

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 88 (1970)
Heft: 6

Artikel: Der heutige Stand der Zerspannungsforschung: Vortrag
Autor: Matthias, E. / Betz, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84426>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- Praktische Erfahrungen mit ausgeführten oder noch im Bau befindlichen Reaktordruckbehältern.
- Werkstoffeigenschaften, hauptsächlich das Verhalten des Betons und die Bestimmung der verschiedenen Kennwerte unter Strahlungseinwirkung und hohen Temperaturen. Bruchverhalten in mehraxialem Spannungszustand.
- Neuartige Behälterkonzeptionen: Zusammenbau aus Fertigteilen, Mehrlagen-Ausführungsart, Spannbetondruckgefässe für wassergekühlte Reaktoren. Modelltechnische Erprobung solcher Neuentwicklungen. Neue Vorspannsysteme, insbesondere auf dem Gebiet des Wickelverfahrens.
- Numerische Berechnungsmethoden für diese dickwandigen Behälter in zwei- und dreidimensionaler Form.
- Wärmeisolierung der Behälter: Grundlegende Untersuchungen, Neuentwicklungen und Anwendungsfälle.

Seit der ersten praktischen Anwendung solcher Druckbehälter beim Kernkraftwerk von Marcoule in Frankreich ist die Entwicklung weit fortgeschritten. Die Erfahrung aus mehreren Ausführungen und vielen Projektstudien sowie die Verfeinerung der Berechnungsmethoden und der Vorspannsysteme und die Vertiefung der Materialkenntnisse insbesondere auf dem Gebiete der Betontechnologie gestatten heute dem Projektverfasser mit ziemlicher Freiheit der jeweiligen Aufgabenstellung gut angepasste Lösungen ins Auge zu fassen.

Die in den fünf Sprachen der Gemeinschaft gehaltenen Vorträge waren dank einer sehr guten Simultanübersetzung allen Teilnehmern zugänglich und werden in nächster Zeit zusammengefasst und bereinigt veröffentlicht.

F. Speck, dipl. Bauing. ETH, Zürich

Der heutige Stand der Zerspanungsforschung

DK 621.91.01.001.5

Von Prof. E. Matthias und F. Betz, ETH Zürich

Vortrag, gehalten am GEP-Jubiläumskurs vom 25. Sept. 1969

1. Die wirtschaftliche Bedeutung der Zerspanung

Die Zerspanung als Fertigungsmethode blickt ähnlich wie das Giessen und das Schmieden auf eine uralte Tradition zurück, obwohl sie eigentlich erst dann ausgesprochen fertigungstechnische Bedeutung erlangte, als die sonst bekannten und angewendeten Fertigungsverfahren die geforderten Form-, Mass- und Oberflächentoleranzen nicht mehr erreichten. Diese Forderungen stellten sich insbesondere auch dann, als die hergestellten Werkstücke mit anderen zusammengepasst, d. h. montiert werden mussten. Montierbarkeit, Austauschbarkeit und sichere Funktion der Werkstücke sind auch für die Zukunft noch an bestimmte geometrische Toleranzen und Oberflächen gebunden. Bei der Herstellung solcher Teile ist die spanabhebende Formgebung in der überwiegenden Zahl der Fälle bis heute das technisch und wirtschaftlich einzig mögliche Fertigungsverfahren.

Die Bedeutung der spanlosen Umformung, der Genauigungsverfahren, der elektroerosiven und elektrochemischen Bearbeitungsverfahren u. a., wird sich vor allem bezüglich Genauigkeit, erreichbarem Oberflächenzustand, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit der spanabhebenden Formung erweisen müssen. Das gilt derzeit besonders für die Bearbeitung herkömmlicher Maschinenbaustoffe.

Hingegen müssen für die Bearbeitung hochwarmfester und hochverschleissfester Legierungen, von Raumfahrt- und Reaktor-Baustoffen u. a. die spanabhebenden Bearbeitungsverfahren vollkommen neu überdacht werden, um mit anderen Verfahren, die in vielen Fällen zurzeit noch die einzige Möglichkeit zur Bearbeitung bieten, qualitativ vergleichbar und schliesslich wirtschaftlich überlegen zu werden. In zahlreichen derartigen Fälle steht allerdings bis jetzt noch das technische vor dem wirtschaftlichen Konzept.

Insgesamt gesehen wird sich in den nächsten Jahren der prozentuale Anteil der spanabhebenden Formung in der Gesamtfertigung leicht verringern, hingegen ist mit einem absoluten Zuwachs entsprechend dem Gesamtzuwachs des Fertigungsbedarfes zu rechnen.

2. Heutige Aufgaben der Zerspanungsforschung

Seit die Zerspanung als Fertigungsmethode systematisch industriell angewendet wird, versucht man, sie ihrem

Wesen und ihrer Auswirkung nach zu erklären. Entsprechend den an das Werkstück gestellten Forderungen bzw. wirtschaftlichen Überlegungen oder verfahrenstechnischen Gesichtspunkten können dabei entweder die in der Zeiteinheit erzielte Spanmenge, die Güte der bearbeiteten Oberfläche, die auftretenden Schnittkräfte oder die Form der entstehenden Späne als wichtiges Kriterium in den Vordergrund treten. Vielfach sind mehrere Kriterien gleichzeitig zu betrachten.

Eines der wichtigsten Forschungsobjekte im Bereich der Zerspanung ist seit jeher und auch heute noch die Ergründung der Ursachen und Wirkungsweise des Werkzeugverschleisses, da der Verschleiss des Schneidwerkzeuges viele andere Zerspanungskriterien, zum Beispiel Spanmenge, Oberflächengüten, Mass- und Formgenauigkeit der Teile, Kräfte, Temperaturen und nicht zuletzt die Kosten des Verfahrens wesentlich beeinflussen kann.

