

FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 1462

Herausgegeben

im Auftrage des Ministerpräsidenten Dr. Franz Meyers

von Staatssekretär Professor Dr. h. c. Dr. E. h. Leo Brandt

DK 621.965

*Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. b. Otto Kienzle*

*Dr.-Ing. Helmut Zabel*

*Forschungsstelle Gesenkschmieden an der Techn. Hochschule Hannover  
im Auftrage des Verbandes Deutscher Gesenkschmieden in Hagen*

Zerteilen metallischer Stangen  
durch Abscheren



WESTDEUTSCHER VERLAG · KÖLN UND OPLADEN 1965

ISBN 978-3-663-04153-5      ISBN 978-3-663-05599-0 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-663-05599-0

Verlags-Nr. 011462

© 1965 by Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen

Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

Die vorliegende Arbeit entstand an der Forschungsstelle Gesenkschmieden an der Technischen Hochschule Hannover.

Die Rhestahl Hanomag AG, Hannover, die Metallwerke Otto Fuchs KG, Meinerzhagen, und die Kabel- und Metallwerke Neumeyer AG, Nürnberg, unterstützten die Arbeit durch Lieferung von Werkstoff. Die Carl Dan. Peddinghaus KG, Ennepetal-Altenuerde, förderte die Untersuchungen durch Anfertigung zahlreicher Messer, und die Firma Paul Ferd. Peddinghaus, Gevelsberg (Westf.), stellte für einen Teil der Versuche leihweise eine Knüppelschere zur Verfügung. Ihnen sei an dieser Stelle gedankt.

Besonderer Dank gilt auch der Eumuco AG für Maschinenbau, Leverkusen, der Industrierwerke Karlsruhe AG, Karlsruhe, sowie der Firma Paul Ferd. Peddinghaus, Gevelsberg (Westf.), die den Verfassern Einblick in konstruktive Probleme des praktischen Scherenbaus gewährten.

