert ist es, diese Punkte so weit wie möglich auseinanderzurücken und die starrsten Stempel zuerst durch den Werkstoff gehen zu lassen, damit sie den schwächeren als Führung dienen (Abb. 79 b).

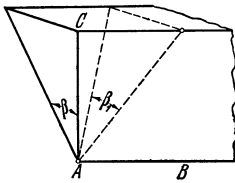


Abb. 80. Wirkungsweise des ziehenden Schnittes.

Wandert das Messer auf senkrechtem Wege von C nach A und gleichzeitig waagrecht von A nach B, so ist der wirksame Keilwinkel nicht β , sondern β_1 , d. h. er ist kleiner als β . — Ersetzt man in Abb. 76 den Wert Z durch die Wurzel aus dem Quadrat des waagerechten (W) und senkrechten (S) Weges des Messers im Werkstoff, so erhält man den wirksamen, verkleinerten Keilwinkel β aus

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D}{\sqrt{S^2 + W^2}}.$$

44. Ziehender Schnitt. Mit dem ziehenden Schnitt erreicht man das gleiche wie mit der Schrägstellung der Schneide: eine Verkleinerung des wirksamen Keilwinkels (Abb. 80). Die zusätzliche Seitenbewegung der Schneide bewirkt, daß der volle Keilwinkel nicht schon nach dem senkrechten Weg v wirksam wird, sondern erst nach dem Weg $\sqrt{v^2 + h^2} = D$, wobei D den Weg angibt, den die Schneide an irgendeinem beliebigen Punkt des abzutrennenden Werkstoffs vorbei ausführt. Man wendet den ziehenden Schnitt häufig in Verbindung mit der Scherschräge an, wenn man auf einer möglichst geringen Stoffzone eine Druckwirkung ausüben will, z. B. bei Gummi, Leder, Kork, weil diese sonst ihre Form verlieren könnten, oder weil sie dem Druck einfach ausweichen, wie z. B. Papier, Filz, Tuche. Man lenkt die Kraftwirkung also mehr oder minder in die Stoffrichtung um, wobei aus Druck in dem gleichen Maße Zug wird.

Eine besondere Verbindung von Schrägstellung der Schneide mit ziehendem Schneiden ergibt sich bei der Verwendung von Rollmessern. Auch hier kann man wieder Messerschnitte und zweiteilige Werkzeuge feststellen.



Abb. 81. Form eines unter einer Tafelschere abgeschnittenen Streifens.

Bemerkenswert sind sie deswegen, weil beim Rollmesser mit jeder Änderung der Stellung zum Stoff die Scherschräge sich ändert (s. Abschn. 49).

Neuerdings wendet man aber auch den ziehenden Schnitt bei Tafelscheren an, allerdings nicht allein zur Herabsetzung des Schnittdrucks, sondern um einen geraden Schnitt zu erzeugen. Bei Anwendung der Scherschräge wandert der Höchstdruck während des Schneidens am Messer entlang. Der obere Messerbalken spannt und entspannt sich

allmählich seitlich und erzeugt so eine gewölbte Schnittlinie (Abb. 81), während die vom steiferen Untermesser erzeugte Schnittlinie gerade ist. Durch eine seitliche Bewegung kann man das Ausfedern des oberen Messerbalkens vermeiden, mindestens verkleinern.

45. Herabsetzung der Schneidenbelastung. Besondere Maßnahmen werden erforderlich, wenn die Abmessungen des Stempels klein, die Beanspruchung aber groß wird, wie häufig beim Lochen.

Da mit abnehmendem Stempeldurchmesser sich der Stempelquerschnitt im Quadrat verkleinert, ist es gerade beim Lochen mit kleinen Stempeln bei den herrschenden hohen Drucken wichtig, den Stempel zu entlasten. Dies ist auf folgenden Wegen zu erreichen:

a) Für gewöhnliche Schnittarbeit stellt man einfach eine Schneide schräg. Beim Lochen versagt jedoch das Mittel der einseitigen Schräge, weil der Stempel abgebogen würde. Deswegen muß man durch gegeneinander angeordnete Scherschrägen Druckausgleich schaffen (s. Abb. 82 u. 77, c). Reicht auch dies nicht aus, so erhält auch die Schnittplatte Scherschrägen, ebenfalls unter Berücksichtigung des Druckausgleichs. Die Hochpunkte an Stempel und Schnittplatte müssen beim Einspannen einander zugeordnet werden. So wird die zu leistende Arbeit auf einen größeren Weg verteilt. Dabei muß man allerdings eine etwas größere Arbeit leisten, die dazu aufgewendet wird, das umgebende Blech nach der Schräge der Schnittplatte, den Putzen nach der Schräge des Stempels zu biegen.

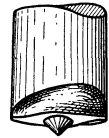


Abb. 82. Zwei-seitige Schräge an einem Lochstempel.

b) Um die auftretenden Größtdrucke möglichst klein zu halten, ist die richtige Bemessung des Spiels zwischen Stempel und Schnittplatte von großer Bedeutung, weil dadurch die Bildung einer Einschnürung am Putzen und damit die Ausräumarbeit verkleinert wird. Der Putzen schießt dann in der aus Abb. 83 ersichtlichen Form, meist mit einem Knall, heraus, wenn der Stempel um etwa ein Drittel der Plattendicke in diese eingedrungen ist.



Abb. 83. Putzenform bei richtigem Stempelspiel.

c) Wird die Beanspruchung der Schneiden so groß, daß diese ohne Rücksicht auf das Aussehen des Putzens und auf den notwendigen Arbeitsaufwand entlastet werden müssen, um überhaupt schneiden zu können, so zieht man den ganzen Stempelquerschnitt zur Kraftübertragung heran und vermindert dadurch die Spannung an den Schneidkanten. Weiter oben (Abb. 47) wurde erwähnt, daß sich das vor dem Stempel liegende Blech wie eine am Rande aufliegende Platte mit Flächenbelastung verhält, d. h. daß es sich vor der Stempelmitte wegbiegt. Die gleiche Wirkung erhält man, wenn man das Blech nicht dicht am Auflegerand durchdrückt, sondern mittels besonderer Stempelform (Abb. 84 a...f) über die Schneiden der Schnittplatte nach der Mitte zu hereinzieht; man arbeitet dann mit negativem Keilwinkel und braucht Stempelformen, wie z. B. d bis f, die verhältnismäßig leicht herzustellen und instandzuhalten sind. Der Fließvorgang wird also nicht durch Druck, sondern durch Druck und Biegung eingeleitet und hauptsächlich in den Putzen verlegt, um den Lochrand im Hinblick auf die spätere Verwendung zu schonen. Die Schneiden werden entlastet, aber der Arbeitsaufwand, der sich in der vollständigen Verformung des Putzens äußert, wird größer (Abb. 85).

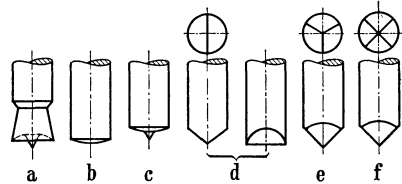


Abb. 84 a...f. Lochstempelformen.

d) Wie schon erwähnt, tritt beim Lochen ein Fließen von Stoffteilchen ein. Um dem Werkstoff Zeit zu lassen, vor dem Stempel abzufließen, kann man geringe Schnittgeschwindigkeiten verwenden und so die Größtkräfte herabsetzen.

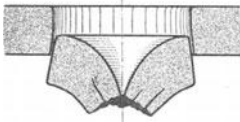


Abb. 85. Verformter Putzen.

e) Der zu bearbeitende Werkstoff läßt sich zuweilen in einen Zustand bringen, der den Stoffteilchen das Abfließen erleichtert. Beim Eisen ist z. B. Bearbeitung im glühenden Zustand vorteilhaft, weil dessen Widerstandsfähigkeit bei 500° nur noch die Hälfte der ursprünglichen Festigkeit beträgt, bei etwa 600° nur noch ein Viertel. Den Stanzwiderstand von Leder kann man durch Dämpfen um 15% herabsetzen. Hartgummi und Kunstharz wärmt man zum Schneiden bis auf etwa 100° C an.

46. Die Arbeitsverfahren beim Schneiden ergeben sich aus der Art und Weise des Schnittvorganges (Begriffsfestlegungen des AWF):

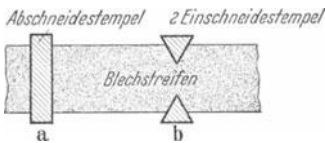


Abb. 86. Ausklinken von Gehrungen.

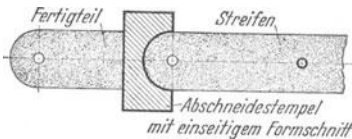


Abb. 87. Abhacken.

a) Das Abscheiden wird unter fast allen Scheren ausgeübt. Es ist das vollständige Trennen nach einer geraden, krummen oder gebrochenen, nicht in sich geschlossenen Linie. Hierzu gehören also auch das Ausklinken von Gehrungen (Abb. 86) und das Abhacken von Werkstücken aus dem Streifen (Abb. 87).

b) Das Einscheiden oder Schlitzen trennt den Werkstoff nur teilweise (s. Abb. 92).

c) Das Ausschneiden und

d) das Lochen sind schon wiederholt besprochen (Abschn. 11 u. 43 b).

e) Durch das Beschneiden entfernt man von gebogenen und gezogenen Teilen den überflüssigen Werkstoff, namentlich bei solchen Werkstücken, die mit Blechhaltung gezogen werden; denn zum Halten ist natürlich auch Werkstoff notwendig, der nach dem Ziehen nicht mehr gebraucht wird. Dadurch entstehen Unsicherheiten in der genauen Größe des Zuschnittes; man gibt deshalb Werkstoff zu und muß das Werkstück nach dem Ziehen beschneiden (Abb. 88).



Abb. 88. Beschneiden.

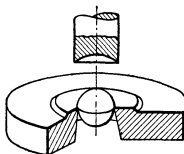


Abb. 89. Abgraten.

f) Das Abgraten. Ähnlich wie beim Ziehen und Biegen muß auch beim Kalt- und Warmpressen sowie beim Gesenkschneiden mit Stoffüberschuß gearbeitet werden, damit man die Gewähr hat, daß der Werkzeughohlraum sich

vollständig füllt und dabei noch genügend Verformungsdruck erhält. Dieser Stoffüberschuß drängt sich als Grat zwischen die Werkzeuteile und muß nach der Verformung entfernt werden (Abb. 89).

g) Das Nachschneiden wird in Schabe- oder Polierwerkzeugen zur Steigerung der Maßgenauigkeit oder zur Verbesserung des Aussehens der Schnittfläche durchgeführt. Der Vorgang wurde im Abschn. 40c beschrieben. Schneidet man nach, um die Maßhaltigkeit zu steigern, so muß man natürlich unter Berücksichtigung der schräg verlaufenden Trennfläche von der kleineren Fläche ausgehen, weil sonst keine Gewähr für das Reinschneiden gegeben ist.

h) Beim Stechen schneidet man nur teilweise oder unvollständig aus und verbindet mit diesem Vorgang ein Biegen oder Ziehen:

Durchreißen. Eine Vereinigung von Schneiden und Biegen stellt das Durchreißen dar. Es wird nicht mehr vollständig ausgeschnitten oder gelocht, sondern nur an drei Seiten, so daß der Ausschnitt um die vierte Seite winklig abgebogen werden muß. Durch weiteres

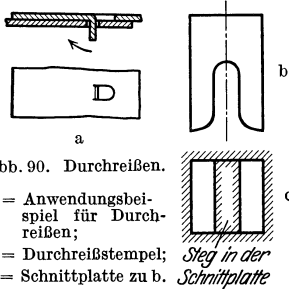


Abb. 90. Durchreißen.

a = Anwendungsbeispiel für Durchreißen;

b = Durchreißstempel;

c = Schnittplatte zu b. *Steg in der Schnittplatte*

Biegen des durchgerissenen Lappens um 90° ist beispielsweise leicht eine Verbindung zwischen zwei Blechen herzustellen (Abb. 90a). Abb. 90b und c zeigt eine Schneidenform für doppeltes Durchreißen.

Durchziehen. Dem Zwecke der Verbindung zweier Bleche dient häufig auch das Durchziehen (Abb. 91). Der meist runde Stempel endet in

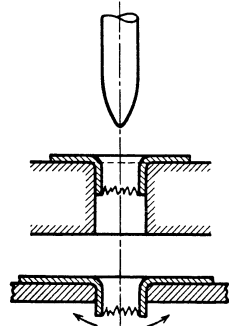


Abb. 91. Durchziehen.

einer Spitze. Mit dieser wölbt er das Blech auf der Schnittplatte, deren Schneidenkanten abgerundet sind, reißt schließlich das Blech auseinander und zieht es in die Schnittplatte hinein. Der rauhe, gerissene Rand erleichtert nachfolgendes Vernieten, er kann aber auch ungewollt als Grat (Reißgrat; s. auch Abb. 28 D) auftreten, wenn das Spiel zwischen den Schneiden zu groß ist.

Wenn nach diesem Verfahren z. B. Wandungen für Naben mit Muttergewinde hergestellt werden sollen, so ist ein glatter Rand erforderlich. Durch vorhergehendes Lochen oder durch Ausbildung der Stempelspitze als Lochstempel, der in diesem Fall ohne Gegenschnitt arbeitet, ist dieser leicht zu erzielen. Bei dickerem Werkstoff (etwa über $1\frac{1}{2}$ mm) läßt sich dadurch leicht eine Nietverbindung schaffen, daß man beim Lochen den Putzen nicht ganz ausstößt, sondern ihn nur zur Hälfte aus dem Blech heraustreten läßt und ihn gleichzeitig als Niet benutzt. Doch ist dies Verfahren nur für gering belastete Verbindungen zulässig. Auch bei anderer Gelegenheit ist es manchmal zweckmäßig, mehrere Arbeitsgänge zusammenzufassen.

47. Schneidenformen für besondere Fälle. a) Erleichterung und Vorbereitung der Weiterverarbeitung. Während man gewöhnlich die Verbiegung des Ausschnittes zu vermeiden sucht, läßt sie sich auch nützlich verwenden: Der Stempel (Abb. 92b) erzeugt das Arbeitsstück a.

In der nächsten Arbeitsstufe sollen die aufgebogenen Ecken gerollt werden. Dadurch, daß eine Aufbiegung schon während des Schnitvorganges erreicht wird, ist einer Verbiegung des glatten Teiles während des Aufrollens vorgebeugt. Das Mittel, diesen Zweck zu erreichen, ist, eine Scherschräge an den aufzurollenden Stellen anzubringen, die langsam in die waagerechte Schnittkante übergeht (Abb. 92b).

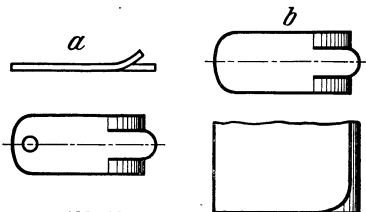


Abb. 92.

a = Werkstück; b = Schneidstempel.

b) Stempel zum Ausschneiden und Biegen. Nach demselben Verfahren kann man auch mit einem Stempel ausschneiden und fertigbiegen (Abb. 93). Doch ist dies nur bei Zulassung größerer Toleranzen in der Maßhaltigkeit möglich und außer für Rundungen auch für Knicke bis zu etwa $20\cdots 30^\circ$ anwendbar. Die

Scherschräge muß um das Maß der rückfedernden Formänderung bzw. Winkeländerung größer sein.

c) Ziehen und Schneiden. Unter den Verbindungen des Schneidens mit anderen Verfahren als Biegen dürfte die in Abb. 94 dargestellte Zusammenfassung von Ziehen und Schneiden am häufigsten sein. Aufgabe dieses Werkzeuges ist es, das Näpfchen fertig zu ziehen und gleichzeitig auf die gewünschte Höhe abzuschneiden. Zu diesem

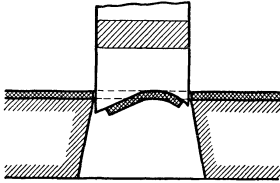


Abb. 93. Ausscheiden und Biegen.

Zweck wird der einfache Ziehstempel durch ein dreiteiliges Werkzeug ersetzt. Der eigentliche Ziehstempel wird in das Oberteil geschraubt; er hat genau die lichten Abmessungen des Näpfchens und dessen

Höhe und hält als Mutter den durch einen Ansatz geführten, gehärteten und geschliffenen Schnittring.