Die Zerspanungsforschung sieht heute auf diesem Gebiet im wesentlichen folgende Hauptaufgaben:

A. Schneidstoffe

1. Weiterentwicklung der bekannten Schneidstoffarten Schnellarbeitsstahl und Hartmetall im Hinblick auf universellere Verwendbarkeit, also für die verschiedensten herkömmlichen Werkstückstoffe und Schnittbedingungen.

Ein wichtiges Anliegen ist die Verringerung der bestehenden Sortenvielfalt an Schneidstoffen, dafür aber grössere Gleichmässigkeit und Fertigungssicherheit. Dies ist um so nötiger, je mehr zur Produktion auf automatischen Fertigungseinrichtungen übergegangen wird, weil sich dabei der Ausfall einzelner Werkzeuge wesentlich folgenschwerer auswirkt.

2. Entwicklung neuer Schneidstoffe zur Bearbeitung warmer und zäher Sonderlegierungen für den Turbinen- und Apparatebau sowie der zahlreichen in Luft- und Raumfahrt und im Reaktorbau benötigten Sonderwerkstoffe.
3. Weiterentwicklung der bisherigen Schneidstoffe im Hinblick auf die Anwendbarkeit höherer Schnittgeschwindigkeiten bei herkömmlichen Maschinenbaustoffen zur Erzielung höherer Spanleistungen und besserer Oberflächengüten.

B. Werkstückstoffe

Hier ist besonders eine viel genauere Klärung der werkstoffseitigen Einflussgrößen auf den Verschleiss der Schneidwerkzeuge erforderlich. Wenn man bedenkt, dass Streuungen von 1:3 in der Werkzeugstandzeit heute als normal anzusehen sind, so ergibt sich daraus die Aufgabe, zum Beispiel die Streuungen in der Gefügeausbildung, der chemischen Zusammensetzung, der Festigkeit usw. der Werkstückstoffe durch geeignete metallurgische und wärmebehandlungstechnische Massnahmen viel mehr als bisher zu verringern.

Ausserdem versucht man, das Zerspanungsverhalten sowohl der herkömmlichen als auch der neuen Werkstoffe durch metallurgische Zusätze, welche die sonstigen geforderten Eigenschaften der Werkstoffe möglichst nicht beeinflussen, zu verbessern.

Damit ist allerdings das Spektrum der heute von der Zerspanungsforschung zu klärenden Fragen bei weitem noch nicht erschöpft. In zahlreichen Fällen ist nicht der Werkzeugverschleiss, sondern die am Werkstück erzielbare Oberflächengüte von ausschlaggebender Bedeutung. Hier wirken sich insbesondere die plastomechanischen Verformungsvorgänge vor der Werkzeugschneide, die Mikrogestalt der Werkzeugschneide selbst, die Zugabe besonderer Schmiermittel usw. sehr stark aus. Die Voraussetzungen für gute Werkstückoberflächen sind in der Regel nicht die gleichen, die zum Beispiel zu geringerem Werkzeugverschleiss führen.

Weiterhin entsteht bei der Bearbeitung mit hohen Schnittgeschwindigkeiten das Problem der Verminderung und der Abfuhr der entstehenden Wärme und der Beherrschung der abfliessenden Späne. Letzteres ist besonders bei automatischen Bearbeitungsanlagen von vorrangiger Bedeutung.

Für die Konstruktion von Maschinen, Vorrichtungen und Spannzeugen sind die beim Zerspanen entstehenden Schnittkräfte zu beachten. Ihre Ermittlung und Beeinflussung kann besonders bei spröden Schneidstoffen oder instabilen Werkstücken ausschlaggebend für die Wahl der Bearbeitungsmöglichkeiten sein. Leider kann bis heute eine

Abhängigkeit der Schnittkraft von bestimmten werkstoffseitigen Grössen, wie es für den Werkzeugverschleiss schon in Grenzen möglich ist, nur sehr grob angegeben werden, so dass es noch immer an genauen Werten fehlt.

Aus diesen noch sehr pauschal angegebenen Problemen leiten sich eine Vielzahl von speziellen Forschungsaufgaben ab, die in nächster Zukunft bewältigt werden sollten.

3. Die Methoden der Forschung heute

Sieht man sich die aufgezählten Probleme an, so könnte man zu dem Schluss kommen, dass wir ja eigentlich in der Erkenntnis der sich beim Zerspanen abspielenden Vorgänge in den letzten fünfzig Jahren wenig weiter gekommen sind, und dass die Fortschritte auf diesem Gebiet eigentlich nicht der systematischen Forschung, sondern reinen Zufallsergebnissen zuzuschreiben seien. Diesem Vorwurf kann man eine gewisse Berechtigung nicht absprechen. Man darf dazu aber folgendes sagen:

1. Seitens der Verbraucher ist die Zerspanungsforschung bis auf wenige Ausnahmen nie in grösserem Umfange betrieben worden. Geforscht haben vor allem einige Stahlhersteller und einige Hochschulinstitute. Der Verbraucher war somit fast immer auf die Hilfe anderer Stellen angewiesen, deren Versuchsbedingungen nur selten mit seinen eigenen übereinstimmten. Entsprechend waren die gefundenen Ergebnisse für ihn auch nur selten brauchbar.
2. Die Forschungsmethoden haben sich in den letzten Jahren erheblich gewandelt. Heute ist bekannt, dass man in der Zerspanungsforschung mit rein mechanischen Vorstellungen nicht mehr weiter kommt. Es genügt eben nicht, dass man beispielsweise die Einflüsse von Schnittgeschwindigkeiten, Vorschüben, Spanquerschnitten usw. untersucht, ohne dabei neben anderem auch die besonderen Eigenheiten der bearbeiteten Werkstoffe und Schneidstoffe sowie deren Kombination zu beachten.