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen .....                     | 11 |
| 1. Einleitung und Aufgabe .....   | 15 |
| 2. Stand der Erkenntnisse .....   | 19 |
| 3. Geometrie und Kinematik möglicher Scherverfahren .....               | 23 |
| 4. Schervorgang und Abschnittbeschaffenheit – Grundlagen und Kenngrößen | 30 |
| 4.1 Scheren ohne Werkstückhalter (Freies Scheren) .....                 | 30 |
| 4.11 Einstellvorgang .....  | 30 |
| 4.12 Eindringvorgang .....  | 32 |
| 4.13 Geometrische Kenngrößen .....                                      | 33 |
| 4.131 Schneidenabstand, Scherweg .....                                  | 33 |
| 4.132 Achsenwinkel .....  | 33 |
| 4.133 Scherversatz, Scherlängung .....                                  | 34 |
| 4.134 Querschnittsverformung .....                                      | 36 |
| 4.135 Scherfläche, Standwinkel .....                                    | 36 |
| 4.14 Werkstoffverfestigung in der Scherzone .....                       | 37 |
| 4.15 Kräfte während des Schervorganges .....                            | 38 |
| 4.2 Scheren mit Werkstückhaltern .....                                  | 39 |
| 4.21 Wirkungsweise von Werkstückhaltern .....                           | 39 |
| 4.22 Kenngrößen .....   | 40 |
| 5. Versuchsplan .....   | 41 |
| 5.1 Veränderliche des Werkstücks .....                                  | 41 |
| 5.11 Werkstückstoff .....   | 41 |
| 5.12 Werkstücktemperatur .....  | 42 |
| 5.13 Form und Abmessung des Werkstücks .....                            | 42 |
| 5.2 Veränderliche der Werkzeuge und der Maschine .....                  | 42 |
| 5.21 Geometrie und Kinematik der Schneiden .....                        | 42 |
| 5.22 Schneidenzustand (Verschleiß und Schmierung) .....                 | 43 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.23   | Werkstückhalter .....  | 43 |
| 5.24   | Schneidspalt .....   | 43 |
| 5.25   | Steifheit der Maschine .....   | 44 |
| 5.26   | Achsenwinkel .....   | 44 |
| 5.27   | Schergeschwindigkeit .....   | 44 |
| 6.     | Versuchseinrichtungen .....  | 45 |
| 7.     | Schervorgang und Abschnittbeschaffenheit – Versuche und Ergebnisse . | 47 |
| 7.1    | Allgemeines zur Durchführung und Auswertung der Versuche ..          | 47 |
| 7.2    | Geometrische Kenngrößen .....  | 49 |
| 7.21   | Einfluß des Werkstückquerschnitts und des Schneidspalts .....        | 49 |
| 7.211  | Flachkantmesser .....  | 49 |
| 7.2111 | Scheren ohne Werkstückhalter .....                                   | 49 |
| 7.2112 | Scheren mit Werkstückhaltern .....                                   | 51 |
| 7.212  | Spitzkantmesser, Rundkantmesser .....                                | 54 |
| 7.22   | Einfluß des Werkstückstoffs .....                                    | 56 |
| 7.221  | Flachkantmesser .....  | 56 |
| 7.2211 | Werkstoffart .....   | 56 |
| 7.2212 | Istanalyse und Gefügezustand .....                                   | 60 |
| 7.222  | Spitzkantmesser, Rundkantmesser .....                                | 62 |
| 7.23   | Einfluß des Achsenwinkels .....                                      | 63 |
| 7.24   | Einfluß der Führungssteifheit der Maschine .....                     | 64 |
| 7.25   | Einfluß der Länge des Werkstücks .....                               | 65 |
| 7.26   | Einfluß der Querschnittsschwankungen des Werkstücks .....            | 65 |
| 7.27   | Einfluß des Keilwinkels .....  | 66 |
| 7.28   | Einfluß der Messerabstumpfung .....                                  | 66 |
| 7.29   | Einfluß der Schergeschwindigkeit und Werkstücktemperatur....         | 67 |
| 7.291  | Schergeschwindigkeit .....   | 67 |
| 7.292  | Werkstücktemperatur .....  | 68 |
| 7.3    | Werkstoffverfestigung in der Scherzone .....                         | 70 |
| 7.4    | Kräfte und Arbeitsbeträge .....                                      | 71 |
| 8.     | Zusammenfassung .....  | 77 |
| 9.     | Anhang .....   | 81 |
| 9.1    | Beschreibung der 150-Mp-Schervorrichtung .....                       | 81 |
| 9.11   | Prinzipieller Aufbau und Meßtechnik .....                            | 81 |

|                                |   |    |
|--------------------------------|---|----|
| 9.111                          | Scherkraft .....                            | 83 |
| 9.112                          | Abdrängkraft .....                          | 84 |
| 9.113                          | Werkstückhalterkräfte .....                 | 86 |
| 9.114                          | Scherweg .....                              | 86 |
| 9.115                          | Aufzeichnung der Meßwerte.....              | 87 |
| 9.12                           | Konstruktive Ausführung .....               | 87 |
| 9.13                           | Steuerung .....                             | 88 |
| 9.2                            | Beschreibung der 400-Mp-Knüppelschere ..... | 89 |
| 9.21                           | Aufbau .....                                | 89 |
| 9.22                           | Meßtechnik .....                            | 90 |
| Literaturverzeichnis .....     |   | 93 |
| Abbildungen und Tabellen ..... |   | 97 |

## Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

|                          |         |   |
|--------------------------|---------|---|
| a                        | [mm]    | Schneidenabstand parallel zum Schergeschwindigkeitsvektor   |
| $a_A, a_S$               | [mm]    | Anteile des Schneidenabstands a   |
| $a_E$                    | [mm]    | Abstand der Schneideneindrücke am Werkstück parallel zum Schergeschwindigkeitsvektor                                  |
| b                        | [mm]    | Werkstückbreite   |
| $c_F, c'_F, c''_F$       | [Mp/mm] | Federzahlen   |
| d                        | [mm]    | Stangendicke, Stangendurchmesser  |
| d'                       | [mm]    | Werkstoffdicke, parallel zum Schergeschwindigkeitsvektor in einer Betrachtungsebene gemessen                          |
| e                        | [mm]    | $\sqrt{a^2 + u^2}$  |
| $f_V$                    | [mm]    | Federweg der Vorrichtungsteile zwischen den Messerschneiden und dem Weggeber parallel zum Schergeschwindigkeitsvektor |
| $f_W$                    | [mm]    | Zusammenfederung des Werkstücks unter der Scherkraft parallel zum Schergeschwindigkeitsvektor                         |
| $h_A$                    | [mm]    | Anschnittflächenhöhe  |
| $h_B$                    | [mm]    | Bruchflächenhöhe  |
| $h'_B, h''_B$            | [mm]    | Kenngrößen für den Bruchflächenverlauf  |
| $h_{Ed}$                 | [mm]    | Messereindringhöhe  |
| $h_{Ez}$                 | [mm]    | Einzughöhe  |
| $h_k$                    | [mm]    | Korrekturmaß  |
| $h'_S, h''_S$            | [mm]    | Kenngrößen für den Bruchflächenverlauf  |
| $k_D, k_F$               |         | Faktoren  |
| l                        | [mm]    | Abschnittlänge  |
| $l_D$                    | [mm]    | Länge der Berührlinie der Messerdruckfläche   |
| $l_{Ed}$                 | [mm]    | Messereindringbereich   |
| $l_{Ez}$                 | [mm]    | Einzubereich  |
| $l_F$                    | [mm]    | Länge der Berührlinie der Messerfreifläche  |
| $l_k$                    | [mm]    | Korrekturmaß  |
| $l_{VD}, l_{VE}, l_{VM}$ | [mm]    | Größen zur Beschreibung des Bereichs der Kaltverfestigung im Werkstück  |
| m, n, q                  |         | Veränderliche zur Erläuterung des Aufbaus der Scherkraftformel  |
| r                        | [mm]    | Eckenradius an Knüppeln und Spitzenradius an Spitzkantmessern   |
| s                        | [mm]    | Scherweg  |
| t                        | [s]     | Zeit  |
| u                        | [mm]    | Schneidspalt  |
| v                        | [m/s]   | Schergeschwindigkeit  |
| w                        | [mm]    | Vom Weggeber angezeigter Weg  |
| x, y, z                  | [mm]    | Koordinaten werkstückgebundener Systeme   |
| $x_M, y_M, z_M$          | [mm]    | Koordinaten messergebundener Systeme  |