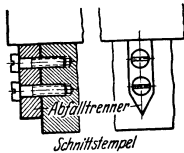


Abb. 95. Schnittstempel mit Abfalltrenner.

Die Außenabmessungen dieses Ringes sind so gehalten, daß er mit dem Werkzeugunterteil ein Schnittwerkzeug ergibt, das den ungleichen überflüssigen Rand des Näpfchens abquetscht. Dadurch, daß der Schnittring beiderseitig auszunützen ist, lassen sich mit einem solchen Werkzeug hohe Stückleistungen ohne Nachschleifen erzielen.

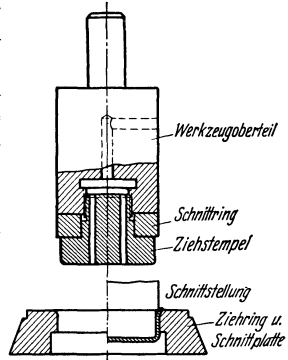


Abb. 94. Zusammenfassung von Ziehen und Schneiden.

d) Schneiden und Abstreifen. Bei Verwendung eines Schnittes zum Abraten oder zum Beschneiden von Ziehkörpern sind Abstreifer manchmal hinderlich. Man ersetzt sie dann durch Abfalltrenner, die an den eigentlichen Schnittstempeln angebracht werden, so wie es z. B. der AWF vorschlägt (Abb. 95).

III. Einrichtung einer Stanzerei.

In neuzeitlichen Stanzereien geht der Ausgangswerkstoff zuerst in die Zuschneiderei, wo er die für die Weiterbearbeitung günstigste Form erhält, und wandert dann zur eigentlichen Fertigung. Unter Umständen findet man den Schnitt als letzten Arbeitsgang, z. B. nach dem Ziehen und dem Warmpressen.

A. Scheren.

48. Tafelscheren (Schnittvorgang s. Abschn. 4) bestehen aus einem Tisch, der an seiner Hinterkante das Untermesser trägt, und aus einem Messerbalken, an dem das Obermesser befestigt ist und der auf verschiedene Weise so gegen das Untermesser geführt wird, daß die Trennung allmählich erfolgt. Der Tisch muß so groß sein, daß er der Blechtafel eine gute Auflage bietet. Damit er jedoch bei größeren Messerlängen nicht die Bedienung der Schere behindert, beschränkt man sich auf eine Breite von 50...80 cm, versieht ihn mit (meist 2) Verlängerungsarmen und mit Vertiefungen, damit das Blech zum Zubringen auch von unten zu fassen ist. Zur weiteren Ausstattung des Tisches gehört je ein Lineal, an dem man den Werkstoff zum Rechtwinklig- oder Parallelschneiden anschlägt. Ist die Blechtafel eingebracht und nähert sich das Obermesser, so muß das Blech, damit es glatt aufliegt und sich nicht aufkippend zwischen die Messer zu klemmen sucht, durch eine

Niederhaltvorrichtung gegen den genau ebenen Tisch gepreßt werden. Die während des Schnittes auftretenden Kräfte muß der Tisch ohne meßbare Formänderung (Federn) aufnehmen können.

Das erneute Vorschieben der Werkstofftafel um das richtige Maß erleichtern Anschläge hinter den Messern, die mit Schrauben oder durch Handrad und Kettentrieb auf die geforderte Streifenbreite eingestellt werden können und die meist auch so ausgestattet

sind, daß sie Schrägan-schlag gestatten. Bis hierher stimmen alle Tafelscheren mehr oder minder überein. Ihre unterschiedlichen Kennzeichen erhalten sie hauptsächlich durch die Gestaltung des beweglichen Messerbalkens, und durch die Art, wie auf ihn Kraft und Bewegung übertragen werden. Die einfachste Form ergibt ein um einen Zapfen drehbar angeord-

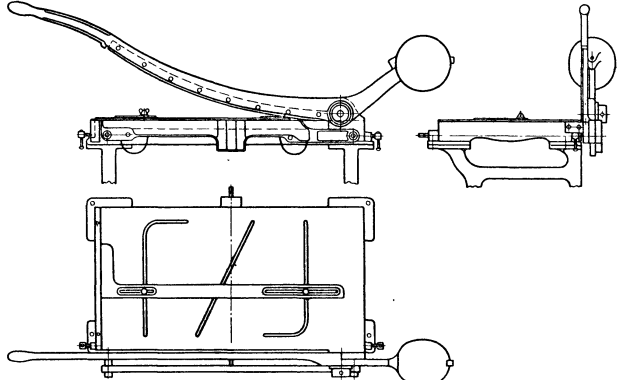


Abb. 96. Handhebelschere mit geschweiftem Obermesser (Erdmann Kircheis, Aue i. Sa.).

neter Handhebel, an dem ein geschweiftes Messer befestigt ist (Abb. 96). Zur leichteren Handhabung ist das Gewicht des Balkens durch Gegengewichte auszuwiegen. Geeignet sind diese Art Scheren für Schnittlängen bis zu 1 m, höchstens bis 1½ m, und für Schnittstärken, die bis zu 1 mm dickem Eisenblech entsprechen. Für größere Schnittwiderstände findet man Konstruktionen mit Balkenverlängerung oder Übersetzung durch Hebel oder Zahnradbogen. Mit zunehmender Messerlänge wird die Handhabung derartiger Maschinen umständlich, es verschlechtert sich das Ver-

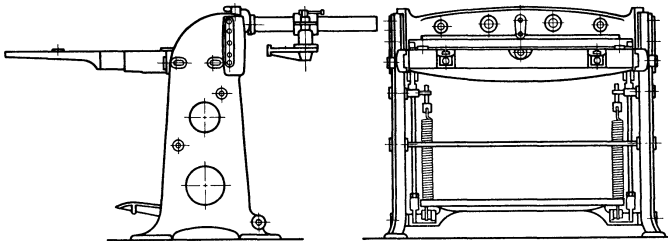


Abb. 97. Tafelschere mit Antrieb durch Fußhebel (L. Schuler A.-G., Göppingen, weiterhin kurz „Schuler“ genannt).

hältnis von Aufwand an Zeit und Kraft zur erzielten Leistung. Dieser Nachteil läßt sich dadurch beheben, daß man den oberen Messerbalken zwischen seitlichen Führungen parallel zu sich selbst verschiebbar anordnet. Die Führungen sind entweder auf dem Messertisch befestigt oder an den Gestellwänden angebracht, an denen in diesem Fall auch der Tisch befestigt wird. Je nach der geforderten Schnittleistung werden Maschinen gebaut, die durch Exzenter von Hand, durch Fußhebel (Abb. 97) oder durch Kurbelachse mit motorischer Kraft (Abb. 98) angetrieben werden. Mit diesen Maschinen ist fast jede Blechdicke und Schnittlänge zu bewältigen. Gewöhnlich beschränkt man sich jedoch auf Ausführungen bis zu 3 m

Schnittlänge, da das Gewicht des Messerbalkens mit der Schnittlänge schnell zunimmt und so eine zu große tote Last zu bewegen wäre. Um außerhalb der festliegenden Messerlänge wenigstens in engen, für die Praxis jedoch meist genügenden Grenzen Bewegungsfreiheit zu geben, stellt man die Gestellwände mit Ausladung

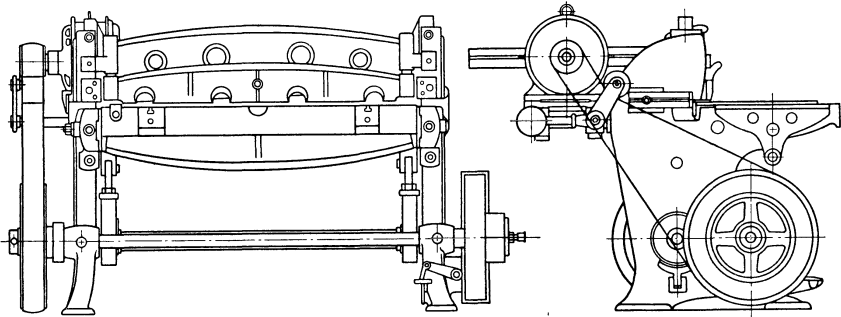


Abb. 98. Tafelschere mit motorischem Antrieb (Schuler).

her, wodurch es möglich ist, Blechtafeln beliebiger Größe zu besäumen und Blechstreifen beliebiger Länge bis zu einer der Ausladung entsprechenden Breite abzuschneiden (Abb. 99).

Vom betriebstechnischen Standpunkt verdienen noch einige Fragen erörtert zu werden. Mit der Einführung des motorischen Antriebes und dem infolge davon notwendigen Hinzutreten eines Schwungrades zur Schere rücken Sicherheitsmaßnahmen für Mensch und Maschine in den Vordergrund; denn das Schwungrad

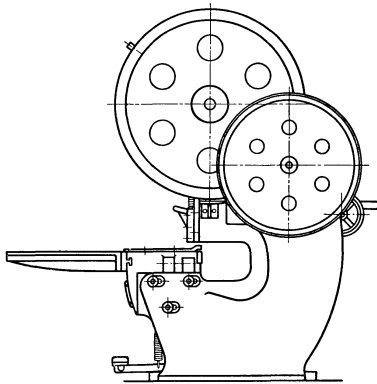


Abb. 99. Tafelschere als Kurbelschere mit hochliegendem Antrieb und ausladendem Gestell (Schuler).

an sich ist ein Element, dessen Gewalt augenblicklich nicht zu beherrschen ist. Klauenkupplungen, Bolzenkupplungen, Drehkeilkupplungen, Reibungskupplungen der verschiedensten Konstruktion übernehmen je nach Größe der geforderten Schnittleistung die Bewegungsübertragung vom ständig umlaufenden Schwungrad auf die nur nach Schaltung sich drehende Arbeitswelle. Von diesen Kupplungen muß man verlangen, daß sie ohne Rücksicht auf die jeweilige Stellung der Schalthebel nach deren Betätigung dann ausrücken, wenn der Messerbalken in seinem höchsten Punkt angekommen ist, damit nicht ein ungewollter zweiter Hub die Sicherheit des Arbeiters gefährdet. Aus eben diesem Grunde dürfte es sich für schwere Scheren empfehlen, sie mit einer Vorrichtung auszustatten, die ein

Herabsinken des Messerbalkens unter seinem eigenen Gewicht oder aus anderen Gründen verhütet. Das Schwungrad ist, wenn möglich, als Schwungscheibe oder mit einem Fingerschutzsieb zwischen den Speichen auszuführen. Für die Niederhaltervorrichtung wäre hier noch nachzuholen, daß sie nicht bestimmt ist, die ersten Quetschungen vorzunehmen, sondern brückenförmig geformt sein soll, um eine Kontrolle der Messer und den Fingern ein Ausweichen zu ermöglichen. Zu demselben Zweck achte man auf genügend große Voreilung der Niederhaltung vor dem Obermesser. Gefahr droht der Schere hauptsächlich dadurch, daß Gegenstände, die der zu-

lässigen Blechdicke sehr unähnlich sind, ungewollt oder gewollt (die Kurbelschere ist nicht für Rundeisen usw. geschaffen) zwischen die Schneiden geraten, oder daß aus irgendeinem Grund die Messer aufeinandersetzen. Dadurch wird das Schwungrad veranlaßt, seine ganze Energie augenblicklich an die Maschine abzugeben. Meist ist der Bruch des Messerbalkens die Folge. Über die Zusammenarbeit von Ober- und Untermesser ist zu sagen, daß ihr günstigster Abstand voneinander, rechtwinklig zur Schnittebene, von der Werkstoffdicke nicht unabhängig ist. Bei einer Schere für dicken Werkstoff muß also zum Schneiden dünner Bleche die Entfernung der Messer voneinander zu regeln sein. Je größer die geforderte Schnittleistung ist, desto größer müßte das Schwungrad werden, desto schwieriger gestalten sich die Kupplungsverhältnisse. In solchen Fällen sieht man ganz vom Schwungrad

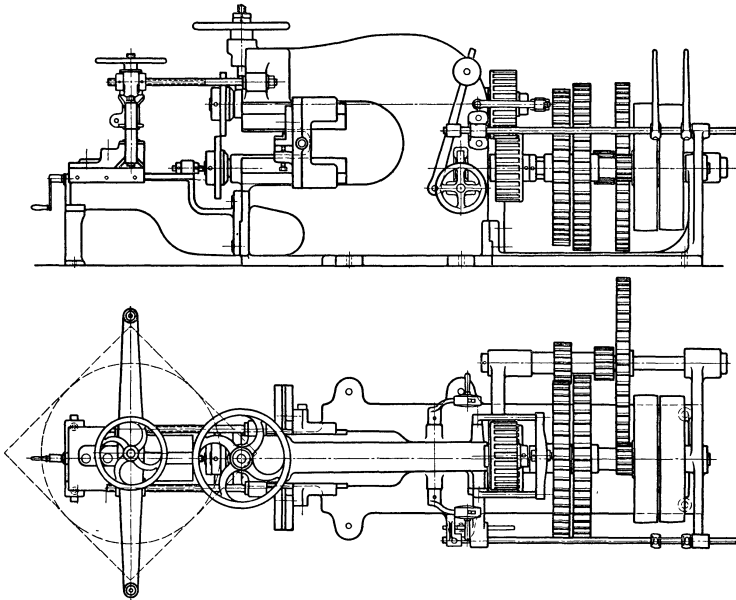


Abb. 100. Schere mit runden Messern (Rollschere) mit Werkstoffspannvorrichtung (Erdmann Kircheis, Aue i. Sa.).

ab und verwendet den elektrischen Antrieb mit Druckknopfschaltung. Dem bisher Gesagten ist zu entnehmen, daß das Arbeitsgebiet der Kurbelscheren hauptsächlich die ausgeprägte Massenfertigung ist, das Besäumen und „In-Streifen-schneiden“ von Blechtafeln möglichst gleicher Größe und Dicke.

Zum „Streifenschnneiden“ verwendet man auch

49. Rollscheren. Der einfache offene Schnitt hat bei diesen die Änderung erfahren, daß die Messer nicht mehr prismatisch sind und das Obermesser parallel zu sich selbst verschoben wird, sondern kreisrund, um den Mittelpunkt sich drehend. Die theoretischen Schnittverhältnisse ändern sich dadurch nur insofern, als auch das Untermesser die Scherschräge hat, und die dadurch bedingte doppelte Scherschräge für das zu bearbeitende Blech mit jedem Punkt des Messerumfangs anders ist. Diese Schnittart ergibt eine gleichmäßigere Beanspruchung der Maschine und erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten. Sie ist sehr anpassungsfähig und hat uns eine ganze Reihe von Maschinentypen beschert.

a) Für die Streifenherstellung zeigen sie ein C-förmiges Maschinengestell (Abb. 100). Im oberen und unteren C-Balken laufen parallele Wellen, die einen

gemeinsamen Antrieb haben und an der offenen C-Seite die kreisförmigen Messer tragen. Um sich an die jeweilig zu schneidende Blechdicke schnell anpassen zu können, ist meist die obere Welle senkrecht, die untere waagrecht verstellbar. Hinter den Messern befindet sich ein Anschlag, der auf die geforderte Streifenbreite einstellbar ist.

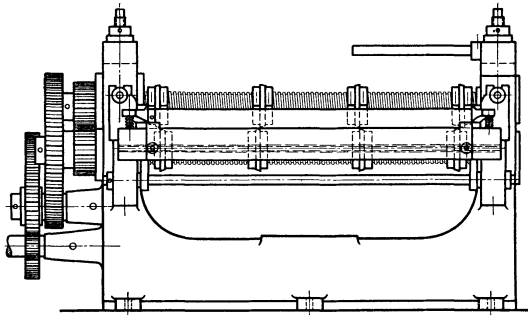


Abb. 101. Rollschere mit 4 Messerpaaren, welche auf gewünschte Streifenbreiten einstellbar sind (Kirchels).

breite genau einzustellen sein, ein Stück waagerechter Auflagefläche haben und genau auf die Schnittkantenhöhe der Messer einzurichten sein muß. Zur Erzielung eines genauen Schnittes bringt man auch vor den Messern eine Tischfläche an. Die Streifenbreite ist durch die Größe der Ausladung begrenzt. Sollen mehrere Streifen gleichzeitig geschnitten werden, so nimmt die Maschine die Form der Abb. 101 an. Für die Streifenherstellung größeren Stils kommen diese Maschinen jedoch nur für die Werkstoffe in Betracht, die etwa 3 mm Eisenblech entsprechen, wenn eine Weiterverarbeitung in vielgestaltigen Schnitten vorgesehen ist; denn dickerer Werkstoff verwindet sich, ohne jedoch dadurch für

einfachere Schnittwerkzeuge untauglich zu werden.

