

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 1404/1971

Zerspanen der Aluminium-Legierung AlCuMgPb
Schnittvorgang im Feingefüge
Variation der Spannungsdicke

Mit 6 Abbildungen

GÖTTINGEN 1971

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Zerspanen der Aluminium-Legierung AlCuMgPb

Schnittvorgang im Feingefüge

Variation der Spanungsdicke¹

G. WARNECKE, Hannover

Allgemeine Vorbemerkungen

Der Zerspanungsvorgang bei metallischen Werkstoffen

Bei allgemeinen und grundlegenden Betrachtungen des Zerspanungsvorganges wählt man zweckmäßigerweise den einfachsten Zerspanungsfall, den Orthogonalschnitt, der folgende Bedingungen erfüllen muß: keine Nebenschneide, Schneidenlänge größer als Spanungsbreite, Einstellwinkel $\alpha = 90^\circ$, Neigungswinkel $\lambda = 0^\circ$. Unter der Voraussetzung, daß die Spanungsdicke im Verhältnis zur Spanungsbreite sehr klein ist, ist es möglich, den Zerspanungsvorgang als ebenes zweiachsiges Problem zu behandeln. (Begriffe und Geometrie des Zerspanungsvorganges sind in DIN 6580 und DIN 6581 genormt.)

Ein in seiner Geometrie definierter Schneidkeil dringt in die Randschicht des Werkstückes ein und verdrängt den in Schnittrichtung vor ihm liegenden Werkstoff. Dabei entsteht der Span durch Scherung in einer bestimmten Zone, die mit der Schnittrichtung den Scherwinkel ϕ einschließt. Zur Analyse des Spanbildungsvorganges wird der unter der Einwirkung des Schneidkeils stehende Werkstoffbereich entsprechend Abb. 1 in fünf Wirkzonen eingeteilt (WARNECKE [11]).

1. Die *primäre Scherzone* erstreckt sich von der Schneidkante zur freien Oberfläche und ist die eigentliche Spanentstehungszone.

2. Die *sekundäre Scherzone auf der Spanfläche* entsteht durch Fließen des Werkstoffes an der Spanunterseite. In dieser Fließschicht erfolgt der Geschwindigkeitsausgleich zwischen Span und Spanfläche.

¹ Angaben zum Film und Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 15 u. 16.

3. In der Zone der Schneidkante wird der Span vom Werkstück getrennt. Im Vergleich zur theoretisch ideal scharfen Schneide wird bei einem Werkzeug der Übergang von der Span- zur Freifläche immer durch eine angenäherte Zylindermantelfläche mit endlichem Radius gebildet.

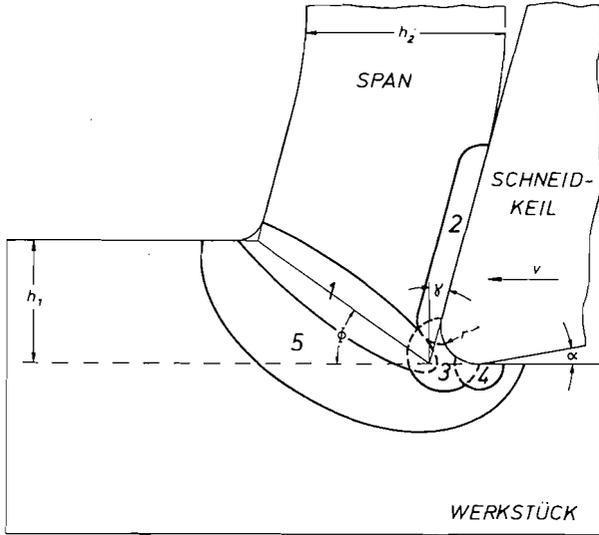


Abb. 1. Wirkzonen bei der Spanentstehung
(Erläuterungen im Text)

4. Die sekundäre Scherzone auf der Freifläche entsteht durch die elastische Rückfederung des Werkstoffes nach dem Trennvorgang an der Schneidkante.

5. Verformungsvorlaufzone. Außerhalb der eigentlichen Scherverformungszonen wirken auf das Werkstück Spannungen, die zwar mit zunehmender Querschnittsfläche im Werkstück geringer werden, aber vor der Spanentstehungszone und in die Tiefe des Werkstückes senkrecht zur Schnitttrichtung plastische und elastische Verformungen verursachen.