Lange Zeit hat man sich damit begnügt, als einziges Charakteristikum der Schneidstoff-Werkstoff-Kombination deren Qualitäten, d. h. die Norm-Bezeichnungen und manchmal noch ihre Härte anzugeben.

Bild 1. Hartmetall-Wendeschneidplatte, Spanfläche mechanisch geschliffen, Freifläche ungeschliffen (im Sinterzustand), Qualität P 10. Vergrößerung 2400fach

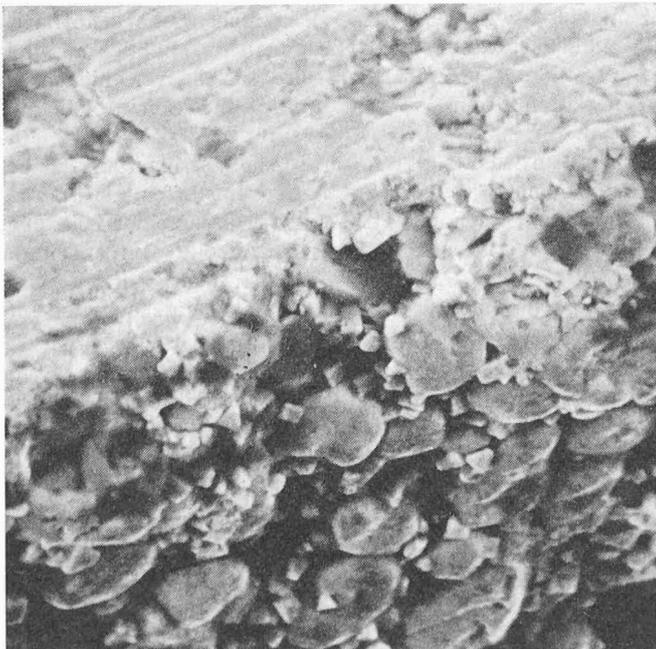
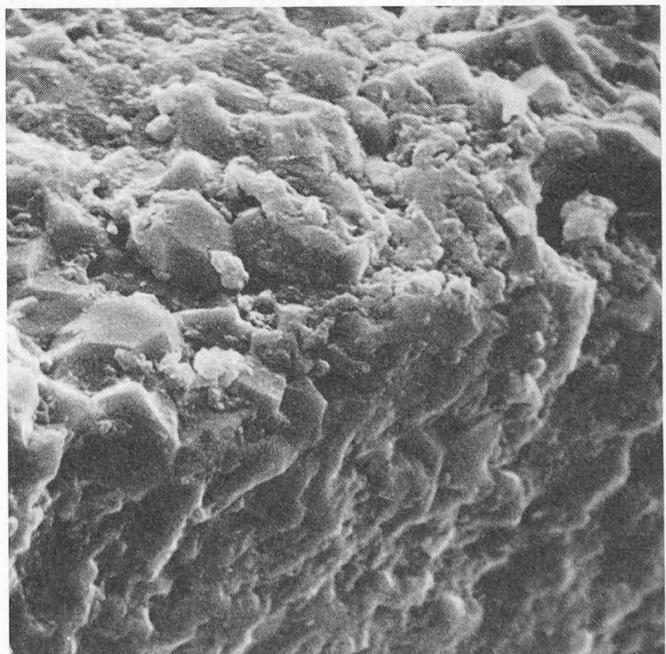


Bild 2. Wendeschneidplatte aus weisser Oxydkeramik, fertiggeschliffen, im Neuzustand. Vergrößerung 2400fach



Heute weiss man, dass die Streuungen in Schneidstoffen und Werkstoffen gleicher Normbezeichnung sowohl innerhalb eines Herstellers von Charge zu Charge als auch zwischen verschiedenen Herstellern erheblich sein können, was sich natürlich auf das Zerspanungsergebnis beträchtlich auswirkt.

Die Forschung erstreckt sich heute bis in die Bereiche von kleinsten Verunreinigungen im Werkstoff. Anteile in der Grössenordnung von wenigen Hundertstel % können teilweise erhebliche Auswirkungen auf den Zerspanungsvorgang zeigen.

Das zeigt folgendes *Beispiel*: Bei der Zerspanung von mittleren Kohlenstoffstählen (Ck 45) fand man vor einigen Jahren teilweise fest haftende Ablagerungsschichten auf den Werkzeugen, welche die Schneide vor jeglichem weiteren Verschleiss weitgehend schützten. Lange Zeit wusste man nicht, um welche Schichten es sich handelt. Mit Hilfe der Mikrosonde, eines Gerätes, das eine Röntgenanalyse auf kleinsten Flächen ($1 \mu\text{m } \phi$) vornehmen kann, fand man in diesen Schichten Oxide der Elemente Al, Ca und Si, die, wie man nachträglich feststellte, als Desoxidationsprodukte von der Stahlherstellung (eigentlich unerwünschte Verunreinigungen) im Werkstück zurückgeblieben waren und sich während des Spanens auf dem Werkzeug abgesetzt hatten [1] bis [3]. Eine Analyse des zerspannten Werkstoffes ergab nur einen Gesamtanteil der Oxide von etwa 0,01 %. Heute ist man in der Lage, diese Verunreinigungen gezielt im Werkstückstoff zu verteilen, ohne dessen sonstige Eigenschaften dabei zu beeinflussen und somit beim Zerspanen unter ganz bestimmten Bedingungen Schutzschichten auf dem Werkzeug gezielt zu erzeugen.