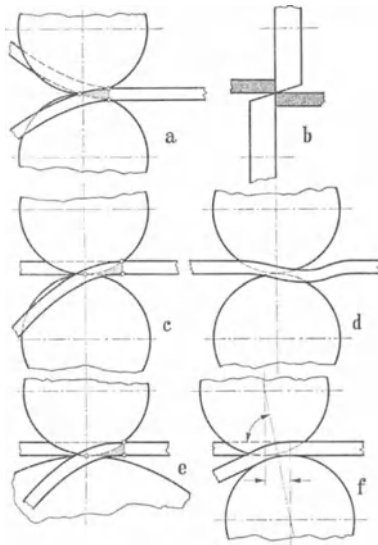


Abb. 102 a...f. Blech vor den Rollmessern.

Für den Schnittvorgang ist das Scherdreieck (s. Abb. 102) bezeichnend. Sind die Messer genau gleich groß und stehen die Messermittelpunkte genau übereinander, so ist die Verformung am beschnittenen und am abgeschnittenen Streifen gleich. Die Scherschräge wird zwar in jedem Punkte des Messerumfanges nach dem Berührungspunkte zu kleiner und schließlich null, ist aber am Ober- und Untermesser gleich groß und entgegengesetzt gerichtet. Durch dieses „Gegeneinanderarbeiten“ zweier Scherschrägen ist der Gesamtwinkel der Scherschräge groß. Durch das damit zusammenhängende Auseinanderbiegen der Streifen findet beim Schneiden stellenweise ein Reißen statt, was der Schnittflächensauberkeit sehr abträglich ist.

In dem Augenblick, in dem das eine der entstehenden Stücke Abfall ist, braucht man nicht mehr auf gleichmäßige Verformung der beiden Teile zu achten, sondern verlegt die

Verformung auf den Abfall dadurch, daß man diesen vor den größeren Scherwinkel schiebt.

Dies kann geschehen

1. durch Höherlegen der Blechstützebene, so daß das Untermesser gewissermaßen nur Stützrolle und Gegenlager wird (Abb. 102c). Nachteilig ist hierbei, daß die größte Kraftwirkung vor den eigentlichen Stützpunkt fällt (Abb. 102d).

2. durch Vergrößerung des Untermesserdurchmessers kann man dieser Durchfederung entgegenwirken bzw. die Stützung verbessern (Abb. 102e).

3. Unmittelbar unterstützen kann man den Punkt mit der größten Kräfteinwirkung aber nur, wenn man den Einschiebewinkel des Bleches gegen die Verbindungslinie der Messermittelpunkte an der zu stützenden Seite kleiner als 90° macht (Abb. 102f).

b) In der Großschnitteilfertigung, die man zur Zuschneiderei und zur Schnitteilfertigung zählen kann, hat sich indessen das Prinzip der Rollschere ein weiteres Verwendungsgebiet geschaffen, da, wo es sich um Kurven beliebiger Art handelt, solange die herzustellende Stückzahl den Kostenaufwand für ein entsprechendes Schnittwerkzeug nicht rechtfertigt. Zur Herstellung von einfachen Rundzuschnitten genügt es, die Schere mit einem Bügel auszustatten (Abb. 100), der es ermöglicht, das Blech in seinem zukünftigen Mittelpunkt drehbar festzuhalten. Mit abnehmender Durchmessergröße des Rundzuschchnittes wird diese Art, solche Zuschnitte herzustellen, ungenau, wie die schematische Darstellung in Abb. 103 zeigt. Die Messer dringen

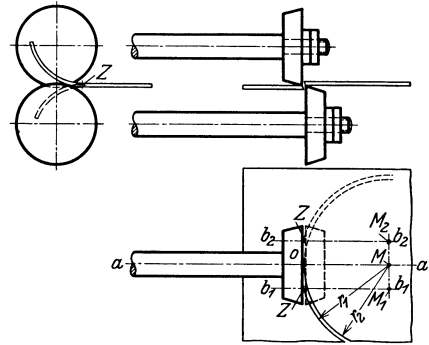


Abb. 103. Kurvenschneiden mit kreisförmigen Messern. Bei Z stößt das Blech an die Messer. Erst bei O erfolgt Schnitt. Blech pendelt zwischen den Messern um den Betrag $r_1 - r_2$.

bei dem Punkte Z bereits in den Werkstoff ein und sind nunmehr bestrebt, diesen geradlinig von Z nach O zu führen. Da aber der Punkt Z auf dem Kreisbogen mit dem Radius r_1 liegt, O auf einem solchen mit r_2 als Halbmesser, so widersetzt sich die zwangsläufige Führung des Werkstoffes im Punkte M einer solchen Bewegung. Hätte die Führung im Punkte M kein Spiel und wäre der Werkstoff nicht elastisch, so wäre eine unsaubere Schnittfläche die Folge. Da beides wohl kaum vorkommen dürfte, wird also die Schnittkurve zwischen den durch die Radien r_1 und r_2 bestimmten Kreisbögen hin und her pendeln und an solchen Stellen, wo unter den Messern eine radiale Bewegung des Werkstoffes stattfand, die Schnittfläche ungenau werden: der Werkstoff wird gedehnt und aufgebogen. Auf die Beeinflussung des Schneidenzustandes durch solche Vorgänge (Stumpfwerden, Brechen) soll hier nicht eingegangen werden. Abhilfe ist dadurch zu schaffen, daß man den Drehpunkt M während des Schneidens zwischen M_1 und M_2 pendeln läßt, so daß also die Werkstoffachse $b_1 - b_1$ im Abschnitt ZO parallel zur Maschinenachse $a - a$ verläuft. Die Länge der Strecke ZO ist abhängig von Messerdurchmesser (ein bestimmter Radius darf nicht unterschritten werden, damit sich beim Einführen des Werkstoffes keine Schwierigkeiten ergeben), Werkstoffdicke und Entfernung der Messer voneinander. Ihr Einfluß wird um so stärker fühlbar sein, je schärfer die Kurve ist. Es ist leicht einzusehen, daß, je kleiner die Strecke ZO ausfällt, um so geringer die sich ergebenden Schwierigkeiten werden. Durch Ände-

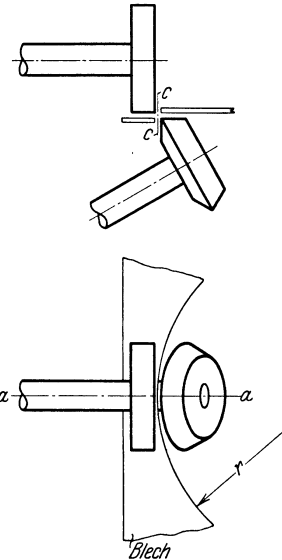


Abb. 104. Geänderte Messerstellung zwecks Verkleinerung der Strecke ZO (Abb. 103).

rung der Messerstellung kann man bis zu einem gewissen Grade diesem Ziele näherkommen. In Abb. 104 ist das untere Messer unter einem Winkel gegen das obere geführt und das Messer in seinem Profil so umgestaltet, daß die Schnittwinkel in der Achse $a-a$ die gleichen geblieben sind. Durch das Herausklappen des Untermessers aus der Schnittebene $c-c$ wird erreicht, daß die beiden Messer nur auf eine beschränkte Breite in Schnitt-

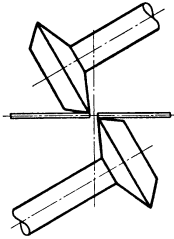


Abb. 105. Rollmesserform für ein- und ausgebogene Kurven.

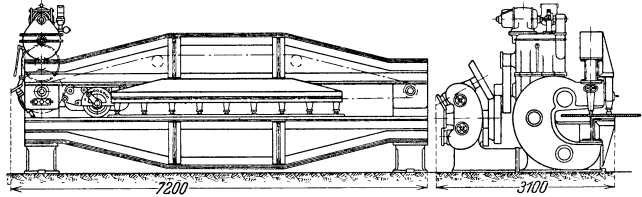


Abb. 106. Schere mit geradem Untermesser und kreisförmigem Obermesser (Schulze & Naumann, Cöthen i. Anhalt).

nähe aneinanderkommen, die Strecke ZO sich also verkleinert. Dasselbe gilt natürlich für alle Kurven, die ähnlich wie der bisher besprochene Kreisbogen verlaufen. Bei entgegengesetzten Krümmungen dagegen, d. h. bei solchen, bei denen der Punkt M bzw. M_1 oder M_2 nicht mehr außerhalb des Scherenkörpers liegt, sondern auf die Maschinenseite der Messer rückt, ergeben sich wieder Schwierigkeiten.

In diesem Falle erhält auch das Obermesser eine Neigung (Abb. 105).

c) Neuerdings findet man Scheren auf dem Markt, bei denen der Grundsatz des Schnittes mit geraden, prismatischen und kreisrunden Messern vereinigt ist (Abb. 106). Dadurch wird einerseits erreicht, daß die doppelte Scherschräge der Rollschere auf die einfache der Kurbelschere zurückgeführt wird, die Verbiegungen also schwächer werden, andererseits, daß die Leerlaufarbeiten, die bei einer Kurbelschere unvermeidlich sind, fortfallen. Außerdem erlaubt es die Konstruktion,

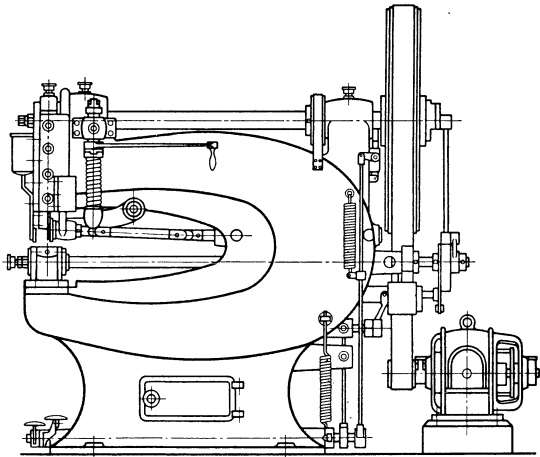


Abb. 107. Dekoupierstanze. Ein schmales Messerpaar arbeitet mit hohen Hubzahlen (Schuler).

mehrere Maschinen hintereinanderschalten, so daß Schnitte bis zu 16 m Länge in einem Zuge ausgeführt werden können, ohne daß ein Anfassen oder Nachschieben des Bleches nötig wäre.

Schließlich sei noch eine Maschine erwähnt, die auch bei größeren Blechstärken einen vollkommen einwandfreien Schnitt liefert, die Dekoupierstanze (Abb. 107). Sie arbeitet ähnlich wie eine Nähmaschine, nur daß man sich die Nadel bei dieser durch ein schmales Messerpaar ersetzt denken muß. Von einer Presse unterscheidet sie sich durch ihre große Ausladung und ihren Werkstoffvorschub; der durch Fußtritthebel in den praktisch notwendigen Grenzen geregelt werden kann.

Daß diese Maschine ein wertvolles Mittel ist, engen Kurven auch ohne teure Schnitte, ohne lange Arbeitszeiten beizukommen, daß sie das Arbeitsgebiet der Rollschere für Großschnittteilerfertigung auf dem entsprechenden Gebiet der Kleinschnittteilerfertigung passend vervollständigt, bedarf kaum der Erwähnung.

Es ist empfehlenswert, die Dekoupierstanz wie auch die Rollscheren, soweit sie der Kurvenherstellung dienen, mit Regelmotor auszustatten, da bei starken Krümmungen nur mit geringen Geschwindigkeiten gearbeitet werden kann.

50. Exzentercheren finden hauptsächlich für das Schneiden von Profileisen Verwertung. Bezeichnend für diese Maschinen ist die kurze Ausladung und die mehr oder minder auffallende Messerform, die durch die Forderungen des Druckausgleiches und der gering möglichststen Profilverzerrungen vorgeschrieben wird. Der Raum erlaubt es nicht, hier auf die entwickelten Maschinenformen einzugehen. Ihre Zahl ist zu groß.

B. Pressen.

51. Das Gesamtbild einer Exzenterpresse. Für fast alle vorkommenden Schnittarbeiten findet man in den Stanzereien die Exzenterpresse verwendet. Die ungeheure Verschiedenheit der an eine Presse herantretenden Aufgaben hat die Entwicklung der mannigfaltigsten Typen bedingt, von welchen die in Abb. 108 dargestellte Form in ihrem schematischen Aufbau beinahe Norm geworden ist. Sie besteht aus dem Antrieb mit dem Energiespeicher, aus dem Getriebe, das die verfügbare Energie in Bewegung und Druck umwandelt, der Energieschaltung zwischen diesen beiden Gliedern, den Elementen für das Festspannen und Einrichten der Werkzeuge und schließlich aus dem Pressengestell, das dem Kraftschluß dient.

52. Antrieb. Für den Antrieb stehen die menschliche, die mechanische und die elektrische Energie zur Verfügung. Für ganz leichte Arbeiten kommen Handhebel und Fußtrittpressen meistens dann in Frage, wenn mit Gefühl gearbeitet werden muß. Schnellaufende Pressen für leichte Arbeiten trifft man mit verhältnismäßig großem Schwungrad und auf diesem laufenden Flach- oder Keilriemen an (s. Abb. 113, 117 u. 118). Ist eine nachhaltige Kraftwirkung erwünscht, so schaltet man ein Rädervorgelege ein. Der Antrieb besteht dann meist aus Fest- und Leerlaufscheibe, um das Zahnradgetriebe schonen zu können. Das große Rad auf der Exzenterwelle ist als Schwungrad ausgebildet (s. Abb. 108). Für noch schwereren Antrieb sitzt ein besonderes Schwungrad auf der Vorgelegewelle. Der Lagerung des Vorgeleges ist dann besondere Sorgfalt zu schenken (s. Abb. 114 u. 116). Schwere Pressen erhalten elektrischen Einzelantrieb. Zur Verbindung zwischen Motor und Maschine dienen meist Keilriemen. Damit das Schwungrad durch Energieabgabe bei gleichzeitigem Drehzahlverlust sich auswirken kann, muß bei Drehstrom der Motor dieser Drehzahlminderung folgen

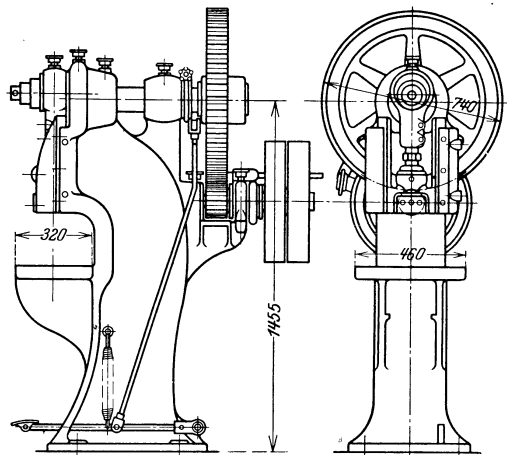


Abb. 108. Heutiger Normaltyp einer Exzenterpresse
(Gebr. Götz, Lauter i. Sa.).

können, d. h. etwa 15 % Schlupf haben. Daß aber auch kleinere Pressen ihren eigenen elektrischen Antrieb haben können, zeigt Abb. 109.

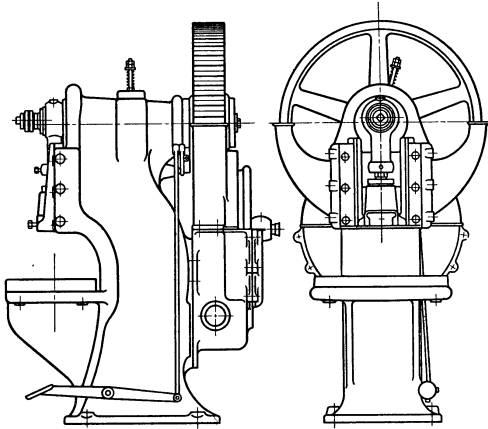


Abb. 109. Exzenterpresse mit eingebautem Elektromotor (Kieserling & Albrecht, Solingen).

