

Untersuchungen zur Entstehung der Schnittflächenrauheit bei der spanenden Bearbeitung

Doctoral Thesis

Author(s):

Betz, Frithjof

Publication date:

1971

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000270974>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Untersuchungen zur Entstehung der Schnittflächenrauheit bei der spanenden Bearbeitung

Abhandlung
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der technischen Wissenschaften der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von

Frithjof Betz

Dipl.-Ing. TH Darmstadt

geboren am 12. April 1936
deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von

Prof. E. Matthias, Referent

Prof. Dr. W. Epprecht, Korreferent

11. Zusammenfassung

Beim Feindreihen läßt sich praktisch nie die theoretische Querrauheit, wie sie aus Vorschub und Eckenradius kalkuliert werden kann, erreichen. Ein Grund dafür ist die in Schnittrichtung entstehende Oberflächenrauheit, die sogenannte Schnittflächenrauheit.

Anhand stark vergrößerter Oberflächenahmen konnte nachgewiesen werden, daß feingedrehte Oberflächen auch bei Schnittgeschwindigkeiten, die teilweise weit über dem traditionellen Aufbauschneidenbereich liegen, in Schnittrichtung nicht glatt werden, sondern eine mehr oder weniger ausgeprägte Rauheit, teilweise in Form von Schuppen aufweisen.

Im vorliegenden Bericht wurde versucht, den Mechanismus der Entstehung dieser Schnittflächenrauheit für den einfachen Orthogonalschnitt genauer zu erklären. Dabei wurden als maßgebliche Einflußgrößen die Mikrogestalt der Werkzeugschneide (Schartigkeit und Schneidkantenverrundung), die Schnittgeschwindigkeit und der bearbeitete Werkstoff variiert.

Im einzelnen gelangten die Werkstoffe: Vergütungsstahl XC 45 N, Automatenstahl 9 SMnPb 28 sowie je eine Aluminiumlegierung AlMgSi mit und ohne Zusatz von Blei zur Ausprobe. Es wurden Schneidkantenverrundungen zwischen 1 und 170 μm an drei verschiedenen Hartmetallqualitäten in zwei verschiedenen Schleifzuständen geprüft. Zum Vergleich wurden auch extrem scharfe Saphir- und Diamantschneiden eingesetzt.

Alle Versuche wurden im Schnittgeschwindigkeitsbereich zwischen 20 und 200 m/min ohne Kühlmittel gefahren.

Immer wieder hat sich gezeigt, daß der komplizierte Vorgang der Schnittflächenentstehung ganz allgemein in mehrere Abschnitte aufgeteilt werden muß, die nacheinander durchlaufen werden. Die Feingestalt der schließlich entstehenden Schnittfläche wird in allen durchlaufenen Einzelphasen mitbestimmt.

Im einfachsten Falle entsteht die Schnittfläche dadurch, daß das anströmende Werkstoffgefüge zunächst vor der Werkzeugschneide stark verformt (gestreckt) wird und sich danach in Spanunterseite und Schnittfläche trennt.

Da aber bei praktisch allen Schnittgeschwindigkeiten zwischen 20 und 200 m/min für alle untersuchten Werkstoffe vor der Schneide eine Stauzone nachgewiesen werden konnte, findet diese Werkstofftrennung nicht unmittelbar an der Schneidkante, sondern in einigem Abstand von ihr am Rande der Stauzone statt (Bild 62). Dabei kann die frisch entstandene Trennfläche durch zusätzliche Schervorgänge am Rande und inner-

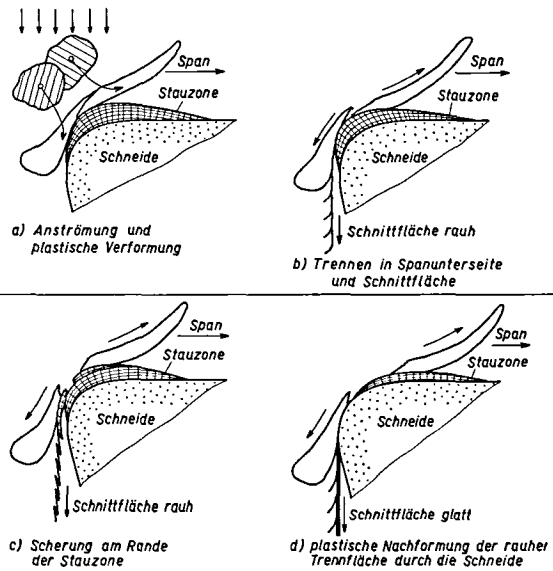


Bild 62. Die verschiedenen Stufen der Schnittflächenentstehung (schematisch).

halb der Stauzone weiter verändert werden. In beiden Fällen entstehen raue Flächen.

Läßt die Stauzone einen Teil der gerundeten Schneide frei (z. B. bei hohen Schnittgeschwindigkeiten und großen Schneidenradien), ist es schließlich möglich, daß die vorher entstandene Schnittfläche nachträglich mit der runden Schneidkante des Werkzeuges in direkte Berührung kommt und dabei einer zusätzlichen plastischen Formung unterworfen wird. Das Schartigkeitsprofil der Schneide prägt sich dann direkt in die Schnittfläche ein (Bild 62d).

