

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

---

*E 756/1965*

## **Zerspanen von Stahl 9 S 20 K Spanbildung beim Drehen**

Mit 3 Abbildungen.

GÖTTINGEN 1968

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

## Zerspanen von Stahl 9 S 20 K Spanbildung beim Drehen<sup>1</sup>

H.-G. WIEBACH und G. WARNECKE, Hannover

### Allgemeine Vorbemerkungen

#### Die Spanbildung als Beurteilungsmerkmal der Zerspanbarkeit

Nach einer Aufschlüsselung des Begriffs „Zerspanbarkeit“ in die vier Hauptbeurteilungsfaktoren — Standzeit, Energiebedarf, Oberflächen-güte, Spanbildung — von SCHALLBROCH und BETHMANN [9] sind Zerspanungsstudien mit Hilfe des Films unter dem Stichwort „Spanbildung“ einzuordnen. Die Fragen der Spanbildung lassen sich in die entstehende Spanform und in die Vorgänge in der Spanwurzel untergliedern.

Die Spanform ist das qualitative Beurteilungsmerkmal der makrogeometrischen Form, wobei grob zwischen Wendel-, Spiral-, Band- und Wirrspänen unterschieden wird. Weiter werden der Spanrand, die Spanunterseite, die Spanfestigkeit und die Aufbauschneide als Beurteilungsmerkmale herangezogen (SCHALLBROCH und BETHMANN [9]). Als Maßstab für den Raumbedarf der Späne gilt die Spanraumzahl  $R$ , die die „Sperrigkeit“ der Späne angibt. Sie ist als das Verhältnis des Volumen der ungeordneten Spanmenge zum zerspannten Werkstoffvolumen definiert.

<sup>1</sup> Angaben zum Film und Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 10.

Die Vorgänge in der Spanwurzel erstrecken sich auf die Verformungen im Werkstück unterhalb der Schnittfläche und im Span bei mikrogeometrischer Betrachtung (WIEBACH [13]) und auf die Spanbildungsmechanismen an der Spanentstehungsstelle bei makrogeometrischer Betrachtung.

### Spanentstehung — Spantypen — Aufbauschneide

Der Schnittvorgang selbst ist annähernd so zu deuten, daß der Werkstoff nach einer Stauchung auf der Spanfläche längs einer sogenannten Scherebene abgeschert wird und als Span mit lamellenartiger Schichtung über die Spanfläche gleitet. Die Werkstoffeigenschaften und die Schnittbedingungen bestimmen die Dicke und den Zusammenhalt der Lamellen.

Aufgrund von Spanuntersuchungen haben ROSENHAIN und STURNEY [8] drei Spantypen geprägt, deren Einteilung sich als recht sinnvoll erwiesen hat: 1. der Reißspan, der beim Zerspanen von spröden Werkstoffen durch Vorreißen und Abplatzen einzelner Werkstoffelemente entsteht, 2. der Scherspan, ein zusammenhängender Span mit deutlicher Lamellierung, und 3. der Fließspan mit gleichmäßig feiner Lamellenbildung.

Zur Abgrenzung des Scherspans vom Fließspan bedarf es eines zu definierenden Kriteriums, das RICHTER [5] aus einer Bruchprobe ableitet. Sie besagt, daß der Scherspan entlang der Lamellenebene bricht, während der Fließspan unregelmäßig bricht. RÖHLKE [7] hat festgestellt, daß der Lamellenabstand bei typischen Fließspänen unter etwa 0,05 mm lag und daß sich damit eine recht gute Übereinstimmung mit der Bruchprobe ergab.

Eine Besonderheit bei der Spanbildung ist die Aufbauschneide (Schneidenansatz), die vor allem im Scherspanbereich beim Zerspanen zäher, leicht schmierender Werkstoffe durch Verschweißung und Grenzschichtdiffusion feiner Teile des Spans mit der Spanfläche entsteht (RICHTER [6]).

### Geometrie bei der Spanentstehung

Die makrogeometrische Spanverformung ist durch Messung der Spannungsdicke  $h_1$  und der Dicke des ablaufenden Spanes  $h_2$  einfach zu bestimmen.