Bei dem Motor dreht sich entgegen der gewöhnlichen Form das Gehäuse um den Anker und dient gleichzeitig als Schwungrad. Durch Fortfallen des Riemetriebes, eines Teiles der Leerlaufarbeit des Schwungrades und vor allem der Leerlaufscheibe werden die Verluste, die das notwendige zweite Rädervorgelege mit sich bringt, leicht aufgewogen — zumal sich die Konstruktion sehr schmal baut und daher bedeutend günstigere Lagerungsverhältnisse bietet. Pressen mit Einzelantrieb lassen sich beliebig im Raum aufstellen und so stets in zweckmäßigster Weise in den Arbeitsfluß eingliedern.

Unter besonderen Umständen findet man den doppelseitigen (Abb. 110), auch wohl bei sehr großen Pressen den zweifachen Antrieb (Abb. 111) vor.

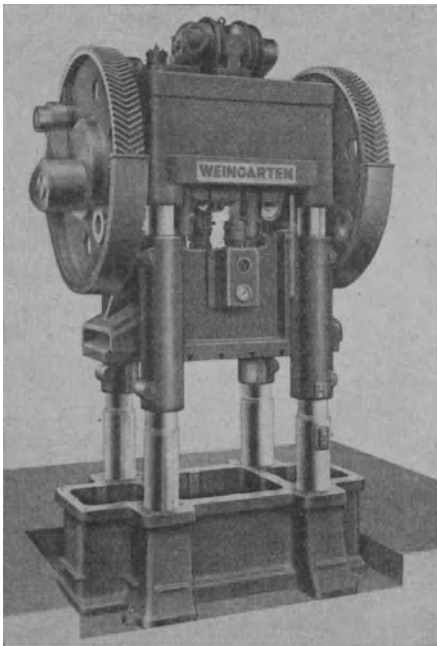


Abb. 110. Presse mit doppelseitigem Antrieb; Ständer in 4-Säulen-Konstruktion (Weingarten).

53. Getriebe. Zum Schneiden wird meist das Exzentergetriebe mit Rücksicht auf den hohen Enddruck, den es hergibt, verwandt. Neben der Exzenter- oder Kurbelwelle besteht es bei einfacheren Ausführungen als Kurbelschleife aus einem Gleitstein und einer waagerechten Führung desselben im Stößel, bei höher entwickelten aus dem Pleuel, dem Stößel und dessen Geradföhrung (Abb. 108). Der Pleuel hat an seinem unteren Ende einen Kugelkopf, damit bei federnder Formänderung des Stößels unter Druck das Getriebe spannungsfrei arbeiten kann. Genügt ein Kugelkopf nicht zur verlangten Kraftübertragung (Abb. 108), so wendet man zwei- (s. Abb. 110) oder vierpunktige (s. Abb. 111) Übertragung an.

54. Kupplung und Bremse. Exzenterwelle und Schwungrad werden bei kleinen Pressen durch Bolzenkupplungen, bei den gewöhnlichen mittleren Größen durch Drehkeilkupplungen verbunden.

Ihre Formen sind zu verschiedenartig, als daß sie hier besprochen werden könnten, aber gerade diese Tatsache, daß immer wieder neue Konstruktionen herausgebracht werden, scheint zu beweisen, daß das erstrebte Ziel noch von keiner voll erreicht wird.

Gegenüber anderen Pressenarten ist die Arbeitsbewegung des Stößels nach oben und unten hart begrenzt (soweit nicht Druckregler oder Sicherheitsglieder eingebaut sind); innerhalb dieser Grenzen sind durch das Exzentergetriebe die Bewegungsverhältnisse vorgeschrieben. Diese sind jedoch nicht ohne weiteres gesichert, denn durch das lose auf der Exzenterwelle laufende Schwungrad oder Zahnrad werden immer die Getriebeerschütterungen auf die Exzenterwelle übertragen. Stöße dieser Art in Verbindung mit der Reibung zwischen Welle und treibendem Rad suchen den Stößel zu veranlassen, seine Ruhestellung im Höchstpunkt seiner Bahn zu verlassen und unter seinem Gewicht herabzusinken, wenn man nicht durch Anpressen der Führungsleisten die Reibung zwischen Stößel und seiner Gleitbahn so erhöht, daß sie den erstgenannten Kräften das Gleichgewicht hält. Wo irgend zugänglich, soll man das jedoch vermeiden, weil die hierbei erzeugte Reibungsarbeit dazu dient, die Führungsgenauigkeit zu zerstören. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Augenblick der Kuppelung zwischen Welle und Getriebe. Da dieser Vorgang sich vollkommen stoßfrei kaum durchführen läßt, tritt nach den Stoßgesetzen eine plötzliche Verzögerung der Getriebebewegung ein, während welcher die Exzenterwelle voreilt und unter dem Einfluß des Stößelgewichtes weiter in Bewegung gehalten wird. Arbeitet man nun mit federnden Niederhaltungen im Werkzeug, so bringt diese Stößelbewegung ohne den notwendigen Druckrückhalt Schwingungen in das Werkzeugsystem, die der Arbeitsgenauigkeit durchaus nicht zuträglich sind. Deshalb gleicht man das Gewicht des Schiebers durch Gegengewichte oder Federn mehr oder minder vollkommen aus, oder man ersetzt die Reibung zwischen Stößel und Stößelführung durch eine Bremse je nach Größe der Presse. In diesem Fall begnügt man sich bei geringen Druckkräften mit einer dauernd wirkenden Bremse, bei mittleren Pressen verwendet man eine meist durch den Kupplungskörper gesteuerte Bandbremse (s. Abb. 113). Die Bremsen haben den Vorteil, daß sie die lebendige Kraft, die am Ende eines Hubes sich noch in den stillzusetzenden Teilen befindet, aufnehmen und so zur Schonung der Kupplungsbolzen oder -keile beitragen.

Ziel aller Entwicklungsarbeit ist, die Maschine in jeder Stellung des Kurbelkreises ein- und ausrücken zu können, wie dies z. B. Lamellenkupplungen und -bremsen gestatten.

55. Das Festspannen des Werkzeuges bedingt bauliche Maßnahmen am Stößel und am Pressentisch.

a) Der Tisch ist mit einer möglichst großen Durchfallöffnung ausgestattet

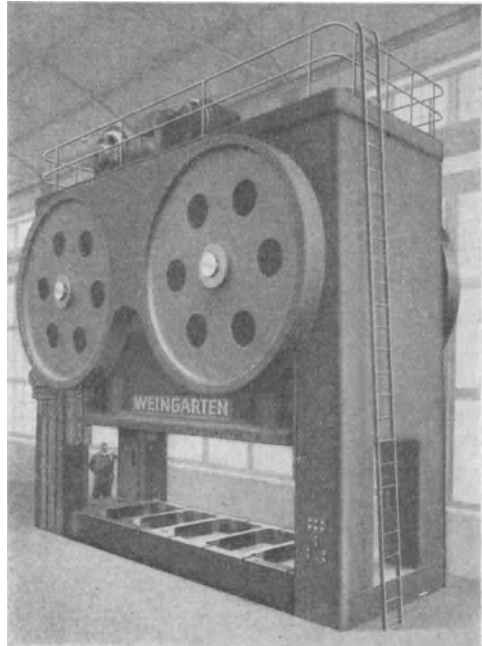


Abb. 111. Presse mit 2-fachem Antrieb; Ständer in Schrumpfkonstruktion (Weingarten).

und mit parallel zu den Tischkanten oder diagonal verlaufenden Schlitten versehen zum Festspannen des Werkzeugunterteiles. Bei gußeisernen Pressenstellen dürfte es jedoch angebracht sein, auf diese Schlitten ganz zu verzichten, weil die Gefahr des Ausbrechens namentlich bei schwerem Betrieb zu groß ist, und grundsätzlich eine Spannplatte aus Stahlguß, die auf der Tischfläche zu verschrauben wäre, mit den vorerwähnten Schlitten zu verwenden. Das dürfte wesentlich zur Erhaltung einer genauen Tischfläche beitragen und das Einrichten der Werkzeuge sehr erleichtern; schließlich ist eine Spannplatte immer eher ersetzt als ein Pressentisch aufgearbeitet.

b) Der Stößel oder Schlitten dient mit seinen Führungsflächen der Erzeugung der eigentlichen Arbeitsbewegung: mit seiner oberen Fläche der Aufnahme des Kraftübertragungsgliedes, der Kugelpopfschraube des Pleuels, mit seiner unteren Begrenzungsfläche der Werkzeugeinspannung. Zu diesem letzten Zweck ist er mit einer Bohrung versehen, deren Abmessungen genormt sind (Abb. 112). Eine Druckschraube sichert den hierin befestigten Zapfen gegen Verdrehungen. Um das Aus- und Einspannen der Werkzeuge zu erleichtern, sitzt die vordere Hälfte der Bohrung in einer Klemm-

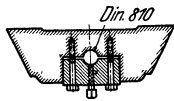


Abb. 112. Stößel mit Bohrung zur Werkzeuggestigung.

backe, die sich durch zwei Schrauben an den Stößel pressen läßt. Nicht immer wird diese Art der Werkzeuggestigung im Stößel genügen. Bei weit auslegenden Werkzeugen ist ein sattes Anliegen an der Stößelunterfläche (vielleicht ragen sie sogar über diese hinaus) nicht zu gewährleisten, bei Werkzeugen mit größeren waagerechten Drücken eine Sicherheit gegen Verdrehen nicht gegeben. Unter Umständen kann eine Spannute für Hammerkopfschrauben diesem Übel abhelfen.

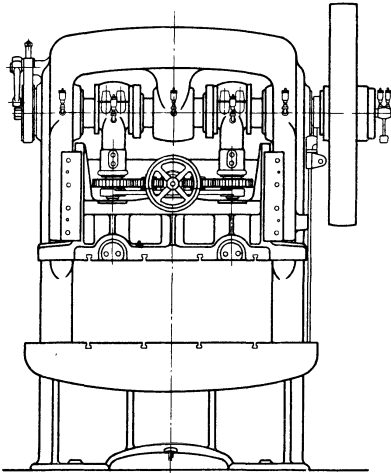


Abb. 113. Presse mit Doppelpexenter für große Stößelunterflächen (Schuler).

Zuweilen findet man dieserhalb an den äußersten Punkten des Stößels Augen für Spannschrauben angebracht oder gar den Schieber mit einer verbreiterten Preßfläche ausgestattet. Wenn das alles nicht mehr verfängt, wählt man eine Presse mit übergreifendem Stößel. Empfehlenswerter ist aber eine Presse nach Ab. 113 mit oder ohne Doppelpexenter je nach Größe.

56. Das Anpassen der Presse an das Werkzeug ist nur möglich, wenn der Stößelweg auf die Höhe des Werkzeuges eingestellt werden kann.

a) Man teilt zu diesem Zweck den Pleuel. Er wird an seinem unteren Ende mit Muttergewinde und einer Schraube mit Kugelpopf ausgestattet.

Das Gewinde zeigt meist Sägeform derart, daß die Übertragungsfläche der Gänge rechtwinklig zur Druckrichtung steht. Je nach der Größe der Presse läßt sich die

Kugelpopfschraube nach Lockerung einer Sicherung durch Schlüssel, Ratsche oder Schneckengetriebe in den Pleuel hinein- oder aus ihm herausbewegen und so eine Verlagerung des Stößelweges erzielen.

Die Sicherung der Stellung der Kugelpopfschraube zum Pleuel erreicht man entweder durch einen Gewindekeil, der in den Pleuel eingelegt ist und durch zwei Schrauben gegen die Gewindespindel gepreßt wird (dabei muß man in Kauf

nehmen, daß gelegentlich der Gewindekeil zerdrückt wird oder die Spitzen der Druckschrauben sich übermäßig stauchen) oder der Pleuel wird geschlitzt und durch zwei Schrauben zusammengezogen. Dann erreicht man zwar, daß der Gewindegewinde des Kugelbolzens gegenüber der oberen Sicherung besser umfaßt wird, muß aber den Pleuel stärker ausführen, da am Ende des Schlitzes zusätzliche Biegebungsbeanspruchungen auftreten.

Es empfiehlt sich jedoch, diese Verlegung nach unten nicht zu übertreiben, weil damit die Gesamtlänge des Pleuels zunimmt, dieser leicht unstarr wird, und Knickbeanspruchungen in den Bereich der Möglichkeit treten. Mit 50 mm Höhenverstellung bei 30000 und 80 mm bei 100000 kg Druckleistung dürften die oberen Grenzen gezogen sein.

b) Ist eine größere Verstellbarkeit des Stößelweges gegenüber der Tischfläche erwünscht als oben angegeben, so wählt man eine Exzenterpresse mit verstellbarem Tisch. Man muß sich dabei aber darüber klar sein, daß diese Einführung einer neuen Bewegung Lockerung der Starrheit und Genauigkeit einer Maschine bedeutet, und daß daher bei der Entscheidung, ob ein Werkstück auf einer Maschine mit verstellbarem Tisch hergestellt werden kann, Genauigkeit der Bewegung und Starrheit der Festspannung zuvor untersucht werden müssen. Daß andererseits von den Pressenfabrikanten auch auf diesem Gebiet unentwegt nach Verbesserungen gestrebt wird, zeigt Abb. 114, bei der die Prismenführung der Tischverstellung in der Mitte liegt, also im Angriffspunkt der Druckkraft, wenn die Druckverteilung im Werkzeug in bezug auf den Einspannzapfen abgeglichen ist. Hauptsächlich kommen derartige Pressen in Frage zum Lochen und Beschneiden von gezogenen Gegenständen.

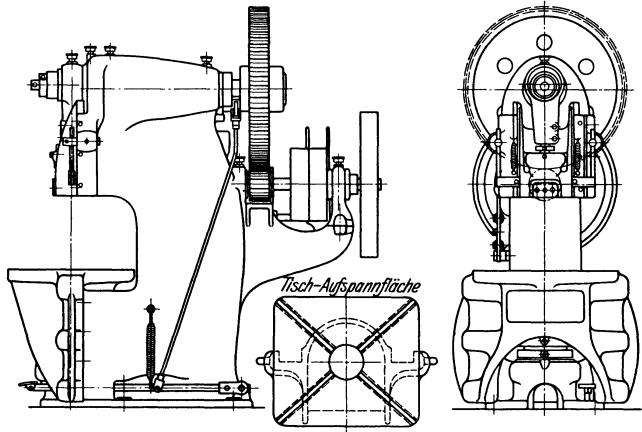


Abb. 114. Exzenterpresse mit verstellbarem Tisch. Die Ebene der Prismenführung für die Verstellung des Tisches fällt mit derselben des Stößels zusammen.

57. Das Anpassen der Presse an die Arbeitsweise des Werkzeuges erfordert eine Verstellbarkeit des Pressenhubes. Dazu dient allgemein eine Exzenterbüchse, deren Art und Wirkung jedoch verschieden ist. Bei einer Konstruktion wird die Exzenterbüchse, die mehrere Keilnuten hat, einfach über den Exzenterzapfen geschoben und durch einen Keil mit diesem verbunden. Bis zu etwa vier verschiedene Hubstellungen sind auf diese Weise zu erzielen. Zu beachten ist allerdings dabei, daß sich der Höchstpunkt der Stößelstellung hierbei gegenüber der Kupplung verdreht. Damit also die Kupplung ordnungsgemäß im höchsten Punkt der Stößelbewegung ausrückt, muß der Anschlag, der die Kupplung ausrückt, entsprechend gedreht werden. — Bei der zweiten Konstruktion sitzt die Exzenterbüchse lose auf dem Exzenterzapfen. Dieser trägt auf seiner Verlängerung eine durch Keil befestigte Scheibe, die nach der Exzenterbüchse zu gezahnt ist und in eine entsprechende Zahnung der Exzenterbüchse greift. Durch Schrauben werden



Abb. 115. Pressenständer in Schweißkonstruktion
(Wagner & Co.).