Ein weiteres Beispiel ist folgendes: Bei den Schneidstoffen (besonders Hartmetallen) nahm man früher an, dass der härtere auch der bessere, d. h. verschleissfestere sei. Mit zunehmender Temperatur nimmt die Härte ab, so dass derjenige der bessere ist, der bei höheren Temperaturen länger seine Härte behält. Das stimmt für reinen Reibverschleiss (Abrieb). Seltsamerweise fand man aber, dass bestimmten Hartmetallsorten trotz ihrer hohen Warmhärte bei hohen Schnittgeschwindigkeiten stark verschleissen. Mit

Hilfe genauester Analysenmethoden, u. a. auch der Mikrosonde, fand man, dass die Ursache des Verschleisses eben nicht nur mechanischer Abrieb, sondern auch Diffusionsvorgänge zwischen Werkzeug und Werkstück sind, die zum Unbrauchbarwerden des Werkzeuges führen. Diese Erkenntnis führte dann zur Entwicklung neuer Schneidstoffe mit hohen Ti-Ta-C-Gehalten (P-Sorten), die besonders widerstandsfähig gegen Diffusionsverschleiss sind [4].

Zerspanungsuntersuchungen, die im Institut für Werkzeugmaschinenbau und Fertigungstechnik an der ETH durchgeführt werden, befassen sich vor allem mit der Entstehung und Beeinflussung der beim Abspanen entstehenden Oberfläche am Werkstück. Dem mikrogeometrischen Zustand der Werkzeugschneide kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu. Wir verwenden für diese Untersuchungen ein Rasterelektronenmikroskop, bei dem Vergrösserungen von 20- bis 50 000fach möglich sind. Die Tiefenschärfe ist bei diesem Gerät bedeutend höher als in der normalen Lichtoptik [5].

Wie anhand einiger Beispiele gezeigt werden soll, ist auf diese Weise eine räumliche Betrachtung des Schneidenzustandes, der bearbeiteten Oberflächen und der Spanentstehungsstelle möglich, wie bisher nicht denkbar war. Man kommt damit zu einem neuen Verständnis der wirklichen Vorgänge beim Zerspanen.

Die Bilder 1 bis 4 zeigen Schneidkanten unterschiedlicher Schneidstoffe in verschiedenen Schleifzuständen jeweils in Vergrösserungen von 2400:1 bzw. 12 000:1. Während Bild 1 eine normal geschliffene, d. h. nur auf Span- und Auflagefläche geschliffene Hartmetallwendeplatte der Qualität P 10 zeigt, ist in Bild 2 die Schneidkante einer allseitig geschliffenen Wendeplatte aus weisser Oxidkeramik dargestellt. Bild 3 zeigt demgegenüber eine feinstgeschliffene Schneide aus Hartmetall K 10, wie sie häufig in der Uhrenindustrie verwendet wird. Zum Vergleich wird schliesslich in Bild 4 eine Diamantschneide in 12 000facher Vergrösserung dargestellt. Aus den gezeigten Bildern geht klar hervor, dass die Mikrogestalt der Werkzeugschneiden sowohl vom Schneidstoff, d. h. von seiner Gefügeausbildung, als auch vom verwendeten Schleifverfahren ab-

Bild 3. Hartmetallschneide für Feinbearbeitung in der Uhrenindustrie, mechanisch geschliffen, Qualität K 10. Vergrösserung 2400fach

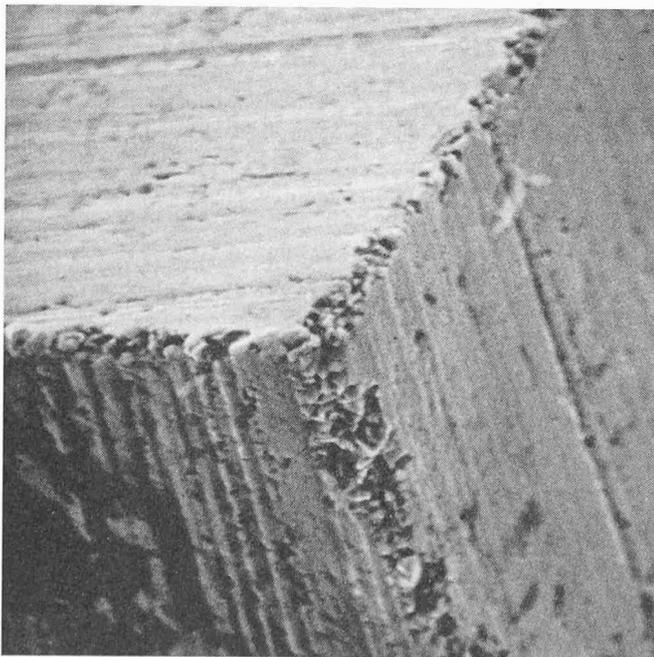


Bild 4. Diamantschneide für Feinbearbeitung. Vergrösserung 12 000fach

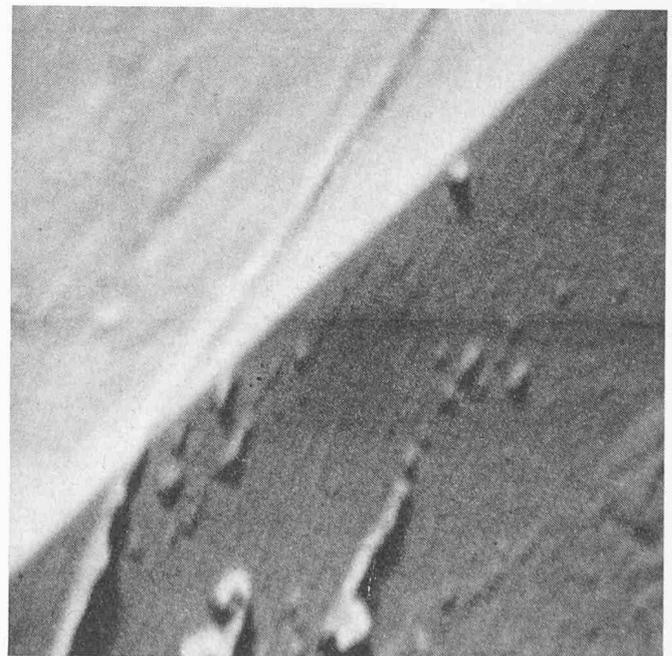




Bild 5. Gedrehte Oberfläche, Vergütungsstahl Ck 35, Hartmetall P 10, $v = 190$ m/min, $s = 0,25$ mm/U. Vergrößerung 112fach