|                                   |                       |   |
|-----------------------------------|-----------------------|---|
| $x_{MM}, y_{MM}, z_{MM}$          | [mm]                  | Lagekoordinaten von Bezugssystemen  |
| $\Delta x$                        | [mm]                  | Scherlängung  |
| $\Delta y$                        | [mm]                  | Scherversatz  |
| A                                 |                       | Abschnitt   |
| $A_{Sch}$                         | [mkp]                 | Schearbeit  |
| $C'$                              | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Werkstoffkennwert   |
| $C''$                             |                       | Werkstoffkennwert   |
| $E_B$                             |                       | Vorgang-Bezugsebene   |
| $E_M$                             |                       | Mittelebene   |
| $E_{Sch}$                         |                       | Scherebene  |
| G                                 |                       | Verbindungsgerade der Messerschneiden in der<br>Mittlelebene  |
| HB                                | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Brinellhärte  |
| HV                                | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Vickershärte  |
| HV <sub>Ag</sub>                  | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Ausgangshärte (Vickers) der vom Schervorgang<br>unbeeinflussten Werkstückzonen  |
| M                                 |                       | Messer  |
| $M_K$                             |                       | Anfangspunkt des Vorgang-Bezugssystems  |
| P                                 | [Mp]                  | Kraft   |
| $P_H, P'_H, P''_H$                | [Mp]                  | Werkstückhalterkräfte   |
| $P_{HF}, P'_{HF}, P''_{HF}$       | [Mp]                  | Komponenten der Werkstückhalterkräfte parallel<br>zur Führungskraft   |
| $P_{HS}, P'_{HS}, P''_{HS}$       | [Mp]                  | Komponenten der Werkstückhalterkräfte parallel<br>zur Werkzeugseitenkraft   |
| $P_{HSch}, P'_{HSch}, P''_{HSch}$ | [Mp]                  | Komponenten der Werkstückhalterkräfte parallel<br>zur Scherkraft  |
| $P_F$                             | [Mp]                  | Führungskraft   |
| $P_{FV}$                          | [Mp]                  | Führungsvorspannkraft   |
| $P_M$                             | [Mp]                  | Messerkraft   |
| $P_{MF}, P_{MS}, P_{MSch}$        | [Mp]                  | Komponenten der Messerkraft parallel zur<br>Führungskraft, zur Werkzeugseitenkraft und zur<br>Scherkraft  |
| $P_N$                             | [Mp]                  | Zur Werkstückachse senkrechte Komponente der<br>Messerkraft während des Einstellvorganges   |
| $P_{Pr}$                          | [Mp]                  | Preßkraft der hydraulischen Presse  |
| $\Delta P_{Pr}$                   | [Mp]                  | Meßfehler von $P_{Pr}$  |
| $P_R$                             | [Mp]                  | 1. zur Werkstückachse parallele Komponente<br>(Reibkraft) der Messerkraft während des<br>Einstellvorganges<br>2. Summe aller Reibkräfte in den Führungsfugen<br>des Scherschlittens |
| $P_{RH}$                          | [Mp]                  | Reibkraft in der hinteren Führungsfuge des<br>Scherschlittens   |
| $P_{RS}$                          | [Mp]                  | Reibkraft in der seitlichen Führungsfuge des<br>Scherschlittens   |