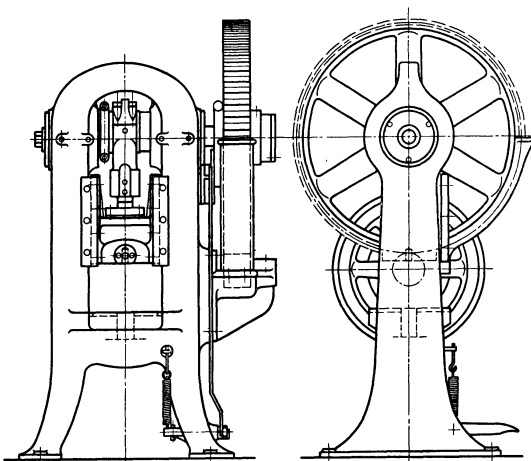


Abb. 116. Presse mit doppelarmiger geschlossener Gestellform
von großer Starrheit.

beide in Eingriff gehalten. Die Scheibe trägt den Nullpfeil, die Exzenterbüchse die Hubmillimeter. Durch diese Konstruktion ist eine gegenüber Fall 1 bedeutend umfassendere Einstellmöglichkeit gegeben, die nur dadurch noch übertroffen werden kann, daß man statt der Verzahnung an Büchse und Scheibe einen Reibkegel vorsieht. Damit kann man jedes gewünschte Maß innerhalb der durch Exzentrizität von Wellenzapfen und Büchse gegebenen Grenzen einstellen, namentlich dann, wenn Handrad, Schnecke und Schneckenrad zur Betätigung der Hubverstellung herangezogen werden — unter der Bedingung allerdings, daß genügend große Reibflächen sich anbringen lassen. Es wäre aber irrig, zu glauben, daß mit dem größeren Hub auch dieselbe Kraftwirkung wie beim kleinen Hub längs eines längeren Weges zu erzielen sei. Einmal verbieten das die Festigkeitseigenschaften der Maschine, sodann die durch Schwungradumlaufgeschwindigkeit und -gewicht bestimmte Abgabemöglichkeit an Energie.

58. Das Pressengestell dient dem Kraftschluß und erhält seine Form durch die Rücksicht auf den verwendeten Werkstoff, konstruktiven Aufbau und die Rücksicht auf die Arbeitsverhältnisse beim Schnitt.

a) Nach dem verwandten Werkstoff unterscheidet man Pressenkörper aus Hohl- (s. Abb. 108) und Rippenguß (s. Abb. 113) in Eisen- oder Stahlguß, Körper in Stahlplattenkonstruktion geschraubt, genietet oder geschweißt (Abb. 115). Bei der gemischten Bauweise verstärkt man entweder den Gußkörper durch eingezogene Anker, die in ihrer Spannung genau abgestimmt sein müssen, wenn sie mittragen, anderseits aber nicht die Last allein übernehmen sollen. Dies

letztere tritt dann gewollt ein, wenn man einem aus mehreren Gußteilen bestehenden Rahmen durch eingezogene Stahllanker Zusammenhalt gibt (s. Abb. 111).

b) Nach der Form unterscheidet man mit Rücksicht auf die Unterbringung und Bedienung des Werkzeuges die einfache (Abb. 108) und doppelte (Abb. 113) C-Form. Diese hat neben manchen Vorteilen den Nachteil einschenklicher Streckung, der bei rahmenförmigem Gestell (Abb. 116) vermieden wird auf Kosten der Zugänglichkeit. Bei großer Länge der Seitenwände, bei großer Breite zwischen diesen und der damit meist verbundenen ungleichen Beanspruchung der Seitenwände, ist ungleichmäßiges Strecken derselben zu befürchten. Bei Zweisäulengestellen stattet man die Säulen so aus, daß man sie nachspannen kann, um solch ungleiches Dehnen ausgleichen zu können. Das Viersäulengestell (s. Abb. 110) hat bei gleicher Ausstattung und unter Berücksichtigung der Kopflast den Vorteil größerer Stabilität.

c) Anpassung des Pressengestells an den Arbeitsfluß. Zum Herausnehmen und Zuführen des Werkstoffes ist ein bestimmtes geringstes Maß an Zeit notwendig, da ein Herankommen an das fertige Werkstück immer erst nach einer gewissen Exzenterdrehung möglich ist. Durch diesen Zeitpunkt ist die praktisch auszunutzende Hubzahl sehr beschränkt. Um die Beschickungsdauer eines Werkzeuges der obengenannten Art abzukürzen, neigt man die Presse nach hinten und führt das Gestell durchbrochen aus (Abb. 117). Nachdem der federnde Auswerfer das fertige Werkstück auf die Oberfläche des Werkzeugunterteiles befördert hat, kann es von dort nach hinten abgleiten. Die Tätigkeit des Pressers beschränkt sich auf die Werkstoffzufuhr und wird nicht beeinflusst durch die Abführung der fertigen Werkstücke. Unter Umständen geht man auf diesem Weg noch weiter und ordnet die Presse liegend an (Abb. 118), wenn man mit Werkzeugen für mehrere Arbeitsstufen arbeitet. Das Werkstück gleitet dann von einem Werkzeugteil in den andern und fällt schließlich fertig aus der Maschine.

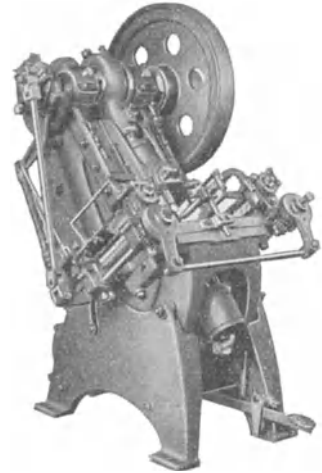


Abb. 117. Presse mit neigbarem, rückwärts offenem Gestell.

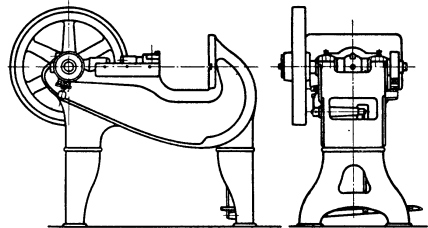


Abb. 118. Presse mit liegend angeordnetem Gestell (Schuler).

C. Die Bewertung von Pressen

hat von drei Gesichtspunkten aus zu erfolgen.

59. Betriebssicherheit. Im Vergleich zu anderen Werkzeugmaschinen kommt der Forderung nach Betriebssicherheit bei den Exzenterpressen eine ganz andere Bedeutung zu. Infolge ihrer Arbeitsweise: starre Hubführung, der das Werkstück plötzlich einen erheblichen Widerstand entgegensetzt, ist die Presse immer bestrebt, sich selbst zu zerstören. Das plötzliche Ingangsetzen bzw. Stillstehen und Abbremsen schwerer Massen der Maschine am Anfang und Ende des Hubes beansprucht erneut die Presse in all ihren Teilen durch Stöße und Erschütterungen.

Sie erfordert daher eine ganz andere Pflege als ihr gemeinhin zuteil wird, wenn man mit der gleichen Betriebssicherheit wie bei anderen Werkzeugmaschinen rechnen will.

a) Die Kupplung ist der empfindlichste Teil der Presse. Man muß von ihr verlangen:

1. daß die Bewegung so sanft wie möglich eingeleitet wird;
2. daß die Anlagefläche der Bolzen und Keile, die der Kraftübertragung dienen, möglichst groß ist bzw., wenn mehrere Keile gleichzeitig die Kräfte übertragen sollen, daß jeder für sich allein zur Not die Kräfte aufnehmen kann, da man mit ihrer gleichmäßigen Verteilung auf die Einzelkeile und -bolzen nicht rechnen darf;
3. daß sie vollständig gekapselt, gegen jegliche Eingriffe von außen gesichert ist. Trotzdem müssen alle beanspruchten Teile leicht zugänglich sein und namentlich die Keile und Bolzen ohne Ausbau des Schwungrades austauschbar sein;
4. daß das durchlaufende Schwungrad nicht unvermittelt auf der Exzenterwelle gleitet und durch Reibung unzulässiges, nicht auszugleichendes Spiel erzeugt, obgleich dies ohne unmittelbaren Einfluß auf das sichere Arbeiten der Kupplung ist;
5. daß das treibende Schwungrad trotz der Kupplung nahe ans Pressenlager gerückt werden kann, damit die Exzenterwelle sich nicht biegt;
6. daß die Kupplung durch Fußtritt ohne jede Körperanstrengung und Änderung der Körperstellung eingerückt werden kann; denn hat der Presser einen Werkstoffstreifen in die richtige Lage zum Werkzeug gebracht und kann nicht mühelos die Kupplung auslösen, so wird, namentlich wenn er ermüdet ist, seine Fußbewegung eine Änderung der Körperstellung und diese wiederum eine Verschiebung des bereits eingerichteten Streifens zur Folge haben. Im günstigsten Falle muß man dann mit Werkstoffverschwendung rechnen, doch liegen auch Werkzeugbeschädigung und selbst Verletzung des Arbeiters im Bereich der Möglichkeit. Aus demselben Grunde ist zu verlangen
7. daß die Kupplung mit einer Vorrichtung ausgestattet ist, die den Stoßel im höchsten Punkt seiner Bahn auslöst, ohne Rücksicht auf die jeweilige Stellung des Bedienungshebels;
8. daß eine Sicherung vorhanden ist, mit der man die Kupplung überhaupt ausschalten und ein Rückwärtsdrehen ermöglichen kann mit Rücksicht auf die Tätigkeit des Einrichters;
9. daß die Kupplung unmittelbar nach Betätigung des Bedienungshebels in Wirksamkeit tritt.

b) Die Lagerstellen und Sitzflächen der Welle verdienen größte Beachtung. Jedes Spiel im Hauptlager (am Pleuel) bringt Stöße in die Maschine, die den Ständer leicht um ein Mehrfaches des ursprünglichen Wertes beanspruchen können, während Verschleiß am hinteren Lager (siehe oben Punkt 4 und 5 bei Kupplung) eine Änderung der Lage zwischen Kupplungskeil und Schwungrad hervorruft und damit Störungen im Kupplungsvorgang heraufbeschwört. Bei Erfüllung all dieser Forderungen ist die Gefahr einer Selbstzertrümmerung der Presse wohl eingeschränkt, doch nicht beseitigt. Daher hat man auf Mittel gesonnen, die bei plötzlichem Auftreffen des Stoßels auf unüberwindlichen Widerstand es dem Schwungrad unmöglich machen, die ganze in ihm aufgespeicherte Energie augenblicklich an die Presse abzugeben.

c) Sicherungen (Druckregler). Lange schon bemühen sich die Konstrukteure um eine geeignete Sicherung oder Druckregelung. Bis heute hat sich jedoch keine durchsetzen können, weder die Abscher- und Brechsicherungen noch der

zwischen Pleuel und Stößel eingebaute Brechtopf, noch hydraulische Zwischenglieder zwischen Kugelpopfschraube und Stößel, die den Druck durch Feder-ventile ausgleichen, noch rein mechanische Druckregler, die aus Kniehebel und Federn usw. aufgebaut sind.

60. Die Arbeitsgenauigkeit der Presse ist abhängig von der Gestellstarrheit, der Führungssicherheit des Stößels, der Stößelstarrheit und schließlich der winkel-rechten Zuordnung von Stößelbohrung, Stößelunterfläche und Tischoberfläche.

Wenn je im Werkzeugmaschinenbau die einfache Festigkeitsberechnung versagt, so im Pressenbau. Nur eine Berechnung auf Formänderung führt hier zum Ziel, zur Einhaltung einer möglichst hohen Arbeitsgenauigkeit. Es kommt also für die Herstellung der Maschinengestelle nur ein Werkstoff in Frage, der bei Dreh- und Biegungsbeanspruchung möglichst geringe Formänderungen aufweist. So haben sich Sondergattierungen des Gußeisens, die zäh und hart sein müssen und Stahlguß ähnlicher Art Eingang verschafft, von ganz schweren Ausführungen abgesehen, wo gewalzte Stahlplatten mit den beiden genannten Werkstoffen in Wettbewerb treten. Der Stahlguß verlangt allerdings wegen seiner Neigung zur Formänderung gute Verrippung. Anderer als Rippenguß kommt für Stahlguß wegen der Herstellungsschwierigkeiten kaum in Betracht. Beim Gußeisen bestehen Hohl- und Rippenguß nebeneinander. Hohlguß bietet ein besseres Querschnittsbild für Verdrehungsbeanspruchungen, doch ist die Herstellungsgüte nicht so genau zu überwachen wie beim Rippenguß. Man sollte daher bei Hohlgußkörpern verlangen, daß sie Öffnungen haben, um die Lagerungsgenauigkeit des Kernes erkennen zu können. Mit der Lösung des Querschnittproblems ist es nicht getan: Mit zunehmender Ausladung kommt man bei dem C-förmigen Maschinengestell selbst bei gutem Querschnittsbild, oder vielmehr gerade bei dem, zu ganz unmöglichen Verhältnissen, d. h. mit zunehmender Ausladung wird schließlich die Verwendung des C-förmigen Gestells unmöglich, wenn man genaue Arbeit verlangt. Die doppelarmige, geschlossene Form dürfte für solche Fälle meistens anwendbar sein.

Was unter Führungsgenauigkeit des Stößels zu verstehen ist, soll Abb. 119 verdeutlichen. Ein gewisses Spiel ($F-f$) zwischen Stößel und Stößelführung ist zur Erreichung eines geringen Reibungswiderstandes nicht zu umgehen. Hierdurch wird es dem Stößel möglich gemacht, sich um den Winkel α gegen die Führung zu verkanten. Dieser Winkel α ist ein Maß für die Führungsgenauigkeit. Tritt nun vollends noch der Fall ein, daß die Punkte der Kraftübertragung von der Kugelpopfschraube auf den Stößel, von dem Stößel auf das Werkzeug und der Angriffspunkt der Resultierenden der gesamten Schnittwiderstände nicht in einer Senkrechten liegen, so tritt ein Drehmoment auf, das den Stößel verkantet, und zwar um so mehr, je größer α ist. Durch diese Verkantung erfolgt eine Krafteinwirkung auf die Stößelführung am Maschinengestell, die schließlich so weit geht, daß der Stößel sich unter dem Einfluß der entstehenden Reibung festklemmt, oder daß die Stößelführung abgesprengt wird. Zur Erzielung einer genauen Stößelführung kommt es also darauf an: 1. die Verkantungsmöglichkeit des Schiebers so gering wie möglich zu machen, d. h. α klein zu halten. Dies kann erreicht werden durch Vergrößerung des Verhältnisses Führungslänge zu Führungsbreite L/F und l/f ; 2. dafür Sorge zu tragen, daß der Angriffspunkt des Pressendruckes und die Resultierende der gesamten Widerstände möglichst in einer Senkrechten liegen, um das zerstörende Drehmoment so klein wie möglich zu

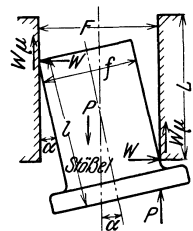


Abb. 119. Verkanteter Stößel.

halten. Ein ordnungsmäßiges Nachstellen der Führungsbahn ist also nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick zu sein scheint; denn mit der Verringerung des Spiels allein ist es nicht abgetan, weil zum Beispiel bei einfachem einseitigem Nachstellen der Kraftübertragungspunkt zwischen Kugelpfopf und Stößel aus der Stößelmitte herausgerückt würde. Um das Auftreten von Drehmomenten möglichst hinten zu halten, sollte man also möglichst mit beiderseitigen Zustelleisten arbeiten.

Aus Abb. 119 geht nun hervor, wie gefährlich gerade das erwähnte Drehmoment dem Stößel ist, wie sehr es seine Arbeitsgenauigkeit beeinträchtigt, wenn der Stößel weit aus seiner Führung herausragt und das Drehmoment in einer zu der gezeichneten um 90° gedrehten Ebene wirkt und den Stößel, selbst wenn er in sich zur Druckkraftaufnahme stark genug ist, an dem Punkte, wo er aus seiner Führung heraustritt, abzubiegen sucht.

Wollte man die Pressen einer Werkstatt in Güteklassen einteilen, so hätte man 1. die Dehnung des Körpers bei verschiedenen Belastungen bzw. verschiedenen Geschwindigkeiten zu messen, um sich ein Bild über die Genauigkeitsbeeinträchtigung infolge der elastischen Dehnung und Verdrehung zu machen, 2. hätte man zur Beurteilung der Führungsgenauigkeit des Stößels für möglichst viele Punkte der Stößelbahn und für möglichst viele Lagen derselben das Spiel zwischen Stößel und Stößelführung in Abhängigkeit von dem Verhältnis „geführte Stößellänge zu Stößelbreite“ festzuhalten¹.