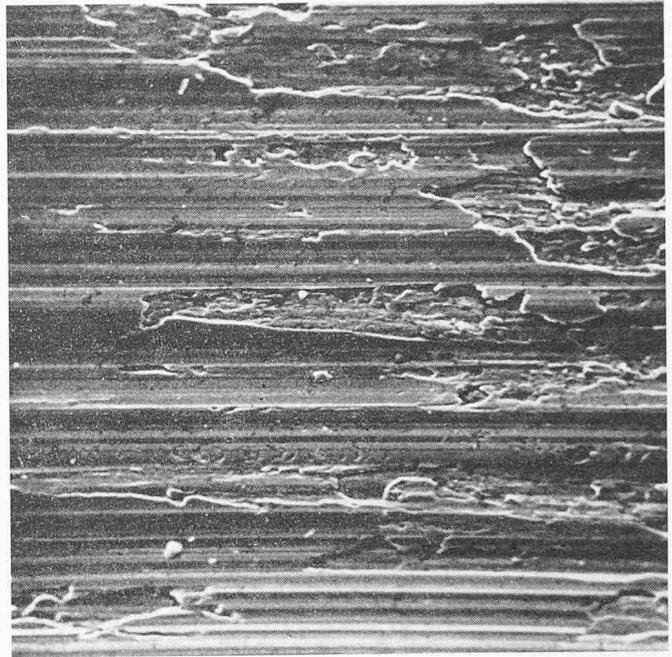


Bild 6. Ausschnitt aus Bild 5; Bildrand = halber Vorschub. Vergrößerung 540fach

hängt [5]. Es ist anzunehmen, dass sich diese unterschiedlichen Schneidzustände auf die Feingestalt der bearbeiteten Werkstückoberflächen auswirken können.

Zur Beurteilung bearbeiteter Oberflächen werden bisher hauptsächlich Tastschnittgeräte (*Talysurf*, *Peth-0-Meter* usw.) verwendet. Eine lichtoptische Betrachtung ist bei Vergrößerungen über 100fach wegen der zu geringen Tiefenschärfe praktisch nicht mehr möglich.

Die Bilder 5 und 6 zeigen nun elektronenoptische Aufnahmen von gedrehten Werkstückoberflächen, die sowohl die Drehriefen bei 112facher Vergrößerung (Bild 5) als auch einen Ausschnitt aus einer Drehriefe (Bild 6) bei 540facher Vergrößerung sichtbar machen. Die dabei erkennbare Feingestalt konnte bisher in ihrer räumlichen Form lichtoptisch nicht dargestellt werden. Andererseits sind aber gerade von dieser Oberflächengestalt wesentliche Einflüsse auf das Funktionsverhalten der Werkstücke zu erwarten.

Zur Untersuchung des Bildungsmechanismus derartiger Oberflächen dient die gemeinsame Entstehungsstelle von Span und Oberfläche vor der Schneide, die sogenannte Spanwurzel. Wie die Bilder 7 und 8 zeigen, lässt die räumliche Betrachtung einer solchen Spanwurzel einige wichtige Rückschlüsse auf die werkzeugseitigen Ursachen der Entstehung der Schnittflächenrauheit zu. Solche Beobachtungen waren bisher aus technischen Gründen nicht möglich.

Eingehende Untersuchungen über die plastomechanischen Vorgänge bei der Spanentstehung sind in jüngster Zeit auch an der Universität Neuenburg (Prof. *Form*) und am LSRH/Neuenburg unter neuen Gesichtspunkten wieder in Angriff genommen worden, so dass auch hier in nächster Zeit neue Erkenntnisse zu erwarten sind.

Diese wenigen Beispiele sollten folgendes klarmachen: 1. Die Zerspanungsforschung, die wirklich neue Erkennt-

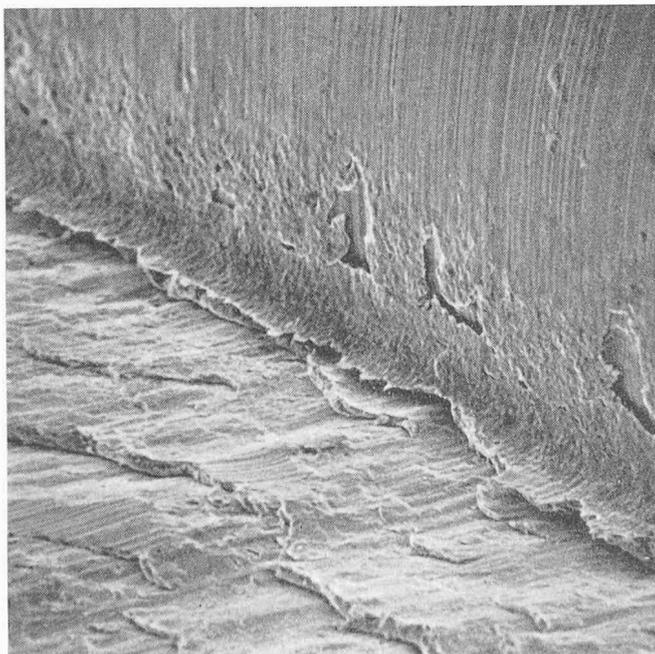
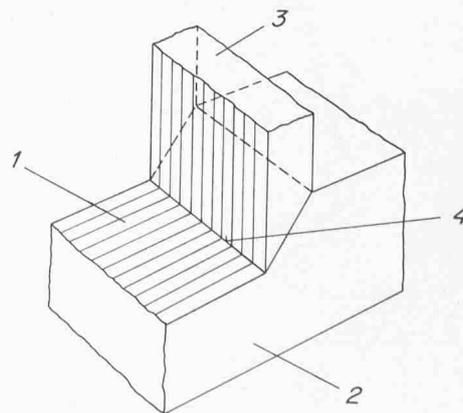