Neben diesen Verformungsvorgängen wirken eine Reihe weiterer physikalischer und chemischer Vorgänge zusammen und beeinflussen sich gegenseitig. Gefügeveränderungen durch Verformungen und Umwandlungen im zerspannten Werkstoff, Reibungs-, Adhäsions-, Verschweißungs- und Diffusionsvorgänge sowie chemische Reaktionen spielen bei der Spanentstehung eine große Rolle. Außerdem muß man die große Zahl

veränderlicher Schnittbedingungen und Einflußgrößen berücksichtigen, um das Wesen der Zerspanung und die Erscheinungsformen der Spanbildung zu erfassen und zu beurteilen (DEGNER u. a. [2], VIEREGGE [5]).

Zerspanbarkeit und Spanbildung

Für die Bewertung und Beurteilung von Zerspanungsfällen wurde der Begriff der Zerspanbarkeit geprägt. Da eine einheitliche und umfassende Definition dieses Begriffes und eine entsprechende Zerspanbarkeitskennziffer bis heute fehlen, sind mehrere Maßstäbe notwendig, den Zerspanungsvorgang nach verschiedenen Gesichtspunkten zu bewerten. So wurde von SCHALLBROCH und BETHMANN [8] die Zerspanbarkeit in die vier folgenden Hauptbeurteilungsfaktoren aufgeschlüsselt:

Energie (Kräfte, Temperaturen)

Standzeit (Verschleiß, Temperaturen)

Arbeitsergebnis (Oberflächengüte, Form- und Maßgenauigkeit)

Spanbildung (Spanform, Spanentstehung)

Spanform (Makrogeometrie):

Arbeitstechnik, z. B.

Werkzeugspiel bei Automaten

Spänetransport

Massenfertigung

Belastigung

Spanentstehung (Mikrogeometrie):

Spanarten

Aufbauschneidenbildung

Verformungen

Verformungszone

Verformungsarten

Verformungsgrad

Verformungsstrukturen

Bei der Spanentstehung handelt es sich um Vorgänge, die von Ort und Zeit abhängen und die sich unter schnellen periodischen oder unregelmäßigen Veränderungen im Mikrobereich abspielen. Damit wird die Bedeutung der mikrogeometrischen Betrachtungsweise bei der Beurteilung der Spanentstehung offensichtlich (WIEBACH [12]).

Spanarten und Aufbauschneidenbildung

Auf Grund einer unterschiedlichen Zerspanungsmechanik entstehen die verschiedenen Erscheinungsformen der Spanbildung. Die Spanarten werden heute meistens in Fließ-, Scher- und Reiß- oder Bröckelspäne bzw. in kontinuierliche und diskontinuierliche Späne unterteilt. Die Übergänge zwischen den einzelnen Spanarten sind fließend, und ihre Entstehung hängt im wesentlichen von den Werkstoffeigenschaften und den Zerspanungsbedingungen ab. Während Fließ- und Scherspäne bei der Zerspanung duktiler Werkstoffe durch plastische Scherverformung entstehen, sind Reiß- oder Bröckelspäne das Ergebnis bei der Zerspanung spröder Werkstoffe, z. B. Grauguß, indem unregelmäßige Spanstücke nahezu verformungslos aus dem Gefüge herausgerissen werden.

Bei der Fließspanbildung kann es unter bestimmten Bedingungen zu Werkstoffablagerungen an der Schneidkante und auf der Spanfläche kommen, die als Aufbauschneide die Schneidengeometrie verändern und den Zerspanungsvorgang beeinflussen. Zwischen Werkzeug und Span wirken Adhäsionskräfte, und in der sekundären Scherzone ist der Werkstoff größten Verformungen, die eine entsprechende Verfestigung bewirken, unterworfen, so daß sich der Schervorgang in Werkstoffschichten geringerer Verfestigung verlagert und die höher verfestigten Werkstoffteilchen auf der Spanfläche stehenbleiben. So wächst die Aufbauschneide keilförmig in Schnittrichtung und übernimmt die Funktion der Schneide, bis sie auf Grund der wirkenden Kräfte instabil wird, mit dem Span oder dem Werkstück abwandert und sich von neuem bildet. Erreichen die Zerspanungstemperaturen den Rekristallisationsbereich, ist eine Verfestigung nicht mehr möglich, und es bilden sich keine Aufbauschneiden (GAPPISCH und SCHILLING [4]).