61. Die Wirtschaftlichkeit einer Presse ist in Richtung des Wirkungsgrades und in Richtung des Ausnutzungsgrades zu verfolgen. Die Hebung des Wirkungsgrades ist hauptsächlich eine Getriebefrage, so daß nach dem, was oben schon über Genauigkeit und Sicherheit des Stößels und der Exzenterwelle nebst Kuppelung gesagt ist, über die Schwungradpressen nichts mehr zu erwähnen ist, außer dem Hinweis auf eine zweckentsprechende Schmiereinrichtung; denn jedes Geräusch, jede Erschütterung, jede unnötige Reibung ist eben Energieverlust und setzt den Wirkungsgrad herab. Tritt noch ein Rädervorgelege zur Konstruktion, so vergrößern sich natürlich diese Verluste. Deswegen ist gerade bei solchen Pressen darauf zu achten, daß die Vorgelegelager möglichst reibungsfrei laufen, wie es das Kugellager ermöglicht. Ferner müssen die Lager so verteilt und die Welle so stark bemessen sein, daß sie sich unter dem Schwungradgewicht, dem Riemenzug und dem Zahndruck nicht meßbar verbiegt, weil solche Verbiegungen mit ihren ständigen Wiederholungen eine nicht unerhebliche Energieverlustquelle

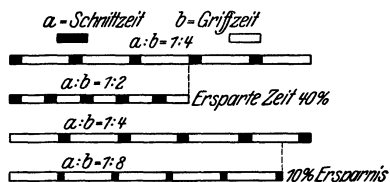


Abb. 120. Bedeutung von Schnittzeit- und Griffzeitverkürzung für die Wirtschaftlichkeit.

sind, die obendrein noch sehr ungünstig auf den ruhigen Gang der Zahnräder einwirken. Daß man für diese gefräste Zähne voraussetzen muß, ist selbstverständlich, wenn man schon nach dem Getriebewirkungsgrad fragt.

Der Ausnutzungsgrad einer Presse ist weniger eine Frage der Schnittgeschwindigkeit oder der vollständigen Ausnutzung von Getriebe und Maschinengestell als eine Frage nach dem Verhältnis von möglicher Hubzahl

zur tatsächlich ausgenutzten Hubzahl, und dies Verhältnis ist fast ausschließlich abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Werkzeug gespeist wird. Eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit (Abb. 120 unten) um 50% bringt bei den der Skizze zugrunde gelegten Annahmen nur einen Zeitgewinn von 10% mit sich,

¹ Darüber Näheres im Prüfbuch für Werkzeugmaschinen (Berlin: Julius Springer) bzw. in den neueren „Prüfnormen für Werkzeugmaschinen“.

die Verkürzung der Griffzeiten (oben) um 50 % jedoch einen solchen von 40 %. Es kommt also darauf an, dem Arbeiter die Handarbeiten zu erleichtern bzw. ihm ganz abzunehmen. Die Schaffung von entsprechend leistungsfähigen Einrichtungen ist eher Sache des Werkzeugbaues als des Pressenkonstruktors.

D. Vorrichtungen.

62. Sicherheitsvorrichtungen. Die gegenwärtig schwebenden Aufgaben der Stanztechnik erstrecken sich im wesentlichen auf die Steigerung von Sicherheit, Genauigkeit und Leistung. Die Pressen sind als gefährlich verrufen, und tatsächlich ist die Zahl der Unfälle erschreckend hoch, namentlich bei solchen Arbeiten, bei denen nicht vom Werkstoffstreifen geschnitten wird, bei denen das Teil nicht durch die Schnittplatte hindurchgeht und der Abfall abgelenkt oder als „Gitter“ mit dem Band vorgeschoben wird (in welchem Falle meistens beide Hände zur Führung des Bleches notwendig sind), also namentlich bei Einlegearbeiten. Wird ein Presser in seinem Arbeitsrhythmus durch Anruf, Anfassen usw. gestört oder stimmt der von der Veranlagung und Stimmung abhängige Arbeitsrhythmus des Pressers nicht mit der Maschine überein, so ist es nur zu leicht möglich, daß die Finger, die Hand des Pressers vom Stempel erfaßt werden. Wo solche Fälle zu befürchten sind, muß man die Betätigung der Kupplung durch Fußtritt als unzulänglich bezeichnen und eine Zweihandhebelaustrückung anbringen. Diese Vorrichtung kann jedoch nur Unfälle verhüten, wenn beide Hände gleichzeitig die Doppelhandhebel betätigen müssen. Bei jeder Doppelhandeinrückvorrichtung muß man den Nachteil mit in Kauf nehmen, von der Bedienung einen Handgriff, also einen Arbeitsaufwand zu fordern, der für den eigentlichen Fertigungsgang nicht unbedingt erforderlich wäre. Das Steuerungsschema kann man mit mechanisch, pneumatisch oder elektrisch betätigter Steuerung anwenden. Fingerabweiser sind nur dann ungefährlich, wenn sie nicht mit Gewalt auf den Menschen einwirken, sondern wenn sie die Maschine ausschalten sowie der Abweiser in seiner Bewegung berührt oder angestoßen wird.

Das bisher Gesagte läßt erkennen, daß der Maschinenkonstrukteur außer der Sicherung zur Vermeidung von Unfällen durch den Riemen, das Schwungrad, ungewolltes Kuppeln des Schwungrades mit der Exzenterwelle wenig an der Unfallverhütungsfrage und ihrer Lösung mitarbeiten kann. Hauptsächlich bleibt dies dem Werkzeug- und Vorrichtungskonstrukteur vorbehalten. Die Bestrebungen gehen deshalb dahin, den Aufenthalt unter den Werkzeugen abzukürzen, indem man Vorrichtungen anbringt, die das unter dem Stempel verbleibende Werkstück entfernen. Außer Schrägstellen der Presse trifft man hierbei häufig auf die Verwendung von Preßluft, die den Vorteil hat, daß man in der Festlegung der Ableitungsrichtung nicht unnötig gebunden ist. Zudem ist mit dieser Sicherung eine Leistungssteigerung verbunden. Dies günstige Zusammentreffen können wir auch bei Einrichtungen finden, die der Werkstoffzuführung dienen. Die übliche Zuführungsgeschwindigkeit von Hand dürfte sich um 100 Zuführungen in der Minute bei durchlaufender Presse bewegen. Damit soll nicht gesagt sein, daß unter besonders günstigen Umständen — Schneiden kleiner Ausschnitte in einen Streifen usw. — nicht auch ganz erheblich höhere Leistungen, bis mehr als das Doppelte, möglich wären. Doch sind das Ausnahmefälle, denen eine erheblich geringere Leistung gegenübersteht, wenn zu jedem Arbeitsgang die Kupplung betätigt werden muß. Genügen solche Stückleistungen, so ist es Sache des Werkzeugkonstruktors, für die notwendige Unfallsicherheit zu sorgen. Bei höheren Leistungsforderungen muß man mit Vorschubapparaten arbeiten. Diese bringen

den Vorteil mit sich, daß sie jede Handbewegung unter dem Pressenstoßel unnötig machen.

63. Zuführungsvorrichtungen. Nach der Form des zu verarbeitenden Werkstoffes kann man drei Systeme unterscheiden: a) für Werkstoff in Streifenform, b) für Werkstoff in Tafelform, c) für vorgearbeitete Werkstücke. Als Sonderfall tritt zu jeder der drei Möglichkeiten der Automat.

a) Die einfachste Zuführung für Streifen ist der Walzenapparat, dessen schematische Darstellung Abb. 121 zeigt. Zwei Walzenpaare rechts und links vom Werkzeug, unter Feder- oder Gewichtsdruck gegen-

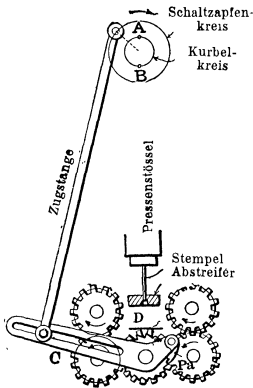


Abb. 121. Antrieb eines Walzenvorschubs.

einandergepreßt, übernehmen infolge der so hergestellten Reibung in der Leerlaufzeit der Presse den Werkstoffvorschub. Die Schaltbewegung wird durch eine auf der Exzenterwelle befestigte Kurbelscheibe von der Welle abgeleitet und durch ein verstellbares Kurbel- und Sperrradgetriebe und über Zahnräder auf die Walzen übertragen (Abb. 121). Sperrklinken verhüten Übersaltungen. Zur konstruktiven Durchführung ist zu bemerken: das Schalt-
rad ist groß zu wählen, damit der notwendige Schaltdruck möglichst gering bleibt; denn zur Ermöglichung jeder gewünschten Vorschublänge ist die feinste Sperrzahn-
teilung angenehm. Meist wird Millimeter-
teilung verwandt, und für den Fall, daß sich zu große Schaltdrücke ergeben, mit doppelter oder mehrfacher Schaltklinke gearbeitet (Abb. 122). So ergeben sich auch keine Ungenauigkeiten, falls aus dem Schalt-
rad einmal ein Zahn ausgebrochen sein sollte. Beide Klinken, A und B, arbeiten zusammen, jede

hat bei genauer Herstellung den halben Schaltdruck zu übertragen. Schleift man nun eine dieser Sperrklinken um eine halbe Zahn-
teilung kürzer, so hat man die Möglichkeit, auch in $1/2$ mm schalten zu können (Abb. 123). Die beiden Schalt-
klinken wechseln nunmehr in ihrer Tätigkeit ab. Zur Vermeidung von Geräuschen und Erschütterungen, zur Erhaltung der
Schaltradteilung wird während des Schalt-
klinkenrückganges diese meist vom Schalt-
rad abgehoben. Eine Sperrklinke hält in dieser Zeit das Schalt-
rad in seiner Stellung.

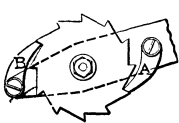


Abb. 122. Ganzzahnschaltung.

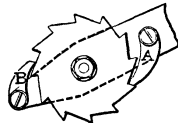


Abb. 123. Halbzahnschaltung.

Der genauen Werkstoffleitung dienen entweder Lineale zwischen den Walzen oder Anschlagringe an den Walzen. Damit der
Streifen beim Einführen schnell nach diesen auszurichten ist, findet man häufig Anordnungen, die die Oberwalzen abheben können. Diese Vorrichtung tritt bei
einigen Konstruktionen auch selbsttätig mit dem Stoßelhub in Kraft, damit während des Schnittes keine Zwängungen an den Stempeln entstehen. Ferner ist es empfehlenswert, die Vorschubeinrichtungen zum Einbau neuer Werkzeuge ab-
klappbar einzurichten.

Der wunde Punkt aller Konstruktionen nach diesem Grundsatz liegt in dem Mangel einer zwangsläufigen Kupplung zwischen Werkstoff und Vorschub-
mechanismus. Reibungsverhältnisse sind schwer vorauszubestimmen und bei der stoßenden Arbeitsweise zu beherrschen, die genaue Einhaltung der Vorschub-
länge nach Bruchteilen von Millimetern ist kaum zu sichern. Will man keine Fehlschnitte erzeugen, so muß man eben einen etwas größeren Werkstoffverlust als unbedingt notwendig in Kauf nehmen. Da die Reibungskräfte zwischen

Werkstoff und Vorschubwalzen nur in engen Grenzen durch Erhöhung der Pressung zwischen den Walzen zu regeln sind, wird mit zunehmender Werkstoffdicke die Wahrscheinlichkeit von Fehlvorschüben größer.

Bei empfindlichen Werkzeugen und hochwertigen Werkstoffen wird man in solchen Fällen ein zwangsläufiges Vorschubgetriebe wählen, wie man es als Zangen-vorschub ausgebildet findet (Abb. 124). Bei diesem bewegen zwei Zangenpaare den Werkstoff vor. Das erste Zangenpaar besorgt den eigentlichen Vorschub. Nach dessen Beendigung schließt sich ein zweites Zangenpaar, das sich neben dem ersten befindet, und spannt auf diese Weise während des Schnittes den Streifen ein. Indessen öffnet sich das erste Zangenpaar und geht in Anfangsstellung zurück. Zwei Bewegungsableitungen von der Exzenterwelle sind also in diesem Falle notwendig: das Öffnen und Schließen von zwei Paar Zangen, und zwar zu verschiedenen Zeiten, und die eigentliche Vorschubbewegung. Die sich daraus ergebenden

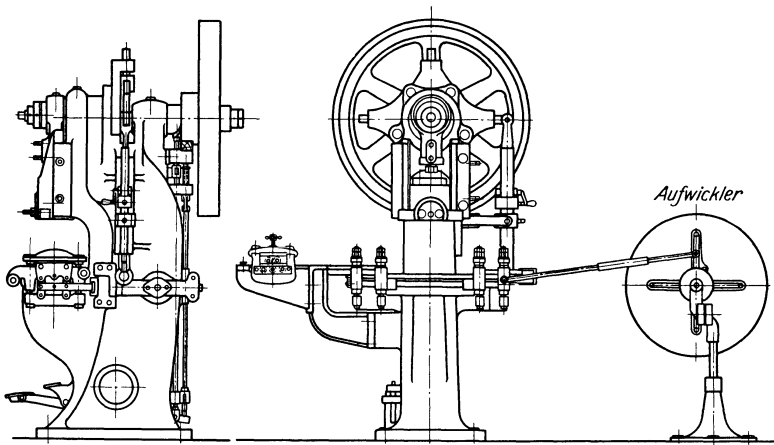


Abb. 124. Exzenterpresse mit Zangenvorschub, Blechrichtapparat, Ab- und Aufwickelvorrichtung.

Konstruktionen sind schon in ihrem systematischen Aufbau so verschieden, daß hier eine Beschreibung kaum möglich ist, und so umfangreich, daß sie der Maschine einen eigenen Charakter geben, den eines Sonderautomaten, zumal System und Art der Ausführung nicht nur vom Fabrikat und Patenten, sondern auch vom Verwendungszweck abhängen. Sie kommen also hauptsächlich da in Frage, wo große Mengen schwieriger Schnitte zu führen sind. In solchen Fällen ist es des häufigeren notwendig, den in Rollen vorliegenden Werkstoff vor der Einführung ins Werkzeug zu richten, und es ist gerade ein Vorteil dieser Vorschubart, daß sich ein Richtapparat gut in die Gesamtkonstruktion einfügt. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß die Werkstoffdicke fast ohne jeden Einfluß auf das Arbeiten der Vorrichtung ist.

b) Zweierlei Arten von Vorrichtungen zur Verarbeitung ganzer Blechtafeln hat man zu unterscheiden: solche, bei denen das Werkzeug verfahren wird (Einmann-Lochstanze, Abb. 125), und solche, bei denen die Blechtafel bewegt werden muß (Perforiermaschine und Zickzackpresse).