Falls die dabei auftretenden Verformungs- spannungen von den Randschichten ertragen werden, wird die Schnittfläche glatt (XC 45 N, AlMgSi), wo das nicht der Fall ist, reißt sie auf beziehungsweise bleibt rau (AlMgSi + Pb, 9 SMnPb 28).

Wie nachgewiesen werden konnte, kommt in allen Fällen außer dem mechanischen Verformungsverhalten der Werkstoffe, der Lage und Ausbildungsform der Stauzone bei der Entstehung der Schnittflächenrauheit eine entscheidende Bedeutung zu.

In diesem Zusammenhang spielen der Schneidenradius, die Schnittgeschwindigkeit und der Gefügebau des bearbeiteten Werkstoffs eine wichtige Rolle. Das gilt sowohl für die mehr oder weniger gerundeten und schartigen Hartmetallschneiden als auch für die extrem scharfen und glatten Schneiden aus Saphir und Diamant.

Es gilt ebenso für alle untersuchten Werkstoffe, wobei die Einflüsse von Schneidenzustand und Schnittgeschwindigkeit auf Rauheit und Typ der entstehenden Schnittfläche bei den beiden Stahlqualitäten ausgeprägter in Erscheinung traten als bei den beiden gut verformbaren Aluminiumlegierungen.

Der Tendenz nach wiesen jedoch die Legierungen ohne Blei (XC 45 N und AlMgSi) einerseits und die beiden bleilegierten Werkstoffe (9 SMnPb 28 und AlMgSi + Pb) sehr viele Gemeinsamkeiten bei der Entstehung der Schnittflächen auf.

Vergleichsversuche haben deutlich gezeigt, daß die im kurzzeitigen orthogonalen Scheibenschnittversuch ermittelten Gesetzmäßigkeiten der Schnittflächenentstehung prinzipiell auch für das normale Längsdrehen anzuwenden sind. Allerdings können sich dann wegen der viel komplizierteren Verformungsbedingungen im Bereich der gerundeten Schneidenecke andere Relationen, besonders zur Schnittgeschwindigkeit, ergeben. Das wurde vor allem beim Vergütungsstahl XC 45 N beobachtet.

Die Schnittkraftmessungen haben schließlich ergeben, daß sich eine Vergrößerung des Schneidenradius mehr in einer Erhöhung der Abdrängkraft als der Hauptschnittkraft auswirkt, wobei die beiden bleilegierten Werkstoffe (9 SMnPb 28 und AlMgSi + Pb) den relativ stärkeren Anstieg gezeigt haben, während das allgemeine Niveau der Kräfte hier niedriger lag als bei den entsprechenden Werkstoffen ohne Blei.

12. Ausblick

Obwohl versucht wurde, zum Problem der Schnittflächenentstehung und ihrer Beeinflussung einige Antworten zu geben, müssen zahlreiche Fragen offen bleiben.

Insbesondere ist ungeklärt, inwieweit sich unterschiedliche Zerspanungstemperaturen, Schmiermittel, Zwischenschichten mit besonderen Reibungskoeffizienten (z. B. als Deckschichten auf dem Werkzeug) usw. auf den beschriebenen Mechanismus der Stauzonbildung und damit wie-

derum auf die Schnittflächenentstehung zunächst im einfachen Orthogonalschnitt auswirken.

Von praktischer Bedeutung ist auch die Frage, wie sich schließlich der im Mikrobereich stattfindende Schneidenschleiß auf den gesamten Verformungsmechanismus vor der Schneide auswirkt, und welche Änderungen der entstehenden Schnittfläche von daher zu erwarten sind.

Bei der Uebertragung der im Orthogonalschnitt gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf die verschiedenen Abspannverfahren müßten deren spezifische Besonderheiten viel genauer erfaßt werden können. So wird es beispielsweise notwendig sein, beim Längsdrehen den Verformungsmechanismus vor der Werkzeugschneide im Bereich der profilierenden Schneidenecke Punkt für Punkt zu erfassen, da sich sowohl die Wirkwinkel und die Spanungsdicke als auch die Spanabflußrichtung kontinuierlich ändern.

Die Uebertragung der bisher beim Längsdrehen bekannten Verhältnisse von der geraden Hauptschneide auf die Schneidenecke ist nicht ohne weiteres möglich.

Eine zunächst anhand der vorliegenden Versuchsergebnisse sehr naheliegende Aufgabe könnte darin bestehen, auch für das normale Längsdrehen Bedingungen zu finden, bei denen die Schnittfläche durch plastische Nachformung praktisch vollkommen geglättet wird. Wenn das gelänge, könnten dem Schleifen sehr ähnliche Oberflächentypen durch Drehen erzeugt werden, vorausgesetzt, daß die dabei entstehenden Kräfte sicher aufgenommen werden und daß sich die Geometrie der Schneidenecke entsprechend anpassen läßt.

Um zu einer einigermaßen verlässlichen Voraussage der beim doch relativ einfach überschaubaren Längsdrehen entstehenden Schnittflächenfeingestalt zu kommen, werden noch zahlreiche Versuche notwendig sein.

Für die komplizierteren Verfahren, wie Bohren, Gewindeschneiden, Formeinstechen usw., ist eine genauere Klärung der im Zusammenhang mit der Schnittflächenentstehung wirksamen Vorgänge überhaupt noch nicht abzusehen.