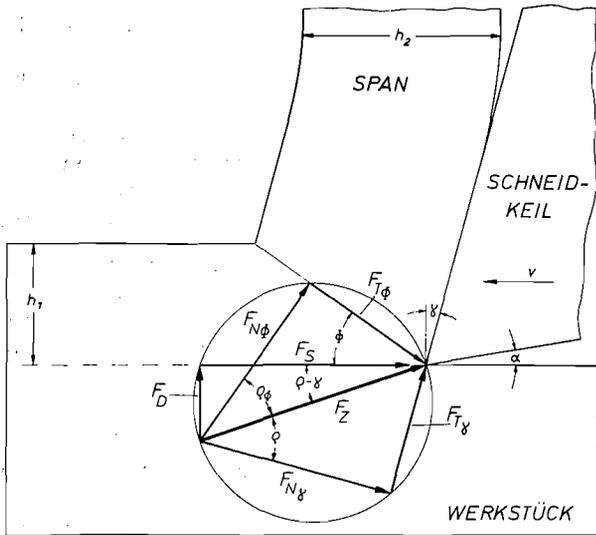


Abb. 2. Kräftegeometrie beim Orthogonalschnitt

F_Z Zerspankraft, F_S Schnittkraft, F_D Drangkraft, $F_{N\gamma}$ Normalkraft auf der Spanfläche, $F_{T\gamma}$ Tangentiale Kraft auf der Spanfläche, $F_{N\phi}$ Normalkraft in der Scherebene, $F_{T\phi}$ Tangentiale Kraft in der Scherebene, ϕ Scherwinkel, γ Spanwinkel, α Reibungswinkel auf der Spanfläche, $\phi - \gamma$ innerer Reibungswinkel in der Scherebene

Zerspanungsmodelle und Scherwinkeltheorien

Zerspanungsmechanische Betrachtungen gehen häufig von bestimmten Modellvorstellungen des Zerspanungsvorganges aus, auf deren Grundlage theoretische Lösungen des Zerspanungsproblems entwickelt werden (DOHMEN [3]), KHARE [6], ZOREV [14]). Die primäre Verformungsart aller Fließspanmodelle erfolgt durch Scherung, so daß der Scherwinkel Φ (Abb. 1) eine zentrale Bedeutung erhält. Nach der Form des Schergebietes wird zwischen Scherebenen- und Scherzonenmodellen und -theorien unterschieden, wobei entweder eine Ebene bzw. leicht gekrümmte Fläche oder eine Zone endlicher Dicke angenommen wird. Die in großer Zahl entwickelten Scherwinkelgleichungen stellen im allgemeinen Winkelbeziehungen zwischen der Kräftegeometrie auf der Spanfläche und in der Scherzone mit dem Scherwinkel Φ , dem Spanwinkel γ und dem Spanflächen-Reibungswinkel ρ dar (Abb. 2). Durch eine ganze Reihe von Bedingungen, Vereinfachungen und Einschränkungen bei allen Modellen und Theorien ist eine umfassende Lösung bisher nicht gefunden worden, so daß die Scherwinkelbeziehungen nur für verschiedene Einzelzerspanungsfälle Gültigkeit besitzen.

Verformungsgeometrie

Für die Untersuchung des Werkstoffverhaltens bei der Spanentstehung ist eine genaue Kenntnis des Verformungsvorganges in der primären Scherzone notwendig.

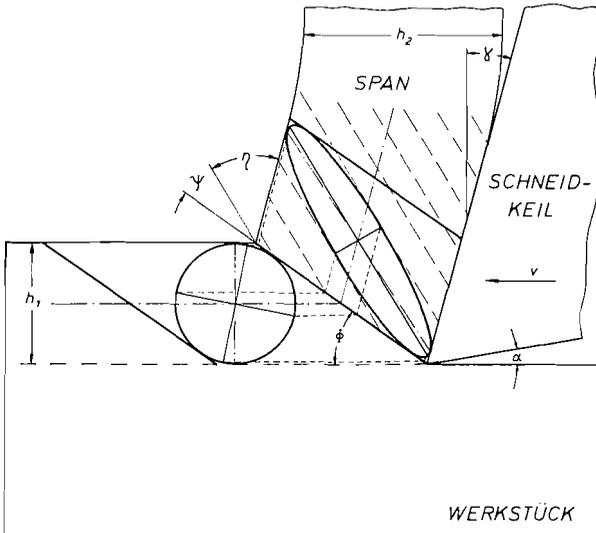


Abb. 3. Verformungsmodell

h_1 Spannungsdicke, h_2 Spandicke, α Freiwinkel, γ Spanwinkel, ϕ Scherwinkel, η Strukturwinkel

Eine relativ leicht bestimmbare Verformungsgröße stellt die Spanstauchung als Verhältnis der Span- zur Spannungsdicke $\lambda = \frac{h_2}{h_1}$ dar. Sie hat allerdings nur als Vergleichswert bei Zerspannungsuntersuchungen eine gewisse Bedeutung.