Kennzeichnend für die Perforiermaschinen (Abb. 126) ist der Wagen, in den das Blech eingespannt wird und der in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen in bezug auf den Stößel bewegt werden kann. Die Längsbewegung wird durch verstellbare Kurbelscheibe und Schalt- und Sperrklinkengetriebe erreicht

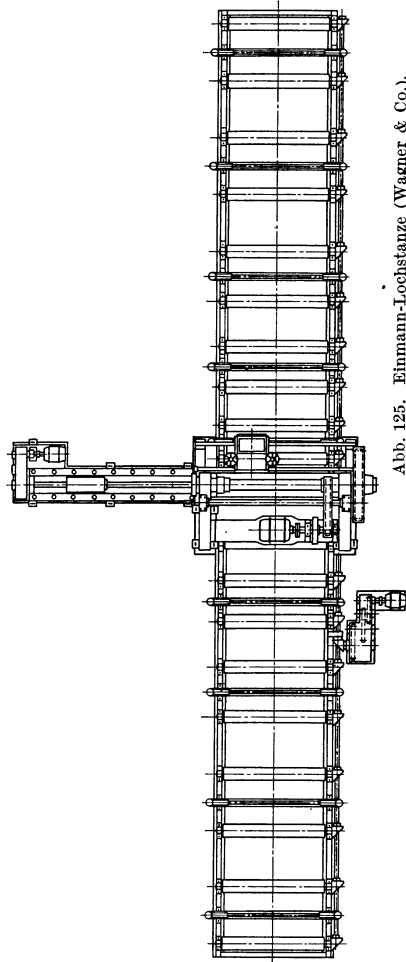
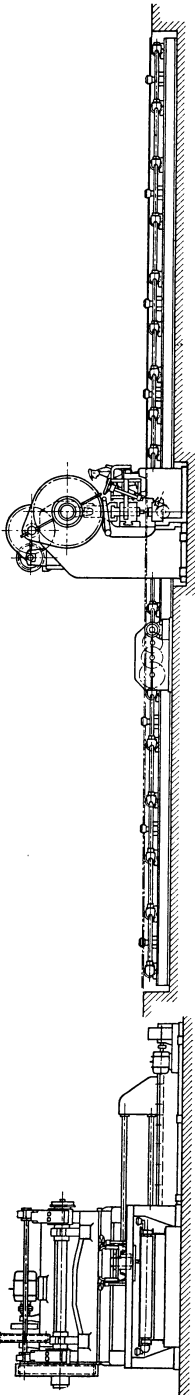


Abb. 125. Einmann-Lochstanzze (Wagner & Co.).

wie beim Walzenvorschub. Soll nach vor- und rückwärts gearbeitet werden können, so ist das Schalt- und Sperrklinkengetriebe doppelt anzuordnen, wobei ein Getriebe immer außer Eingriff sein muß. Beim Arbeiten in nur einer Richtung trifft man meist 1 mm-Teilung, wird Hin- und Hergang zum Schneiden ausgenutzt, so findet man gradflankige 2,5 mm-Teilung. Wohl kann man sich durch die schon beim Walzenvorschub erwähnten Mittel der Unterteilung helfen; doch hinsichtlich der Genauigkeit wird man beim Arbeiten nach zwei Richtungen immer im Nachteil sein. Es wird also meist nur für solche Arbeitsgänge Verwendung finden, bei denen die Genauigkeitsansprüche nicht hoch sind, die Einsparung an Leerlaufzeit also nicht zur Beeinträchtigung der Fertigungsgüte führt.

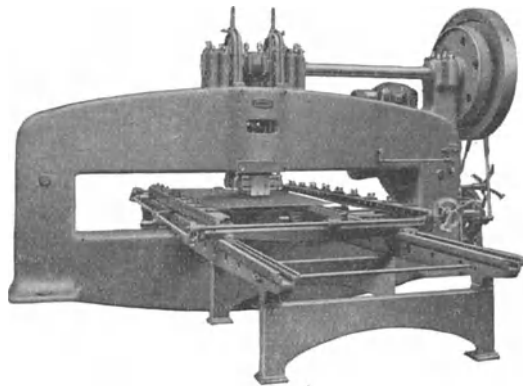


Abb. 126. Perforierpressen für umfangreiche Locharbeiten (Schuler).

Durch beschleunigten Tischrücklauf kann man beim Arbeiten in nur einer Richtung den Zeitverlust verringern. Die Bewegung vom Schaltrad auf den Tisch wird durch Zahnrad und Zahnstange oder durch Spindel mit Mutter übertragen. Der wunde Punkt der Konstruktion ist das Wagengewicht, das bei eingespannter Blechtafel Größen von $\frac{1}{2} \dots \frac{3}{4} t$ annehmen kann. Die dadurch bedingten hohen Beschleunigungs- und Bremskräfte stellen an das Schaltgetriebe die größten Anforderungen, bringen bald toten Gang in die Maschine und beeinflussen so die Genauigkeit oder die Arbeitsgeschwindigkeit auf das Nachhaltigste.

Bei jeder Leerlaufbewegung müssen die Sperr- und Schaltklinken daher selbsttätig außer Eingriff gebracht werden. Von der weiteren konstruktiven Durchführung ist zu verlangen, daß Vorschubbegrenzung an jedem gewünschten Punkte durch Maschine und unabhängig davon von Hand möglich ist. Quer zugestellt wird meist durch Hand unter Verwendung von Wechselrädern, die in Abhängigkeit von der jeweiligen Teilung ausgetauscht werden müssen.

Die Zickzackpresse ist eine Erscheinung des „wirtschaftlichen“ Zeitalters: Das „Versetzt-Ausschneiden“ gestattet eine Werkstoffersparnis bis zu 30% und die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu verwenden. Weil nur mit einem einfachen Werkzeug gearbeitet wird, weil die Hände des Pressers stets aus dem Bereich der Werkzeuge bleiben, weil Werkstück und Abfall selbsttätig aus dem Werkzeug entfernt werden, sind

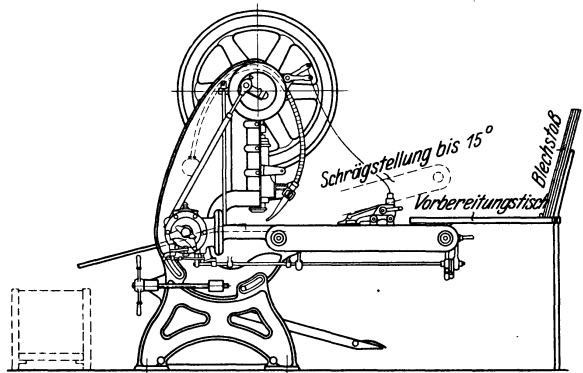


Abb. 127. Zickzackpresse für automatisches Ausschneiden aus ganzen Tafeln (Fledermaus AG., Erfurt).

Stundenleistungen bis zu 6000 oder gar 8000 Stück bei vollautomatischen Maschinen erreichbar. Eine solche ist in Abb. 127 wiedergegeben. Hervorzuheben ist bei dieser Konstruktion die Zusammenfassung aller Getriebeeinzelteile zu einem Getriebekasten. Wechselräder sind vermieden. Zwei Teilscheiben, die außen am Getriebekasten sitzen und leicht auszuwechseln sind, kalibrieren den Längs- und Quervorschub. Durch einen Hebel lassen sich vier verschiedene Tafelaufteilungen erzielen. Die Vorschubbewegungen werden durch Ketten auf die Doppelzange übertragen, in welche die Blechtafel eingespannt wird. Die Zangen sind leicht austauschbar, so daß der Presser in aller Ruhe und Sorgfalt auf dem Vorbereitungstisch eine neue Tafel einspannen kann, während die erste gelocht wird. Das Schnittwerkzeug ist ein einfacher offener Schnitt, hinter dem sich zwei Nebemesser befinden, die den Abfall restlos aufschneiden und unter den Pressentisch befördern, während das eigentliche Arbeitserzeugnis durch ein Gebläse auf eine schiefe Ebene abwärts zur nächsten Maschine befördert wird.

Gerade bei diesen Maschinen nimmt die Beförderungsfrage einen breiten Raum ein. Der eigentliche Schnitt beansprucht die geringste Zeit, unvergleichlich mehr die Blechzuführung. In keiner Werkstatt für die Bearbeitung ganzer Blechtafeln dürfen daher angemessene Beförderungseinrichtungen fehlen. Die einfachste Art, Kleinstanzteile zu befördern, ist oben schon erwähnt: man läßt das fertige Schnittteil — nötigenfalls unter Nachhilfe mit einem Gebläse — eine schiefe Ebene

hinabgleiten zur nächsten Maschine. Leider ist diese einfache Anordnung wegen des Gefälleverlustes und der Maschinenentfernungen nur in seltenen Fällen anzuwenden. Sind allein solche räumliche Schwierigkeiten zu überwinden, so kann

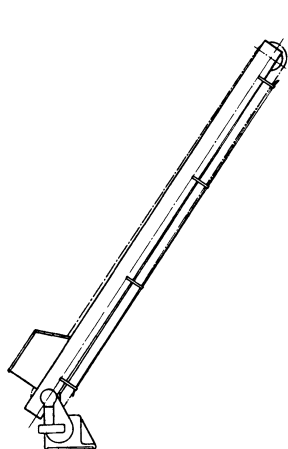


Abb. 128. Neigbares Kleinförderband (Reiß & Martin AG., Berlin).

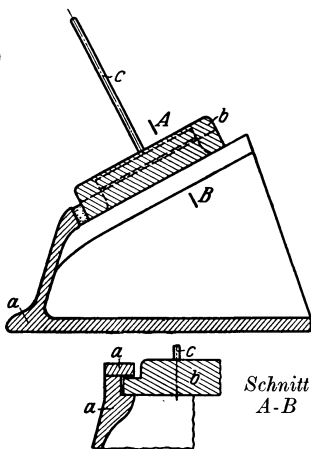


Abb. 129. Magazin für Schnitteile mit Durchbruch.

unter Umständen die Vorrichtung Abb. 128 gute Dienste leisten. Ist jedoch außer der räumlichen auch die zeitliche Harmonie im Arbeitsgang zu bewahren, so muß man Stapelvorrichtungen vorsehen. Zuweilen treten diese als zum Werkzeug gehörige Magazine in Erscheinung. (Bei Rundschnitten genügt beispielsweise ein Stück Rohr entsprechenden Durchmessers, das auswechselbar unter der Schnittplatte befestigt ist.) In solchen Fällen geht eine Beförderung

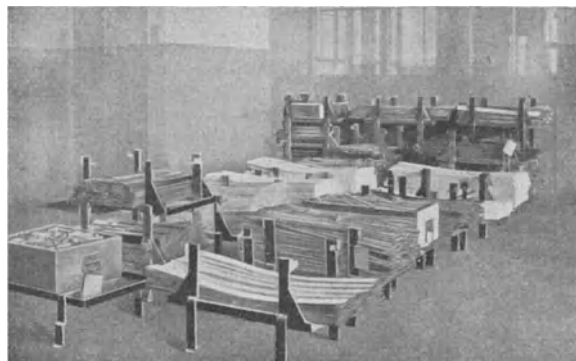


Abb. 130. Genormte Stapelgestelle für Blechtafeln und Streifen bei Hubwagenförderung.

natürlich viel einfacher vorstatten, als wenn man es mit den gehäuften Einzelteilen zu tun hat. Das Anwendungsgebiet der Magazine ist allerdings auf Schnitte beschränkt, bei denen das fertige Arbeitsstück durch die Schnittplatte hindurchgeht. Abzustellen ist dieser Nachteil in solchen Fällen, wo das Schnitteil einen Durchbruch hat. Die Vorrichtung (Abb. 129) besteht aus einem Schuh *a*, in den ein Schieber *b* mit einem Dorn *c* sich einschieben läßt. Die Vorrichtung wird so aufgestellt, daß der Dorn *c* die herabfallenden Schnitteile auffängt. Sobald sich auf dem Dorn eine genügende Anzahl Werkstücke gesammelt haben, wird der Schieber *b* mit Dorn *c* durch einen neuen ersetzt. Eine sehr erfolgreiche Anwendung von Magazinen ist in Maschinenbau 1927, Heft 23 und 24, beschrieben: Vorgerichteter Werkstoff wird von den Scheren zu den Pressen auf Hubkarren mit den aus den Abb. 130...132

erkennlichen Zusatzgestellen vorteilhaft befördert. Damit ist aber erst eine Schwierigkeit überwunden, die eigentliche Beförderungsfrage. Die zweite Schwierigkeit ergibt sich beim Zurichten schwerer Blechtafeln für den Schnitt. Wie diese Aufgabe bei Maschinen der obengenannten Art und besonders auch bei Scheren, die manchmal eben wegen dieser Schwierigkeiten nur einen Ausnutzungsgrad von 10% erreichen, zu lösen ist, soll an Hand von drei Bildern

gezeigt werden: Die einfachste Konstruktion ergibt sich aus der Verbindung einer Maschine mit einem Schwenkkran (Abb. 133). Bei dünneren Blechen vermeidet man das Durchhängen durch einfache U-Eisen, deren Flanschen mit entsprechenden Löchern versehen sind. Vollkommener in der Wirkung und zugleich verhältnismäßig vielseitig in der Verwendung ist die Lösung der Abb. 134: Auf zwei Gleitschienen werden die Werkstücke selbsttätig durch Mitnehmer so vorgeschoben, daß das Zuführen in die Maschine und die Weiterbewegung möglichst wenig Zeit und Arbeit erfordern. Bei Werkstätten mit wechselnden Arbeiten dürfte die Lösung der Abb. 135 die beste sein. Sie hat sich selbst da noch als wirtschaftlich erwiesen, wo bis zu 100 m² Werkstattraum für diese Vorrichtung geopfert wurden. Sie ist einfach herzustellen und besteht nur aus der wiederholten Anwendung von Drehköpfen. An Hand des Bildes kann man sich leicht einen Begriff davon machen, wie die Führung des Bleches beim Einstellen erleichtert wird, wie sich eine Beweglichkeit nach jeder Richtung ergibt, und wie die Vorrichtung selbst zur An- und Abbeförderung verwendbar ist.

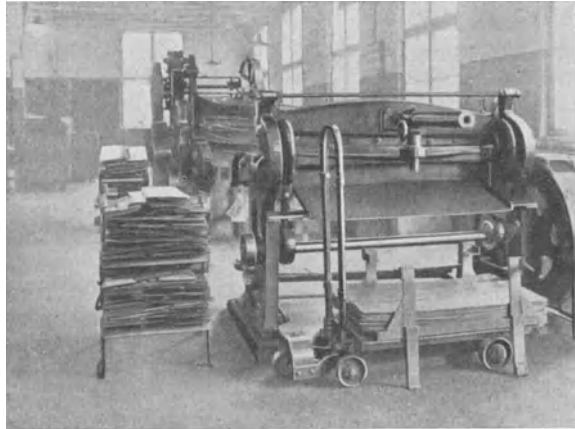


Abb. 131. Das genormte Stapelgestell in Arbeitsstellung an einer Kurbelschere.

c) Nutenpressen. Sie bilden eine Übergangsform zu den Vorrichtungen für die Zuführungen vorgearbeiteten Werkstoffes, wie sie hauptsächlich bei der Herstellung von Rotor- und Statorblechen für Motoren und Dynamos, die nicht in großen Reihen gefertigt werden, Verwendung finden. Es handelt sich hier um eine Lösung des schon oben angeschnittenen Problems, vielgestaltige und

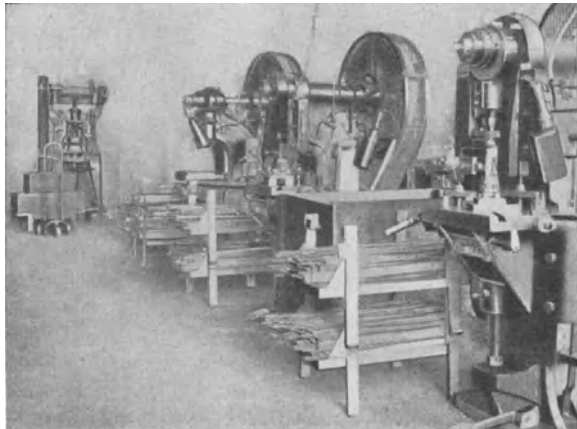


Abb. 132. Genormte Stapelgestelle in Arbeitsstellung an Pressen.

empfindliche, dabei wenig ausnutzbare Verbundwerkzeuge durch eine ebenso genaue, jedoch allgemeiner verwendbare Sondermaschine zu ersetzen, die nur mit einem einfachen, daher billigen und außerdem leicht instand zu haltendem Werkzeug arbeitet. Angängig sind Konstruktionen dieser Art natürlich nur dann, wenn die Leistung dadurch nur wenig beeinflusst wird.

d) Als Zuführungsvorrichtung für vorgearbeitete kleinere Teile hat sich der Revolverteller allgemein eingeführt. Er besteht aus einer drehbar auf dem

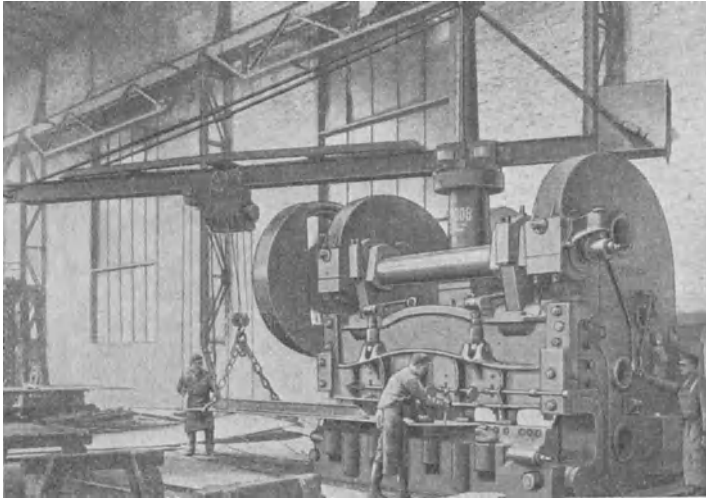


Abb. 133. Schwere Kurbelschere mit eingebautem Drehkran für die Zuleitung der Tafeln zur Schere und zum Halten während des Schnittes (Schieß-Defries AG., Düsseldorf).