Bild 7. Spanentstehungsstelle (Spanwurzel), Vergütungsstahl Ck 45, $v = 20$ m/min, Wendschneidplatte aus P 10, Schneidenradius $40 \mu\text{m}$. Waagrecht = erzeugte Oberfläche, senkrecht = ablaufender Span. Vergrößerung 190fach.
1 Schnittfläche, 2 Werkstück, 3 Span, 4 Spanwurzel



- nisse bringen soll, ist mit einfachen Mitteln heute praktisch in den meisten Fällen nicht mehr möglich.
- 2. Zur wirklichen Klärung des Zerspanungsvorganges müssen die gegenseitigen Wirkungen (chemisch und physikalisch) von Werkzeug- und Werkstückstoff im Mikrobereich genau erfasst und geklärt werden; vereinfachende Annahmen sind gefährlich.
- 3. Eine genaue Beschreibung (durch Untersuchung) der Zerspanungs-Partner (Werkstück, Werkzeug, Schmiermittel) ist erforderlich. Normbezeichnungen sagen nur wenig über ihren wirklichen Zustand aus.

Darüber hinaus muss man sagen, dass die Randbedingungen des Zerspanungsversuches, also die Maschine, die Werkzeug- und Werkstückaufspannung usw. viel mehr als bisher im Versuchsergebnis berücksichtigt werden müssen, um auch Ergebnisse miteinander vergleichen zu können, die auf verschiedenen Maschinen erzielt wurden. Als Beispiel dazu wird in Bild 9 gezeigt, wie stark die Versuchsergebnisse einer im Rahmen der OECD an verschiedenen Instituten durchgeführten Gemeinschaftsuntersuchung streuen können. Obwohl alle beteiligten Stellen mit dem gleichen Werkstückstoff und dem gleichen Schneidstoff (beide aus jeweils der gleichen Charge) sowie mit den gleichen Zerspanungsbedingungen gearbeitet haben, sind Streuungen im Standzeitverhalten der Werkzeuge bis 1:3 aufgetreten [6].

4. Weitere Entwicklungstendenzen

Das Schwergewicht der Entwicklungen wird auch in Zukunft bei den Schneidstoffen und den Werkstückstoffen liegen.

Auf dem Gebiet der Hartmetalle versucht man zum Beispiel durch Steigerung des Ti-Ta-Karbid-Gehaltes, durch Hinzufügen von Mo-Karbid und durch Austausch des bisher üblichen Bindemittels Co durch Ni die Warmverschleißfestigkeit zu steigern, um höhere Schnittgeschwindigkeiten zu ermöglichen [7]. Hauptproblem dieser Entwicklungen ist bisher die hohe Sprödigkeit dieser neuen Schneidstoffe, die bei unstarren Maschinen und Werkstücken häufig zum Bruch des Werkzeuges führt.

Gerade jetzt kommt ein neuer Schneidstoff auf den Markt, bei dem auf einem relativ zähen Grundgefüge aus Hartmetall eine hochverschleißfeste TiC-Schicht abgeschieden ist. Das Hauptproblem dieser Technik war bisher die mangelnde Haftfestigkeit der abgeschiedenen Schichten, was nun gelöst zu sein scheint. Andere Lösungen wie Sandwich-Technik oder die Mischung von verschleißfesten und zähen Gefügen haben sich nicht auf breiter Ebene durchgesetzt.

Es fehlt auch weiterhin nicht an Versuchen, die bisher üblichen Wolframkarbide durch Karbide anderer Elemente, zum Beispiel Zr, Nb, Hf, Cr, V zu ersetzen, und es ist trotz der bisher relativ geringen Erfolge durchaus denkbar, dass durch neue Sinterverfahren hier neue Möglichkeiten entstehen.

Besonders zähe und zur Kaltverfestigung neigende Werkstoffe wie sie zum Beispiel die hochwarmfesten Ni-Legierungen (Nimonic, René, Inconel usw.) darstellen, sind vielfach nicht mit Hartmetall, sondern nur mit Schnellarbeitsstahl zu bearbeiten. Auch zahlreiche Bearbeitungsvorgänge an herkömmlichen Werkstoffen (Bohren, Gewindeschneiden, Formeinstechen usw.) werden noch mit Schnellarbeitsstahl vorgenommen, weil in bezug auf die Zähigkeit (Bruchempfindlichkeit) dieser immer noch dem Hartmetall überlegen ist.