Um die Verhältnisse bei der Verformung eines einzelnen Kristalls im Werkstoffgefüge zu klären, wurde das Modell in Abb. 3 entwickelt. Danach durchläuft ein Gefügeelement mit kreisförmigem Querschnitt eine Scherebene und verformt sich zu einer Ellipse im Span. Die große Achse zeigt die Strukturrichtung im Span an, die mit der Scherebene den Strukturwinkel ψ und mit der Spanfläche den Strukturwinkel η bildet.

Aus der Geometrie in Abb. 3 ergeben sich folgende Beziehungen

$$\cot \Phi = \frac{\lambda - \sin \lambda}{\cos \gamma}$$

$$\Phi + \psi + \eta - \gamma = 90^\circ$$

$$2 \cot 2\psi = \cot \Phi + \tan(\Phi - \gamma)$$

$$2 \cot 2\psi = \frac{1}{\cos \gamma} \left[\left(\lambda + \frac{1}{\gamma} \right) - 2 \sin \gamma \right]$$

Diese Zusammenhänge und die daraus bestimmbaren Verformungsgrade hat KÖHLER [7] untersucht.

Variation der Spannungsdicke

Mit der Variation der Spannungsdicke wird nicht nur die Größenordnung der Spanentstehung verändert, sondern es muß in diesem Zusammenhang der sog. „size effect“ berücksichtigt werden, der in der Tatsache, daß bei sehr kleinen Spannungsdicken die spezifische Schnittkraft zunimmt, begründet ist (BACKER u. a. [1], THOMSEN u. a. [9]). Entsprechend steigt beim Zugversuch die Zugfestigkeit bei kleinsten Probenquerschnitten. Daraus kann geschlossen werden, daß die Spannungsdicke besonders im Bereich kleiner Werte nicht nur direkt, sondern auch indirekt über das Werkstoff-Spannungs-Dehnungs-Verhalten auf den Zerspanvorgang wirkt. So wird auch verständlich, daß sich mit der Spannungsdicke die Charakteristik der Spanbildung verändern kann.

Zur Entstehung des Films

Da sich die Vorgänge bei der Spanentstehung im Mikrobereich des Werkstoffgefüges, abhängig von Ort und Zeit, abspielen, ist eine räumliche und je nach Schnittgeschwindigkeit auch eine zeitliche Dehnung notwendig, um die Vorgänge für das menschliche Auge sichtbar zu machen, was praktisch nur durch eine Kombination von Mikroskopier- und Filmtechnik möglich ist.

Die Probleme mikrokinematografischer Zerspanungsstudien wurden von WIEBACH und HUMMEL mit einer ersten diesem Zweck angepaßten Versuchseinrichtung untersucht [12], [13], [15]. Nach diesen Erfahrungen wurde ein neuer Versuchsstand entwickelt und gebaut, der die Voraussetzungen für eine mikrokinematografische Erfassung der Spanentstehung optimal erfüllt¹. Abb. 4 zeigt die Anordnung der einzelnen Baugruppen der Versuchsmaschine, die für Schnittgeschwindigkeiten von 0,01 bis 60 m/min und für einen Vorschubbereich von 2 bis 125 μm ausgelegt wurde.

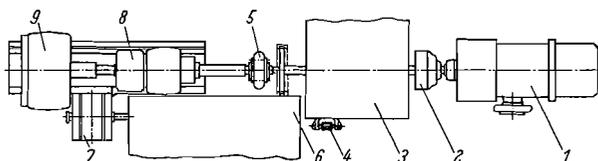


Abb. 4. Schema der Versuchseinrichtung

1 H-Trieb, 2 Kupplung, 3 Hauptgetriebe, 4 Vorlastbremse, 5 Kupplung, 6 Vorschubgetriebe, 7 Vorschubschlitten, 8 Spannzange, 9 Zerspanungskopf

Die Versuchsmethode beruht darauf, daß eine polierte und geätzte scheibenförmige Werkstückprobe (etwa 30 mm \varnothing) mit einer planpolierten Quarzglasscheibe drehbar verspannt wird, während das Werkzeug, fest auf dem Vorschubschlitten an die Glasplatte gedrückt, die Probe im Orthogonalschnitt radial einsticht. Die Glasplatte verhindert ein seitliches Ausweichen des Werkstoffes und ermöglicht so die Beobachtung in einer Ebene. Das Prinzip dieser Methode wird in der Schnittdarstellung (Abb. 5) des Zerspanungskopfes als dem wesentlichsten Bauteil dieser Versuchseinrichtung deutlich. Die Lageranordnung mit Nadel- und Rillenkugellager hält die Taumelfehler innerhalb der Fokustiefe des Mikroskopes.