Die Spanstauchung  $\lambda = h_2/h_1$  stellt ein Maß für das Verformungsverhalten des Werkstoffes beim Zerspanungsvorgang dar. Sie hängt von den gegebenen Schnittbedingungen und den Werkstoffeigenschaften ab und läßt damit als Meßergebnis aus Zerspanungsuntersuchungen Rückschlüsse auf den zerspannten Werkstoff zu.

Der Scherwinkel  $\Phi$  zwischen Schnittbewegungsrichtung und Scherebene ergibt sich nach Abb. 1 aus den geometrischen Verhältnissen zu  $\operatorname{ctg} \Phi = \frac{\lambda - \sin \gamma}{\cos \gamma}$ . Einen Sonderfall stellt  $\operatorname{ctg} \Phi = \lambda$  bei  $\gamma = 0^\circ$  dar.

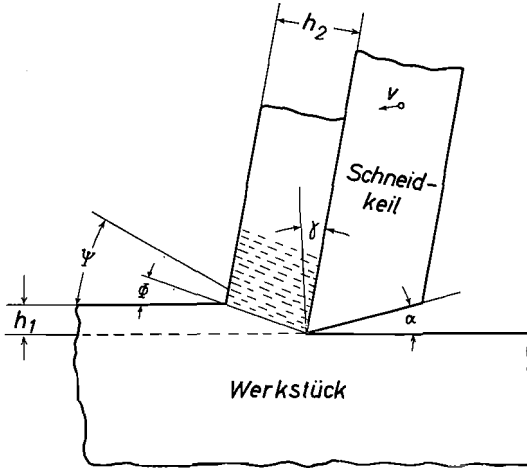


Abb. 1. Orthogonalschnitt

$v$ : Schnittgeschwindigkeit;  $h_1$ : Spanungsdicke;  $h_2$ : Dicke des ablaufenden Spans;  
 $\alpha$ : Freiwinkel;  $\gamma$ : Spanwinkel;  $\Phi$ : Scherwinkel;  $\Psi$ : Texturwinkel

### Theoretische Untersuchung der Spanbildung

Die theoretische Behandlung der Spanbildung verfolgt das Ziel, den Zerspanungsprozeß, ausgehend von den ursächlichen Zusammenhängen, zu klären und Zerspanungsgrößen in allgemeingültigen Beziehungen darzustellen. Mit Hilfe derartiger Gesetzmäßigkeiten könnte man z. B. die Größe der Schnittkraft rein rechnerisch ermitteln (HUCKS [2]).

Aus der Vielzahl der aufgestellten Theorien haben sich zwei Hauptrichtungen, die Scherplan- und die Scherzonen-theorien herauskristallisiert. Erstere basieren auf der vereinfachenden Annahme, die Scherzone als Ebene oder leicht gekrümmte Fläche darzustellen (DOHMEN [1] und Intern. Res. . . . [3]).

Bei fast allen Spanbildungstheorien stehen die Scherwinkelbeziehungen im Mittelpunkt der Betrachtung, d. h. der Scherwinkel wird zur Hauptbeurteilungsgröße für den Spanbildungsprozeß. Jede dieser Scherwinkelgleichungen besitzt wegen der getroffenen Voraussetzungen und Vereinfachungen nur eine begrenzte Aussagefähigkeit und hat auch nur für spezielle Zerspanungsfälle Gültigkeit.

Im einfachsten Zerspanungsfall, dem Orthogonalprozeß, hängt die Spanentstehung, gekennzeichnet durch den Scherwinkel, direkt nur von vier Größen ab:

1. dem Wirkungswinkel, der Differenz aus Reibungs- und Spanwinkel,
2. dem Spanwinkel,
3. dem Schiebungswiderstand, einer definierten Schubspannung,
4. der Schnittgeschwindigkeit.

Die anderen Faktoren, wie Spanungsdicke, Spanungsbreite, die anderen Winkel am Wirkpaar usw., haben nur indirekt über die vier oben genannten Faktoren einen Einfluß auf die Spanbildung (ZOREW [12]).