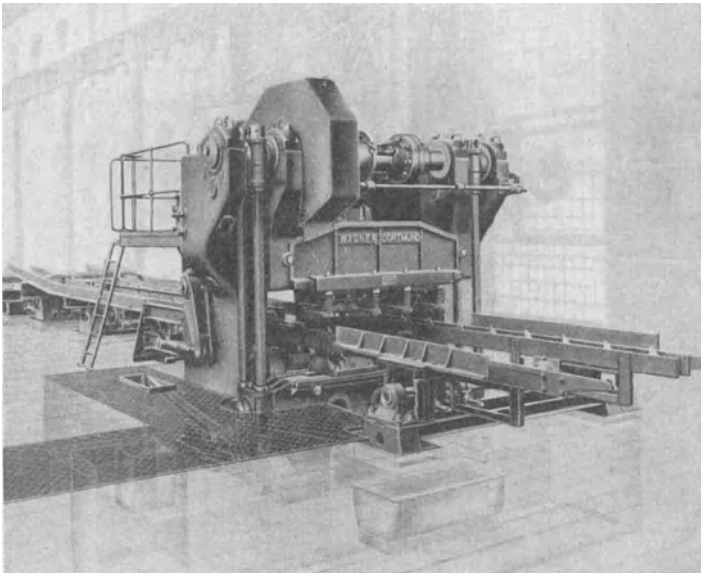


Abb. 134. Schwere Lochstange mit selbsttätiger Werkstückbewegung durch Mitnehmer (Wagner & Co.).

Tisch der Presse angeordneten Scheibe mit Öffnungen, die mit passenden Einsatzstücken das vorbereitete Arbeitsstück aufnehmen. Auf diese Weise hat der Presser,

der nun nicht mehr gezwungen ist, unter dem Stößel der Maschine zu arbeiten, sondern nur auf der vorderen freien Tischhälfte, gegenüber den einfachen Pressen

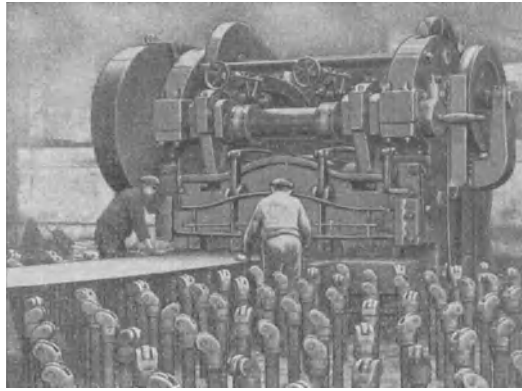


Abb. 135. Schwere Kurbelschere mit einem Vorfeld drehbarer Rollenköpfe (zur Stützung der Blechtafeln und zur Erleichterung der auszuführenden Werkstoffbewegungen) (Schieß-Defries).

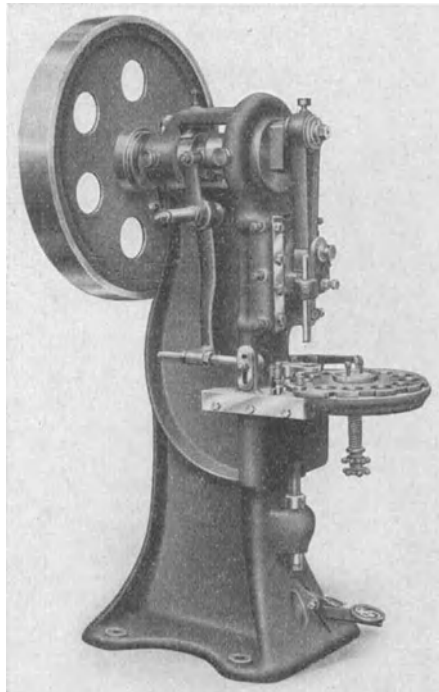


Abb. 136. Presse mit Revolverteller (Klinkenschaltung) mit Sicherung gegen Aufsetzen des Stempels auf den Teller (Schuler).

eine ganz andere Bewegungsfreiheit. Er braucht sich um den Gang der Maschine nicht mehr zu kümmern. Nur auf das richtige Einlegen der Arbeitsstücke hat er

zu achten, zumal es meistens angängig und möglich ist, durch einen am Stößel befindlichen Auswerfer, das fertigbearbeitete Stück durch den Revolverteller hindurch nach abwärts zu befördern. Von den verschiedenen Antriebsmöglichkeiten des Tellers haben zwei, Antrieb durch Schaltklinke und Antrieb durch Sternrad, besondere Verbreitung gefunden. Die Schaltklinke setzt das Vorhandensein eines Kurbeltriebes oder einer Kurvenscheibe voraus. Der Kurbeltrieb hat die größere Anpassungsfähigkeit an verschiedene Vorschubgrößen für sich, ergibt jedoch gegenüber der Kurvenscheibe ungünstigere Beschleunigungs- und Bremsungsverhältnisse, d. h. die Gefahr des Schleuderns oder der übermäßigen Abnutzung des Schaltgetriebes ist beim Kurbelantrieb größer als bei der richtig konstruierten Kurvenscheibe, die in jedem einzelnen Teil den Bewegungsverhältnissen entsprechend geformt ist. Man wird einem solchen Antrieb für genaue Arbeiten also den Vorzug geben, trotz höherer Kosten und größerer Empfindlichkeit gegen Abnutzung der Kurvenscheibe. Der Außenrand des Revolvertellers trägt eine Verzahnung, mit der sowohl die Schalt- als auch die Sperrklinke zusammenarbeiten. Beide Getriebeteile sitzen zur leichteren Anpassung an verschiedenen Tellerformen meist auf einem Schlitten (Abb. 136). Vorteilhaft ist diese Getriebeanordnung auch zum Ausgleichen kleiner

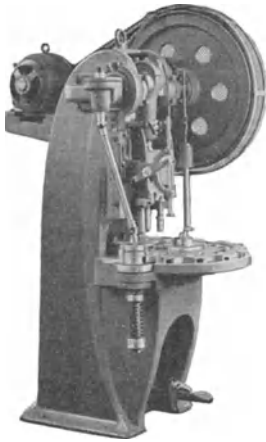


Abb. 137. Presse mit Revolverteller (Malteserkreuzgetriebe) (Schuler).

im Laufe der Zeit sich einstellender Formänderungen in dem Gestänge, das der Bewegungsübertragung dient. Haben durch Klemmen des Revolvertellers diese Verbiegungen usw. größere Maße angenommen, so wird die Folge sein, daß beim nächsten Hub der Stempel auf den Teller aufsetzt und sich so eine Betriebsstörung ergibt. Durch Einschaltung einer Sicherheitsvorrichtung lassen sich solche Anstände vermeiden.

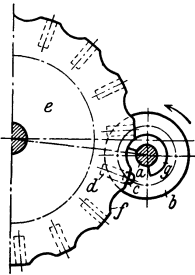


Abb. 138. Malteserkreuzgetriebe.
 a = Welle; b = Kurbelscheibe;
 c = Zapfen;
 d = Nuten; e = Sternrad;
 f = Ausfräsungen;
 g = Erhöhung.

Die Bestrebungen, mit möglichst geringen hin- und hergehenden Massen den Vorschub zu bewerkstelligen, schufen den Sternradantrieb (Malteserkreuz) des Revolvertellers (Abb. 137). Eine Welle a (Abb. 138) wird durch Stirn- oder Kegelräder von der Exzenterwelle aus angetrieben, läuft also mit dieser ständig um. Auf dieser Welle sitzt federnd die Kurbelscheibe b . Die Verzahnung des Revolvertellers ist durch Nuten d und Ausfräsungen f ersetzt, und zwar sind die Nuten d so konstruiert, daß der Zapfen c der Kurbelscheibe auf seinem Wege in eine der Nuten d hineingleitet und in Abhängigkeit vom Kurbelhalbmesser den Revolverteller um ein bestimmtes Winkelmaß dreht. In dem Augenblick, in dem der Kurbelzapfen c die Nute d verläßt, greift eine Erhöhung g an der

Kurbelscheibe in die Ausfräsung f des Revolvertellers, verriegelt ihn also. Diese Verriegelung ist unbedingt sicher, aber nicht so genau wie bei einer Sperrklinke. Je höher die Umdrehungszahl einer Presse, je kleiner die Drehbewegung des Revolvertellers, um so günstiger wird man mit einem solchen Antrieb des Revolvertellers arbeiten. Man darf darüber jedoch nicht vergessen, daß die Anpassungsfähigkeit dieser Konstruktion geringer ist als beim Schaltklinkengetriebe. Der Revolverteller wird verwickelt, daher teuer, die Nuten f müssen gepanzert sein, damit nicht mit wachsendem Verschleiß der Vorteil der stoßfreien Tellerbewegung verlorengeht.

Mit mehreren Werkzeugen gleichzeitig zu arbeiten, ist beim Vorschub durch Revolverteller nur in besonderen Fällen möglich.

Für die Fertigung schwieriger Werkstücke ist die Stufenpresse (Abb. 139) zu empfehlen. Bis zu zehn Arbeitsgänge, häufig also der ganze Herstellungsgang eines Arbeitsstückes, lassen sich zu einem Arbeitshub der Maschine zusammenfassen. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man, wegen der günstigen Werkstoffausnutzung in Zickzackpressen, als Ausgang die Scheibe wählen, in einem Magazin gestapelt, so wie sie in der Zickzackpresse anfällt. Eine Ansaugvorrichtung (Exhaustor oder Luftpumpe) hebt eine Scheibe an, so daß die Zuführungsvorrichtung sie fassen kann. Diese besteht aus hin und her gehenden Schienen, die sich am Anfang und Ende ihrer Längsbewegung schließen bzw. öffnen, und die in ihrer Innenseite der jeweiligen Arbeitsstufe des Arbeitsstückes entsprechend ausgespart sind.

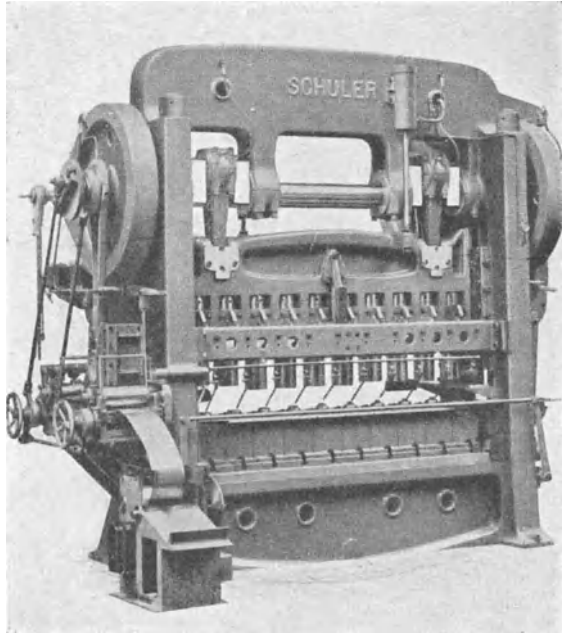


Abb. 139. Stufenpresse (Schuler).

64. Kontrollvorrichtungen.

Die erwähnten Greifer befördern die Scheiben zunächst auf eine Waage, um zu verhindern, daß zu starke oder gar zwei infolge von Grat usw. aneinanderhaftende Scheiben zwischen die Werkzeuge gelangen. Bei Übergewicht neigt sich die Waagschale und läßt den Ausschub abgleiten. Das Arbeitsstück wandert von Werkzeug zu Werkzeug und wird schließlich fertig ausgeworfen, zuweilen sogar selbsttätig gezählt. Denn selbst so einfache Arbeitsgänge wie Zählen ergeben bei Stundenleistungen von etwa 2500 Stück eine erhebliche Belastung des Betriebes, so daß bei reiner Massenfertigung ein solcher Zähler unbedingt zur Betriebseinrichtung gehört. Bedingung ist jedoch, daß er nicht einfacher Hubzähler ist, sondern nur jedes tatsächlich hergestellte Arbeitsstück zählt. Zum Schluß sollen die in Großstanzereien unentbehrlichen Zählwaagen noch erwähnt sein.

Druck von C. G. Röder, Leipzig.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten (Fortsetzung)

III. Spanlose Formung

	Heft
Freiformschmiede I (Grundlagen, Werkstoff der Schmiede, Technologie des Schmiedens). 2. Aufl. Von F. W. Duesing und A. Stodt	11
Freiformschmiede II (Schmiedebeispiele). 2. Aufl. Von B. Preuss und A. Stodt . . .	12
Freiformschmiede III (Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede). 2. Aufl. Von A. Stodt	56
Gesensschmiede I (Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge). 2. Aufl. Von H. Kaessberg	31
Gesensschmiede II (Herstellung und Behandlung der Werkzeuge). Von H. Kaessberg	58
Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von A. Peter	41
Die Herstellung roher Schrauben I (Anstauchen der Köpfe). Von J. Berger	39
Stanztechnik I (Schnitttechnik). 2. Aufl. Von E. Krabbe	44
Stanztechnik II (Die Bauteile des Schnittes). Von E. Krabbe	57
Stanztechnik III (Grundsätze für den Aufbau von Schnittwerkzeugen). Von E. Krabbe	59
Stanztechnik IV (Formstanzen). Von W. Sellin	60
Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 2. Aufl. Von W. Sellin	25
Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung. Von H. Lindner . . .	82

IV. Schweißen, Lüten, Gießerei

Die neueren Schweißverfahren. 4. Aufl. Von P. Schimpke	13
Das Lichtbogenschweißen. 2. Aufl. Von E. Klosse	43
Praktische Regeln für den Elektroschweißer. Von Rud. Hesse	74
Widerstandsschweißen. Von Wolfgang Fahrenbach	73
Das Lüten. 2. Aufl. Von W. Burstyn	28
Das ABC für den Modellbau. Von E. Kadlec	72
Modelltischlerei I (Allgemeines, einfachere Modelle). 2. Aufl. Von R. Löwer	14
Modelltischlerei II (Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen). 2. Aufl. Von R. Löwer	17
Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck	37
Kupolofenbetrieb. 2. Aufl. Von C. Irresberger. (Vergriffen, wird neu bearbeitet) . .	10
Handformerei. Von F. Naumann	70
Maschinenformerei. Von U. Lohse	66
Formsandaufbereitung und Gußputzerei. Von U. Lohse	68

V. Antriebe, Getriebe, Vorrichtungen

Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine. Von O. Weidling	54
Die Getriebe der Werkzeugmaschinen I (Aufbau der Getriebe für Drehbewegungen). Von H. Rögnitz	55
Maschinelle Handwerkzeuge. Von H. Graf	79
Die Zahnformen der Zahnräder. Von H. Trier	47
Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer	29
Teilkopfarbeiten. 2. Aufl. Von W. Pockrandt	6
Spannen im Maschinenbau. Von Fr. Klautke	51
Der Vorrichtungsbau I (Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze). 3. Aufl. Von F. Grünhagen	33
Der Vorrichtungsbau II (Typische Einzelvorrichtungen, Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen). 2. Aufl. Von F. Grünhagen . .	35
Der Vorrichtungsbau III (Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vor- richtungen). 2. Aufl. Von F. Grünhagen	42

VI. Prüfen, Messen, Anreißen, Rechnen

Werkstoffprüfung (Metalle). 2. Aufl. Von P. Riebensahm	34
Metallographie. Von O. Mies	64
Technische Winkelmessungen. 2. Aufl. Von G. Berndt	18
Messen und Prüfen von Gewinden. Von K. Kress	65
Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. 2. Aufl. Von F. Klautke	3
Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau. Von A. Dorl	38
Technisches Rechnen I. 2. Aufl. Von V. Happach	52
Der Dreher als Rechner. 2. Aufl. Von E. Busch	63
Prüfen und Instandhalten von Werkzeugen und anderen Betriebsmitteln. Von P. Heinze	67