Der optische Teil des Versuchsstandes besteht aus einem Mikroskop mit einem Strahlenteilungskörper, um den Vorgang gleichzeitig filmen und direkt beobachten zu können sowie einer Beleuchtungseinrichtung mit einem Opak-Illuminator (Abb. 6). Bei der gewählten Objektfeldbreite von etwa 400 μm und einer Schnittgeschwindigkeit von 0,01 m/min wird eine 16-mm-Schmalfilmkamera (Arriflex) in Verbindung mit einer

¹ Die Probleme beim Bau dieser Versuchseinrichtung wurden von der Zentralwerkstatt Göttingen GmbH vorbildlich gelöst.

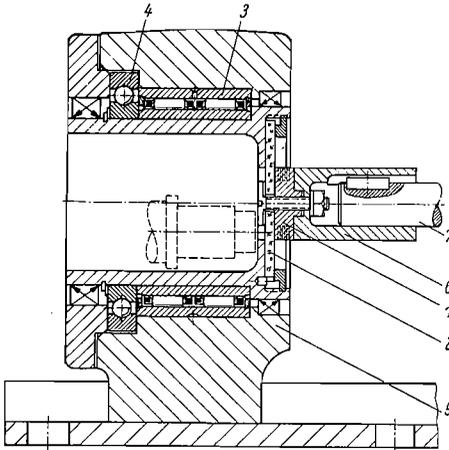


Abb. 5.
Zerspanungskopf (Wirkstelle
mit rotierender Glasplatte)

- 1 Prüfstück, 2 Glasplatte,
- 3 Radiallager, 4 Axiallager,
- 5 Lagerbock, 6 Prüfstück-
- träger, 7 Antriebswelle

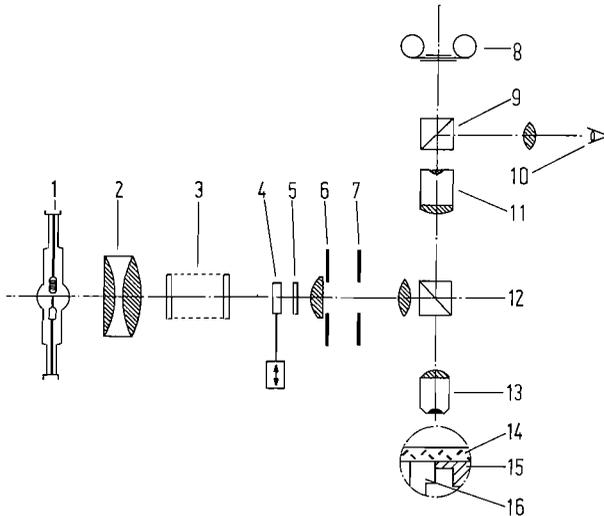


Abb. 6. Schematischer Aufbau der Mikroskopier- und
Beleuchtungseinrichtung

- 1 Xenon-Höchstdrucklampe, 2 Kollektor, 3 Wärme-
- schutzfilter, 4 Magnetbetätigter Neutralglasfilter, 5 UV-
- Sperrfilter, 6 Aperturblende, 7 Leuchtfeldblende, 8 Film-
- kamera, 9 Strahlenteilungsprisma, 10 Direkte Beobach-
- tung, 11 Okular, 12 Teildurchlässiger Spiegel, 13 Objektiv,
- 14 Quarzglasscheibe, 15 Werkstückprobe, 16 Werkzeug

Hochleistungs-Mikroskopierleuchte eingesetzt. Höhere Schnittgeschwindigkeiten erfordern den Einsatz einer Hochfrequenz-Kamera (Fastax) und dementsprechend einer Xenon-Höchstdrucklampe mit 2,5 kW im Dauerbetrieb, 5 kW für 4 s und 10 kW für 2 s kurzzeitige Überlastung. Eine optimale Leuchtdichte wurde mit einem Spezialkollektor nach Berechnungen von HEYSE [5] erreicht. Wärmeschutzgläser, UV-Sperrfilter, Apertur- und Leuchtfeldblende sind notwendige Voraussetzungen für eine einwandfreie Beleuchtung im Auflicht-Hellfeld.