#### Zur Entstehung des Films

Die Zerspanungsvorgänge wurden sowohl im Langdrehschnitt mit einem Einstellwinkel  $\alpha = 60^\circ$  als auch im angenäherten Orthogonal-

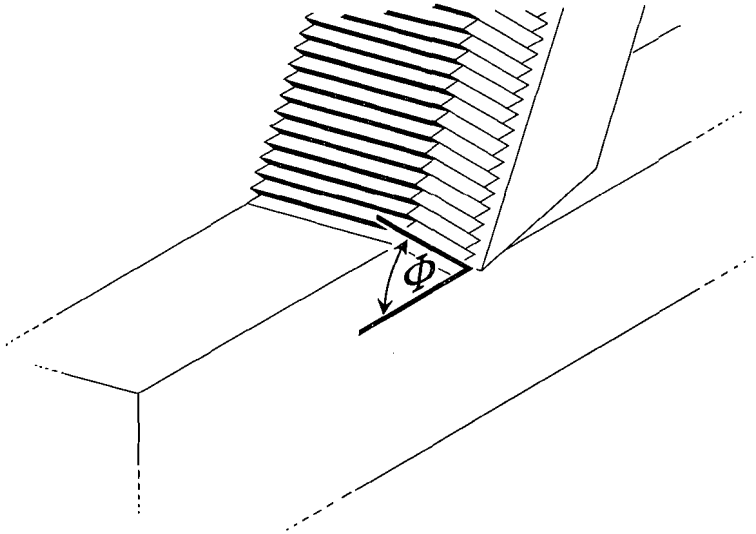


Abb. 2. Reiner Orthogonalprozeß  
(Aus RÖHLEKE [7])

schnitt als Rohrstirneinstich aufgenommen. — Der reine Orthogonalprozeß (Abb. 2) ist unter bestimmten Bedingungen beim Hobeln verwirklicht, wenn die Spanungsbreite kleiner als die Schneidenlänge ist, und kann beim Drehen durch Einstechen einer schmalen Scheibe (Abb. 3 a) oder durch einen Rohrstirneinstich (Abb. 3 b) angenähert werden. Der Orthogonalschnitt bietet allgemein den Vorteil eines Schnittes ohne Nebenschneideneinfluß und ermöglicht auch beim Drehen unter Vernachlässigung der Werkstückdurchmesseränderung über der Spanungsbreite eine zweidimensionale Darstellungsweise.

Als Versuchseinrichtung diente eine Universal-Drehmaschine<sup>1</sup> mit einem dem Räderkasten vorgeschalteten Verstellgetriebe zur stufenlosen Drehzahlverstellung, eine Hochfrequenz-Kamera (Fastax) auf einem gesonderten Stativ und ein Beleuchtungssystem von zehn 750-W-Spiegellampen und einer zusätzlichen Kohlebogenlampe für 2,5 mm Bildfeldbreite (WIEBACH [10]).

Beim Langdrehschnitt war die Kamera mit ihrer Aufnahmerichtung horizontal auf die Schneidenspitze ausgerichtet und um 15° gegen die Hauptschneidenrichtung versetzt aufgestellt. Beim Orthogonal-Schnitt stimmten Aufnahmerichtung und Hauptschneidenrichtung überein.

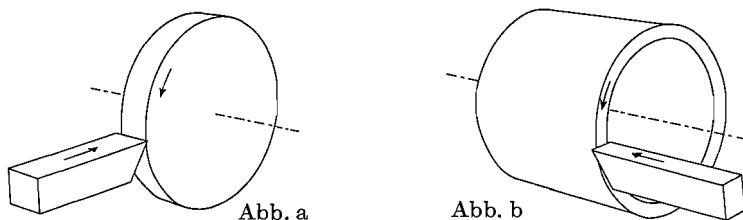


Abb. 3. Angenäherte Orthogonalprozesse  
a: Abdrehen einer Scheibe;      b: Stirndrehen eines Rohres  
(Nach RÖHLKE [7])

### Technologische Angaben

*Werkstück:* Automatenstahl 9 S 20 K (Weichstahl, kaltgezogen), nach DIN 1651, Werkstoffnummer: 1.0711.