Der Schneidstoff Schnellarbeitsstahl hat heute neben Hartmetall noch seine volle Existenzberechtigung und es

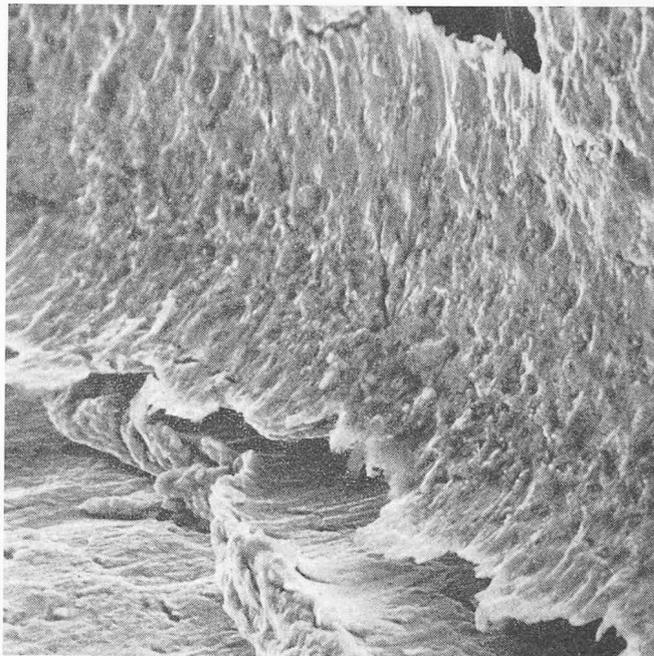


Bild 8. Ausschnitt aus Bild 7. Vergrößerung 950fach

fehlt auch hier nicht an Versuchen, seine Leistungsfähigkeit und universelle Verwendbarkeit zu erhöhen.

Durch besondere metallurgische Methoden (Schmelz-, Sinter- und Legierungstechnik) sowie durch geeignete Wärmebehandlungen sollen hohe Warmverschleißfestigkeit, das bedeutet hohe Schnittgeschwindigkeiten, verbunden mit genügender Zähigkeit erreicht werden. Härten von 72 HRC sind heute bei ausreichender Bruchfestigkeit möglich [7]. Trotzdem konnte die Lücke zwischen Schnellarbeitsstahl und Hartmetall bis heute in befriedigender Weise nicht geschlossen werden.

- a) durch die bestgeeignete Gefügestruktur
- b) durch eine möglichst günstige Verteilung der Gefügebestandteile
- c) durch zusätzliche, gezielt eingebrachte Verunreinigungen

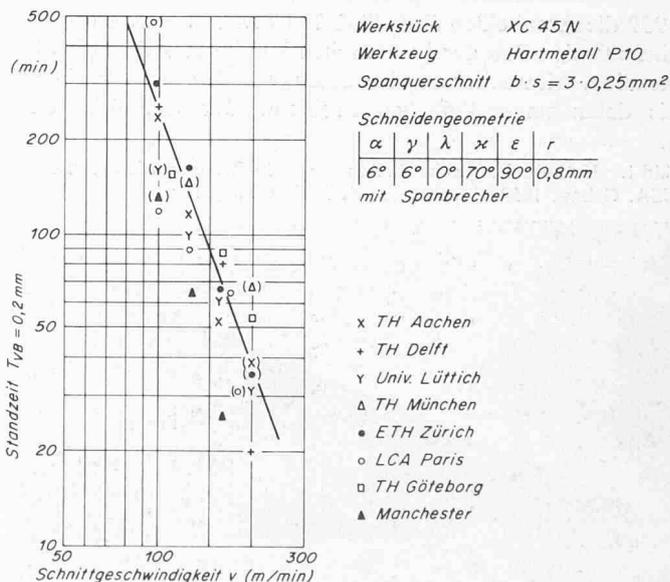


Bild 9. Streuung der Standzeitwerte einer im Rahmen der OECD durchgeführten Gemeinschaftsuntersuchung nach [6]

- d) durch besondere Erschmelzungsverfahren
 e) durch genauere Chargenkontrolle
 die Streuungen im Zerspanungsverhalten zu verringern und dieses insgesamt zu verbessern.

Die Zuverlässigkeit, Schnelligkeit und Genauigkeit des Zerspanungsablaufes, die in der zunehmend automatisierten Fertigung von ausschlaggebender wirtschaftlicher Bedeutung sind, wird in sehr starkem Masse davon abhängen, ob es gelingt, den Zerspanungsvorgang möglichst genau zu erfassen.

Das durch die Forschung zu bearbeitende Gebiet ist aber so weit, dass jedes Forschungsinstitut allein nur ein kleines Teilgebiet bewältigen kann. Hier sind jedoch in der internationalen Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Forschungsinstituten in den letzten zehn Jahren erfreuliche Fortschritte erzielt worden, vor allem angeregt und ausgeführt durch das CIRP, in dem heute zahlreiche Laboratorien auf der ganzen Welt zusammenarbeiten. Nur auf dieser Grundlage ist heute noch ein Überblick über das Gesamtgebiet zu erhalten.

Literaturverzeichnis

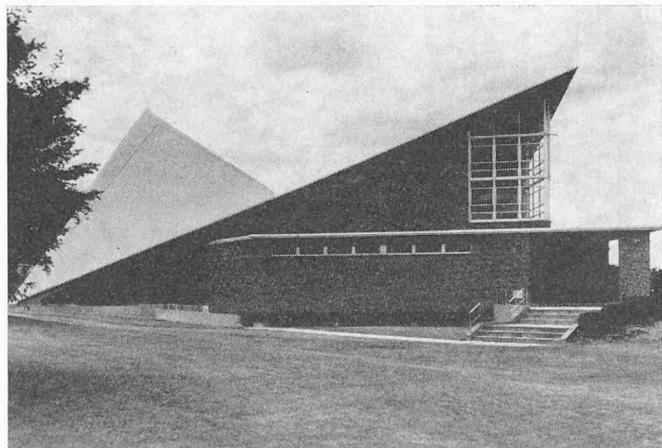
- [1] *W. König*: Der Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf die Zerspanbarkeit von unlegierten Baustählen, Teil 1. «Industrie-anzeiger» 87 (1965), S. 61—67.
- [2] *W. König*: Der Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf die Zerspanbarkeit von unlegierten Baustählen, Teil 2. «Industrie-anzeiger» 87 (1965), S. 131—136.
- [3] *W. König*: Der Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf die Zerspanbarkeit von unlegierten Baustählen, Teil 3. «Industrie-anzeiger» 87 (1965), S. 165—170.
- [4] *G. Vieregge*: Zerspanung der Eisenwerkstoffe. Düsseldorf 1959, Verlag Stahleisen mbH.
- [5] *F. Betz*: Untersuchung des Spanflächen-Freilflächen-Überganges an Spannungswerkzeugen mit bestimmter Schneidenform. CIRP-Annalen Vol. XVII, 1969, S. 201—215.
- [6] *H. Opitz*: Proceedings of the OECD-seminar on metal cutting, Paris, 1.—2. Sept. 1966. Publications de l'OCDE, Nr. 22 285, Paris 1967, S. 194.
- [7] *J. S. Spitzig*: Amerikanische Werkzeugstoffe. «Werkstatt und Betrieb» 102 (1969), H. 1, S. 13—16.