Das Gelingen der Filmaufnahmen hängt in besonderem Maße von der Versuchsvorbereitung und -durchführung ab. Die Werkstückprobe muß möglichst plan poliert sein, damit sich zwischen ihr und der Glasplatte kein Spalt bildet. Eine gleichmäßige und in der Intensität ausgewogene Ätzung entscheidet über die Güte des abgebildeten Werkstoffgefüges und der darin ablaufenden Vorgänge. Das Spezial-Werkzeug aus Schnellarbeitsstahl wird von Hand geläppt, damit bei der vorliegenden Vergrößerung das Werkzeug ideal scharf, ohne Schleifriefen und Kantenausbrüche erscheint. Der Gleitvorgang zwischen Glasplatte und Schneidkeil ist durch auftretende Glassprünge und Mikrorisse besonders kritisch, so daß mit einem Immersionsöl als Gleitmittel geschmiert wird¹.

Technologische Angaben

Bei dem Werkstückstoff handelt es sich um die aushärtbare Aluminium-Knetlegierung AlCuMgPb (Automatenlegierung) mit folgenden Daten:

Werkstoff-Nr. 3.1645

chemische Zusammensetzung:	Cu	3,5—5,0%
	Pb + Sn + Bi + Cd + Sb	1,0—3,0%
	Mg	0,4—1,8%
	Mn	0,5—1,0%
	Al	Rest

Härte: HV 10 = 124 kp/mm²

Zugfestigkeit (Umrechnung nach DIN 50150): $\sigma_B = 42,8$ kp/mm²

Mikrohärte: HV (25 p) = 105 . . . 145 kp/mm².

¹ Herrn E. FRIXE (IWF) sei für seinen unermüdlichen Einsatz bei der Versuchsdurchführung gedankt.

Filmbeschreibung¹

Schnittgeschwindigkeit 0,01 m/min

Spanwinkel 15°

48 B/s

Bildfeldbreite etwa 360 µm

Der Film zeigt den ebenen Zerspanungsvorgang in der Ansicht senkrecht zur Hauptschneide. Da der Schneidkeil, begrenzt durch Span- und Freiflächenkante, an der Quarzscheibe gleitet, ist es nicht ganz zu vermeiden, daß sich kleinste Werkstoffteilchen in einer hauchdünnen Schicht zwischen Schneidkeil und Quarz schieben, ohne aber den Zerspanungsvorgang selbst in irgendeiner Weise zu beeinträchtigen. Auch Schlieren und Luftbläschen im Schmierfilm des Immersionsöls wirken sich kaum nachteilig aus.

Auf eine Beschreibung der einzelnen Einstellungen wurde verzichtet, da der Einfluß der Spanungsdicke durch eine vergleichende Darstellung besser gezeigt werden kann.

Spanungsdicke etwa 4 µm

Spanungsdicke etwa 8 µm

Spanungsdicke etwa 15 µm

Spanungsdicke etwa 30 µm

Spanungsdicke etwa 50 µm

Die Aluminium-Knetlegierung AlCuMgPb erscheint im Schlibbild als grobkristallines Gefüge, so daß sich einzelne Kristalle häufig über das ganze Bild erstrecken, ohne daß Korngrenzen sichtbar sind. Da die Korngrößen im allgemeinen beträchtlich größer als auch die größte Spanungsdicke sind, kann man praktisch die Spanentstehung an einzelnen Kristallen über einen längeren Schnittweg beobachten. So regellos, wie die Kristalle im Werkstoffgefüge zueinander liegen, ist auch die Spanbildung und die Wirkung des Zerspanungsvorganges auf die Werkstück-Oberflächenschicht. Diese diskontinuierliche, vom einzelnen Korn abhängige Spanbildung zeigt deutlich, daß zwischen der Orientierung der Kristalle (MILLERSche Indizes) hinsichtlich ihrer Gleitrichtungen und der Schneiden- und Kräftegeometrie ganz bestimmte Zusammenhänge bestehen müssen, die aber auf Grund der nicht bekannten kristallografischen Daten nicht geklärt werden können².

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

² Prof. Dr.-Ing. H. AHLBORN, TU Clausthal, untersucht den Zerspanungsvorgang an Einkristallen, um den Einfluß der Orientierung zu ermitteln.