|                          |                       |   |
|--------------------------|-----------------------|---|
| $P_{RV}$                 | [Mp]                  | Reibkraft in der vorderen Führungsfuge des Scherschlittens  |
| $P_S$                    | [Mp]                  | Werkzeugseitenkraft   |
| $P_{Sch}$                | [Mp]                  | Scherkraft  |
| $\Delta P_{Sch}$         | [Mp]                  | Meßfehler der Scherkraft  |
| $P_W$                    | [Mp]                  | Werkstückkraft  |
| $P_{WA}$                 | [Mp]                  | Abdrängkraft  |
| $P_{WAobG}$              | [Mp]                  | Oberer Grenzwert der Abdrängkraft   |
| $P_{WAP}$                | [Mp]                  | Auf die Rückenplatte der Vorrichtung wirkender Anteil der Abdrängkraft  |
| $\Delta P_{WAP}$         | [Mp]                  | Meßfehler von $P_{WAP}$   |
| $P_{WAR}$                | [Mp]                  | Reibanteil der Abdrängkraft   |
| $P_{WS}$                 | [Mp]                  | Werkstückseitenkraft  |
| $P_{WW}$                 | [Mp]                  | Widerstandskraft  |
| $P_{Wz}$                 | [Mp]                  | Werkzeugkraft   |
| $P_Z$                    | [Mp]                  | Kraft in den Zugbolzen der Schervorrichtung   |
| S                        |                       | Stange bzw. Stangenrest   |
| $\alpha$                 | [°]                   | Freiwinkel am Messer  |
| $\beta$                  | [°]                   | Keilwinkel am Messer  |
| $\gamma$                 | [°]                   | Winkel am Messer  |
| $\delta$                 | [°]                   | Eindringwinkel am Werkstück   |
| $\delta_5$               |                       | Bruchdehnung  |
| $\varepsilon$            | [°]                   | Winkel zwischen dem Schergeschwindigkeitsvektor und der Verbindungslinie der Messerschneiden, gemessen in einer Betrachtungsebene   |
| $\zeta$                  | [°]                   | Winkel zwischen der Normalen auf die Stangenachse und der Verbindungslinie der Messerschneiden, gemessen in einer Betrachtungsebene |
| $\eta$                   | [°]                   | Achsenwinkel (Winkel zwischen Schergeschwindigkeitsvektor und Werkstück-Bezugssystem)   |
| $\eta'$                  | [°]                   | Achsenwinkel, bei dem die Stangenachse senkrecht auf der Schneidenverbindungslinie steht  |
| $\vartheta$              | [°]                   | Seitenwinkel (Winkel zwischen Schergeschwindigkeitsvektor und Werkstück-Bezugssystem)   |
| $\times$                 | [°]                   | Winkel zur Kennzeichnung der Lage der Anrisse im Werkstück  |
| $\lambda$                | [°]                   | Werkzeug-Neigungswinkel   |
| $\mu$                    |                       | Reibkoeffizient der Scherschlittenführung   |
| $\Delta\mu$              |                       | Meßfehler von $\mu$   |
| $\xi$                    | [°]                   | Winkel am Werkstück   |
| $\rho$                   | [°]                   | Reibwinkel zwischen Messerschneide und Werkstückoberfläche  |
| $\sigma_B$               | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Zugfestigkeit   |
| $\sigma_s, \sigma_{0,2}$ | [kp/mm <sup>2</sup> ] | Streckgrenze (0,2-Grenze)   |
| $\varphi$                | [°]                   | Werkstück-Neigungswinkel  |

|                                  |     |  |
|----------------------------------|-----|--|
| $\varphi'$                       | [°] | Werkstück-Standwinkel  |
| $\chi$                           | [°] | Winkel zwischen Schergeschwindigkeitsvektor und Werkzeugkraft  |
| $\chi_{\text{obG}}$              | [°] | Oberer Grenzwert von $\chi$  |
| $\chi_{\text{unG}}$              | [°] | Unterer Grenzwert von $\chi$   |
| $\psi$                           |     | Brucheinschnürung  |
| $\psi_1$ bis $\psi_5$            | [°] | Winkel am Messer   |
| $\omega'$ $\omega''$ $\omega'''$ | [°] | Lagewinkel von Bezugssystemen  |
| Exponenten:                      |     |  |
| *                                |     | Kennzeichen aller Größen, die für den Stangenrest, das Stangenmesser oder den Stangenhalter gelten, zur Unterscheidung von den Größen für Abschnitt, Abschnittmesser und Abschnitthalter |
| Indizes:                         |     |  |
| bez                              |     | Bezogen auf die Stangendicke bzw. den Stangendurchmesser   |
| bez'                             |     | Bezogen auf die Werkstoffdicke $d'$ in einer Betrachtungsebene   |
| $i = 0, 1, 2, \dots, n$          |     | Ziffern zur Kennzeichnung aufeinanderfolgender Werte einer Größe während eines Schervorganges  |
| $\bar{o}$                        |     | Kennzeichen der für die Angabe von Scherkraft und Scherarbeit gewählten Bezugswerte der Veränderlichen   |
| min                              |     | Kleinster Wert einer Größe während eines Schervorganges  |
| max                              |     | Größter Wert einer Größe während eines Schervorganges  |
| M                                |     | Kennzeichen von Messerwinkeln, die in der Mittelebene gemessen wurden  |
| N                                |     | Kennzeichen von Messerwinkeln, die in einer Betrachtungsebene, aber nicht der Mittelebene gemessen wurden  |