Adresse der Verfasser: Prof. *E. Mathias*, dipl. Ing., und *F. Betz*, dipl. Ing., Institut für Werkzeugmaschinenbau und Fertigungstechnik der ETH, Leonhardstrasse 33, 8006 Zürich.

Umschau

Kunststoffisolierung für ein Kirchendach. Als im Jahre 1959 die Architekten *Scibelli & Tully Inc.*, Melrose, Massachusetts, den Bau der katholischen Kirche St. Athanasius in Reading, Massachusetts, begannen, standen sie vor einem bis dahin ungewöhnlichen Problem. Der Grundriss des

Bild 1. Katholische Kirche St. Athanasius in Reading, Massachusetts, USA. Gebaut 1959. Architekten: Scibelli & Tully Inc.



Gebäudes weist die Form eines gestreckten Dreiecks auf. Zur damaligen Zeit galt das Dach dieser Kirche als das grösste, welches in seiner besonderen Form gebaut wurde. Es handelt sich um ein sattelartiges Schalendach aus Stahlbeton, welches nur an zwei Stellen gestützt ist, Bild 1. Besondere Schwierigkeiten bereiteten die ausserordentlichen Witterungsverhältnisse der Region. Im Sommer erreichen dort die Temperaturen oft 49 °C und im Winter können sie bis auf —26 °C sinken. Unter diesen Umständen schied die Verwendung herkömmlicher Dacheindeckmaterialien aus, nicht zuletzt wegen den komplizierten Dachkrümmungen. Man entschloss sich, das damals noch neue Beschichtungssystem mit den Synthesekautschuken *Neoprene* und *Hypalon* anzuwenden. Vor Beschichtung des Daches wurde auf die geglättete Betonoberfläche eine Neoprene-Grundierung aufgetragen; dann folgten zwei Schichten Neoprene, die aufgerollt wurden. Zum Schluss wurden zwei Schichten des weissen Kunststoffes Hypalon aufgebracht. Es ergab sich eine leichte nahtlose Membrane, die sich den thermischen Bewegungen des Daches anpasst, und die gut auf dem Beton haftet. Der Dachbelag ist schwer entflammbar. Die Form des Daches und die glatte Schicht bewirken, dass selbst bei anhaltenden Schneefällen im Winter der Schnee vom Dach gleitet und somit keine grösseren Auflasten entstehen. Nach zehn Jahren befindet sich diese Eindeckung noch in einwandfreiem Zustand.

DK 621.315.616:695:726.5

Kinderspielplätze. Der Architekt Mayer Spivack erhielt den Auftrag, in einem alten, vorwiegend von Arbeitern italienischer Abkunft bewohnten Stadtviertel von Boston (USA) einen Kinder-Spielplatz anzulegen. Die dafür zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel waren sehr gering. Man hatte zudem die Erfahrung gemacht, dass in solchem Milieu die Ausstattung der Spielplätze recht bald und zum Teil mutwillig zerstört wurde. Der Architekt erkannte, dass der Spielplatz nur dann seine Aufgabe erfüllen konnte, wenn er nach den Wünschen der Kinder und mit deren Hilfe gestaltet würde. Die Stadt stellte das Einfriedigungsmaterial, ebnete den Platz und sorgte für sanitäre Einrichtungen, während der Architekt für die Ausstattung ausgediente Eisenbahnschwellen, Telephonstangen, Kabelrollen und mehrere Ladungen Holzabfälle beschaffte. Während eines Sommers bauten sich die Kinder mit diesem Material ihre eigene Welt. Der Architekt beobachtete, dass die Kinder froh und stolz arbeiteten und sich für die Ausstattung des Spielplatzes auch verantwortlich fühlten. «Arbeit und Platz gehörten ihnen und sie waren während dieser Zeit gleichberechtigte Partner der Erwachsenen.» Alles Material wurde von den Kindern verbaut und der Architekt beschloss, den Spielplatz in dieser Form zu belassen. Die Eltern der Kinder, die Anwohner des Spielplatzes, befürchteten jedoch, dieser «wilde» Platz würde ihr Ansehen und das des Stadtviertels schmälern und wünschten einen Spielplatz mit «gepflegter» Ausstattung. Zur Überraschung des Architekten war der Platz eines Montagmorgens völlig leer geräumt. Bald darauf stattete die Stadt den Platz mit herkömmlichem Spielzeug aus. Nach einigen Tagen der Benutzung konnte man wieder Anzeichen mutwilliger Zerstörung beobachten und bald sah der Spielplatz wie ein Abfallhaufen aus. Diese auch für andere Bauaufgaben wegweisenden Beobachtungen entnehmen wir der Zeitschrift «Landscape Architecture» (1500 Bardstown Road, Louisville Ky 40205, USA) vom Juli 1969.

DK 725.893

Neues Instrumenten-Landesystem (ILS). Britische Flughäfen werden als erste ein neues Instrumenten-Landesystem benutzen, das grössere Genauigkeit und vollständige Stö-