Durch plastische Verformungen ändern sich die Reflexionsverhältnisse, so daß man aus den Veränderungen der Helligkeit ganz allgemein auf Verformungen im Werkstoffgefüge schließen kann. Dabei liegt die Vermutung nahe, daß bei Druckspannungen die entsprechenden Werkstoffbereiche gegen die Quarzplatte gepreßt werden, das Licht besser reflektieren und durch helle Zonen sichtbar werden, während bei Zugspannungen die Oberfläche aufgeraut wird, so daß weniger oder kein Licht reflektiert wird. Bei dem vorliegenden zweiachsigen Spannungszustand, der durch zwei Normal- und eine Schubspannungsgröße gekennzeichnet ist, sind derartige Rückschlüsse rein qualitativ und nur als grobe Näherung zu betrachten. Neben dem Schervorgang in der Spanwurzel werden auch die Verformungen im Bereich 5 nach Abb. 1 sichtbar. Hierbei fällt besonders auf, daß diese Verformungen vom eigentlichen Schergebiet ausgehen und sich im einzelnen Kristall z. T. sprungartig fortpflanzen. Beim „Einschießen“ dieser Verformungen entsteht der Eindruck, als würden manchmal im Kristall Gleitbänder sichtbar. Die bleibende Verformung unter der Schnittfläche im Werkstück kann als sichtbare Verformungstiefe erfaßt werden.

Die diskontinuierliche Spanbildung wechselt vom reinen Fließspan zu typischen Scherspänen mit allen möglichen dazwischenliegenden Varianten. Bei kleinen Spannungsdicken erscheint die Spanbildung kontinuierlicher, da die Schnittlänge in den einzelnen Kristallen im Verhältnis zur Spannungsdicke größer ist und da die Scherspannelemente entsprechend feiner gegliedert sind, so daß der Unterschied zwischen den verschiedenen Arten der Spanbildung nicht so offensichtlich ist. Einzelheiten der Spanentstehung sind bei 4 und 8 μm nicht zu erkennen, zumal der Zerspannungsvorgang in der vom vorangegangenen Schnitt vorverformten Oberflächenschicht verläuft. Mit zunehmender Spannungsdicke, insbesondere bei 50 μm , werden die unterschiedlichen Spanarten und Entstehungsvorgänge deutlicher sichtbar. Bei der Fließspanbildung sind unterschiedliche Schergebietsformen, sowohl Scherebene als auch Scherzone, mit wechselnden Scherwinkeln und Spandicken zu beobachten. Dabei kann man den eigentlichen Scherverformungsvorgang nicht verfolgen, da die Schergeschwindigkeit im Verhältnis zur Bildfrequenz zu groß ist, so daß, wie bei 50 μm zu erkennen, die Scherzone durch einen schmalen Bereich der Bewegungsunschärfe markiert wird. Vereinzelt weisen Fließspäne eine deutliche Schichtung bzw. feine Lamellierung auf. Auch die Scherspanbildung zeigt unterschiedliche Erscheinungsformen, wie die Szene mit 50 μm Spannungsdicke erkennen läßt. Bei der Bildung eines Scherspannelementes haften Werkstoffschichten, ähnlich einer Aufbauschneide, auf der Spanfläche. Der nachfolgende Werkstoff wird darüber aufgestaucht, bis das ganze Spanelement auf Grund der ständig gestiegenen Kraft unter einem gegenüber der Fließspanbildung kleineren Scherwinkel abgeschert wird und über die Spanfläche abgleitet.

Der Verformungsvorlauf und die Verformungstiefe sind ebenfalls ständigen Veränderungen unterworfen, wobei in einigen Fällen sichtbare Verformungen außerhalb der Scherzone ganz fehlten. Der Trennvorgang erfolgt durch einen glatten Schnitt, ohne daß Werkstoffteile im Kristall oder an den Korngrenzen herausbrechen. Ganz allgemein zeigen sich an den Korngrenzen keine Besonderheiten.