Gute Zerspanbarkeit durch:

1. günstige Schnittbedingungen (geringe spezifische Schnittkraft; hohe Schnittgeschwindigkeit),
2. günstige Standzeiten der Werkzeuge,
3. saubere Oberflächen,
4. kurzbrüchige Späne günstig für Werkzeugspiel.

Verwendung: für Drehteile auf Automaten und Revolverdrehmaschinen.

*Werkzeuge:* 1. rechter, gebogener Drehmeißel nach DIN 4972; 2. rechter, abgesetzter Seitendrehmeißel nach DIN 4980; Zerspanungs-Anwendungsgruppe nach DIN 4990: P 20.

<sup>1</sup> Der Firma HEIDENREICH & HARBECK, Hamburg, die für die Untersuchungen eine geeignete Maschine (VDF-Modell 18 RO) zur Verfügung stellte, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

## Filmbeschreibung

### *Langdreh-Schnitt*

*Einstellwinkel  $\alpha = 60^\circ$*

*24 B/s<sup>1</sup>*

Die Übersichtsaufnahme mit normaler Ablaufgeschwindigkeit zeigt das bekannte Bild beim Längsdrehen eines glatten, zylindrischen Werkstückes. Infolge der Spanbrüchigkeit dieses Werkstoffs fallen die Späne als kurze Spirallocken an.

*Schnittgeschwindigkeit  $v = 125 \text{ m/Min.}$*

*Spandicke<sup>2</sup>  $h = 0,28 \text{ mm}$ ; Spanwinkel  $\gamma = 12^\circ$*

*8000 B/s; Bildfeldbreite 10 mm*

Die Lupenaufnahme mit 330facher Zeitdehnung zeigt die Spanentstehungsstelle mit dem ablaufenden Span im einzelnen. Sichtbar läuft der Span als glattes Band ab. Das plötzliche Abheben von der Spanfläche zeigt den Bruch bzw. den Übergang zu einer anderen Spanform an. In einer kaum ausgeprägten, schwach markierten Scherebene entsteht ein Span mit einer gleichmäßig feinen Lamellenstruktur. Die Spanstauchung von etwa 3,4 und der relativ kleine Scherwinkel von etwa  $20^\circ$  sind dabei Maßzahlen einer starken Werkstoffverformung bei der Spanbildung.

### *Orthogonal-Schnitt*

*24 B/s*

Die Übersichtsaufnahme mit normaler Bildgeschwindigkeit zeigt den Orthogonal-Schnitt beim Stirndrehen eines Rohres. Nach einer kurzen Anschnittspirale schlägt der Span in einen Wirrspan um, der durch Abziehen zu einem Bandspan gestreckt wird.

*$v = 125 \text{ m/Min.}$ ;  $h = 0,28 \text{ mm}$ ;  $\gamma = 12^\circ$*

*8000 B/s; Bildfeldbreite 10 und 5 mm*

Die Lupenaufnahmen mit 330facher Zeitdehnung zeigen die Spanentstehungsstelle mit Schneidkeil, Werkstück und Span als Einzelheit. Der Vorgang stellt mit dem Anschneiden das bis zur eingestellten Vorschubgröße allmähliche Eindringen des Schneidkeils in das Werkstück dar. Die relativ große Anschnittspirale wandert schnell aus dem Bild-

<sup>1</sup> Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

<sup>2</sup> Nach DIN 6580: Spanungsdicke.

feld, so daß der Span als leicht gekrümmter Bandsplan erscheint. Die Spanseitenfläche ist je nach Bildfeldbreite durch die ausgeprägte Lamellenstruktur mehr oder weniger rau und zerklüftet. Durch die zwar gleichmäßige, aber grobe Lamellenbildung wandert die Lage der Scherebene, und bei genauer Beobachtung ist auch eine gelegentliche, kleine Aufbauschneide zu erkennen.

### Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] DOHMEN, H. G.: Zusammenfassung und Vergleich der zerspanungsmechanischen Theorien. *Industrie-Anzeiger* **87**, 43 (1965), 839—844.
- [2] HUCKS, H.: Plastizitätsmechanische Grundlagen und Kenngrößen der Zerspanung. Diss. TH Aachen 1951.
- [3] International research in production engineering. ASME, New York 1963.
- [4] KIENZLE, O., und H. VICTOR: Spezifische Schnittkräfte bei der Metallbearbeitung. *Werkstattstechnik und Maschinenbau* **47**, 5 (1957), 224—225.
- [5] RICHTER, A.: Spanende Formung (1. Lehrbrief). Lehrbriefe für das Fernstudium an der TH Dresden. Berlin 1951.
- [6] RICHTER, A.: Grundlagen der Abspannlehre. Aus: „Hütte“, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Bd. 1, 6. Aufl. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München 1964.
- [7] RÖHLKE, G.: Zur Mechanik des Zerspanvorganges. *Werkstatt und Betrieb* **91**, 8 (1958), 473—483.
- [8] ROSENHAIN, W., und A. C. STURNEY: Report on flow and rupture of metals during cutting. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering Cutting Tools Research Committee* **1** (1925), 141—174.
- [9] SCHALLBROCH, H., und H. BETHMANN: Kurzprüfverfahren der Zerspanbarkeit. Teubner, Leipzig 1950.
- [10] WIEBACH, H.-G.: Beitrag zur Untersuchung des Zerspanvorganges mit Hilfe fotografischer Methoden. *Werkstattstechnik* **55**, 3 (1965), 128—133.
- [11] WIEBACH, H.-G.: Untersuchung der Werkzeugbeanspruchung beim Drehen von Stahl mit kleinen Spannungsdicken. Diss. TH Hannover 1966.
- [12] ZOREW, N. N.: Der Einfluß der Grundfaktoren auf den Spanbildungsprozeß. *Industrie-Anzeiger* **81**, 20 (1959), 294—298.
- [13] WIEBACH, H.-G.: Schnittvorgang im Feingefüge von Stahl bei kleinen Spandicken. Film B 885 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.



## Angaben zum Film

Der Film ist ein Forschungsdokument und wurde zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht.

Stummfilm, schwarzweiß, 50 m, 4 1/2 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Der Film wurde im Jahre 1964 vom Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF), aufgenommen; Sachbearbeitung: Dr. G. BEKOW, Aufnahme: K. NOWICK. Wissenschaftliche Leitung: Dipl.-Ing. H.-G. WIEBACH, Institut für spanende Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Hochschule Hannover.

## Inhalt des Films

Der Film zeigt den Zerspanungsprozeß beim Drehen von Automatenweichstahl 9 S 20 K mit hartmetallbestückten Werkzeugen. Die Werkstückprobe wurde im Langdreh-Schnitt mit einem Einstellwinkel  $\kappa = 60^\circ$  und im angenäherten Orthogonal-Schnitt unter den betriebsüblichen  $v_{60}$ -Bedingungen zerspannt, und der Vorgang wurde in jeweils einer Übersichtsaufnahme mit normaler Bildgeschwindigkeit und einer Lupenaufnahme mit 330facher Zeitdehnung gefilmt. Die Spanbildung bei diesem Automatenstahl ist durch kurze Spirallocken und eine gleichmäßige Lamellenstruktur gekennzeichnet.

## Summary of the Film

The film shows the machining process during the turning of free cutting steel 9 S 20 K with carbide tipped tools. The work sample was machined longitudinally and vertically under normal  $v_{60}$  conditions, and the process was filmed both at normal speed and under magnification with a slow-down of 330. The cutting formation of this automatic steel is characterized by short, curly spirals and uniform lamination.

## Résumé du Film

Le film montre le processus d'enlèvement de copeaux lors du tournage d'acier de décolletage 9 S 20 K avec des outils à plaquette de métal dur. L'échantillon de la pièce d'œuvre a été travaillé suivant la coupe longitudinale et orthogonale dans les conditions d'usage  $v_{60}$  et le processus a été filmé d'une part par une vue d'ensemble à vitesse d'images normale et d'autre part par des prises de vues à la loupe avec un ralenti de 330 fois. La formation de copeaux cet acier de décolletage est caractérisé par des boucles en spirale courtes et une structure lamellaire régulière.