Literatur und Filmveröffentlichung

- [1] BACKER, W. R., E. R. MARSHALL and M. C. SHAW: The Size Effect in Metall Cutting. Trans. ASME 74 (1952), 61-72.
- [2] DEGNER, W., H. LUTZE und E. SMEJKAL: Spanende Formung. Theorie — Berechnung — Richtwerte. VEB Verlag Technik, 3. Aufl., Berlin 1969.
- [3] DOHMEN, H. G.: Zusammenfassung und Vergleich der zerspanungsmechanischen Theorien. Ind.-Anz. 87 (1965), 839—844 u. 1023—1032.
- [4] GAPPISCH, M., und W. SCHILLING: Die Aufbauschneidenbildung bei der spanabhebenden Bearbeitung. Ind.-Anz. 87, 69 (1965), 1625—1634. Untersuchungen über die Aufbauschneidenbildung und deren Ursachen. Ind.-Anz. 87, 87 (1965), 2065—2074.
- [5] HEYSE, E.: Über die Anwendung von Xenonlicht in der Mikrokinematographie. Res. Film 4 (1963), 476—481.
- [6] KHARE, M. K.: Untersuchung des Reibungsverhaltens zwischen Span und Spanfläche sowie Prüfung der Scherwinkelbeziehungen durch Zerspankraftmessung beim Schnittunterbrechungsvorgang. Diss. TU Berlin 1969.
- [7] KÖHLER, G.: Modelltheoretische Betrachtungen und Untersuchungen mit Hilfe der Spanwurzel-Mikrografie als Beitrag zur Beschreibung des Verformungsvorganges bei der spanenden Bearbeitung metallischer Werkstoffe. Diss. TU Berlin 1968.
- [8] SCHALLBROCH, H., und H. BETHMANN: Kurzprüfverfahren der Zerspanbarkeit. Teubner, Leipzig 1950.
- [9] THOMSEN, E. G., J. T. LAPSLEY und R. C. GRASSI: Deformation Work Absorbed by the Workpiece During Metal Cutting. Trans. ASME 75 (1953), 591—603.
- [10] VIEREGGE, G.: Zerspanung der Eisenwerkstoffe. Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1959.
- [11] WARNECKE, G.: Untersuchungen zur Mikrogeometrie der Spanbildung metallischer Werkstoffe. Unveröffentlichte Forschungsarbeit am Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen TU Hannover.
- [12] WIEBACH, H. G.: Beitrag zur Untersuchung des Zerspanungsvorganges mit Hilfe fotografischer Methoden. Werkstattstechnik 55, 3 (1965), 128—133.

- [13] WIEBACH, H. G., und G. HUMMEL: Mikrokinematografische Studien über das Zerspanen von Metallen. Res. Film 5 (1966), 501—509.
- [14] ZOREV, N. N.: Metal Cutting Mechanics. Pergamon Press, Oxford 1966.
-
- [15] WIEBACH, H. G.: Schnittvorgang im Feingefüge von Stahl bei kleinen Spandicken. Film B 885 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.
-

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1971 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 63 m, 6 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1965 und 1966. Veröffentlichung aus dem Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der Technischen Universität Hannover, Dr.-Ing. H.-G. WIEBACH, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. K. W. BOSAK; Aufnahme: Ing. G. HUMMEL.

Inhalt des Films

Der Film zeigt den Spanentstehungsvorgang beim Orthogonalschnitt an einer polierten und geätzten Werkstückprobe aus der Aluminium-Knetlegierung AlCuMgPb. Auf Grund des grobkristallinen Gefüges mit Korngrößen weit über der größten Spanungsdicke bestimmt der Schnitt in einzelnen unterschiedlich orientierten Kristallen die in ihren Erscheinungsformen wechselnde Spanbildung. Mit den verschiedenen Spanarten zwischen Fließ- und Scherspan verändern sich der Scherbereich, der Spanentstehungsmechanismus und die sichtbare Werkstückverformung. Der Einfluß der Spanungsdicke wird durch die Orientierungsabhängigkeit der Spanbildung in diesem groben, vielkristallinen Werkstoffgefüge überdeckt.

Summary of the Film

The film shows how chippings are produced from a polished and etched testing workpiece made of the aluminium forging alloy AlCuMgPb, during orthogonal cutting. Because of the coarse-crystalline structure, with grains considerably larger than the maximum chip thickness, cutting causes the formation of chippings of varying appearance in individual crystals of differing orientation. The shearing area, chip-producing mechanism and visible deformation of the workpiece change with the different types of chip, from flowing chip to shearing chip. The influence on the chipping thickness is concealed by the fact that the chip-production is a direct result of the structure orientation in this coarse, polycrystalline material.

Résumé du Film

Le film présente le processus de la formation de copeaux dans la coupe orthogonale d'un échantillon d'une pièce en cours d'usinage, polie et décapée, provenant de l'alliage de pétrissage d'aluminium AlCuMgPb. En raison de la structure grossièrement cristalline, dont les grains ont une grosseur dépassant largement la plus grande profondeur de coupe, la coupe des cristaux, dont l'orientation diffère de l'un à l'autre, produit cette limaille aux aspects divers. Selon les divers types de copeaux, qui vont du copeau écoulant au copeau de cisaillement, on enregistre des variations dans le secteur de cisaillement, le mécanisme de la formation des copeaux et la déformation visible de la pièce à travailler. A l'influence de la profondeur de coupe se superpose le fait que la formation des copeaux dépend de l'orientation de la structure de ce matériau à gros cristaux multiples.