

Erfassung und Optimierung der Einstell- und Prozesskenngrößen in der Mikrozerspanung

ABSTRAKT

Zur Zeit wird die Mikrozerspanung noch nicht ausreichend beherrscht, weil einerseits die Erkenntnisse der konventionellen Zerspannung über Einstellgrößen nicht auf die Mikrozerspannung herunterskalierbar sind und andererseits die Werkzeugherstellerangaben über Einstellgrößen in der Regel fehlerbehaftet sind. Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Erfassung der Prozesskenngrößen, die Analyse der Arbeitsergebnisse und die sich daraus ergebende Ermittlung der optimalen Einstellgrößen für die Mikrozerspanung am Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität (LaFT) beschrieben.

EINLEITUNG

Die ultrapräzise Mikrozerspanung, vorwiegend Fräsen und Bohren von verschiedenen Mikrostrukturen, wird zur Zeit noch nicht ausreichend beherrscht. Dies liegt in erster Linie daran, dass die Erkenntnisse der konventionellen Zerspannung über Einstellgrößen (Spindeldrehzahl, Vorschubgeschwindigkeit, Arbeitseingriff etc.) nicht ohne Weiteres auf die Mikrozerspanung herunterskalierbar sind bzw. diese nicht berechnet werden können. Um unerwünschte Größeneffekte zu vermeiden, müssen die relevanten Größen messtechnisch erfasst werden. Dafür ist einerseits die Analyse des Arbeitsergebnisses und andererseits die Erfassung der Prozesskenngrößen notwendig (vgl. Tabelle 1).

Einstellgrößen		Prozesskenngrößen	Arbeitsergebnis
Drehzahl	Schnittgeschwindigkeit	Kräfte / Momente	Oberflächengüte
Schnittbreite	Vorschubgeschwindigkeit	Temperatur	Randzonenbeeinflussung
Arbeitseingriff		Leistung	Maß- und Formfehler
Vorschub		Energie	
Werkzeug		Verschleiß	
Kühlschmierung			

Tabelle 1: Einstellgrößen, Prozesskenngrößen und Arbeitsergebnis

In der Regel sind die Werkzeugherstellerangaben über Einstellgrößen für die Mikrozerspanung

leider ebenfalls aus der konventionellen Zerspanspannung herunterskaliert, also berechnet und nicht experimentell ermittelt. Die unrealistischen Werte, z.B. Drehzahlen von 500.000 min^{-1} , können die heutigen Maschinen bzw. Spindeln entweder nicht leisten oder liefern schlechte Arbeitsergebnisse bzw. führen sofort zum Werkzeugbruch.

ERFASSUNG DER PROZESSKENNGRÖßEN

Bei der Erfassung der Prozesskenngrößen während der Mikrozerspanung am LaFT liegen die Schwerpunkte beim Messen von Kräften bzw. Momenten, Temperaturen und Energien, da diese einerseits für die Optimierung der Einstellgrößen notwendig sind und andererseits sich daraus weitere Größen, wie die Leistung ableiten lassen.

Am LaFT ist ein Prototyp einer piezoelektrischen Kraftmessvorrichtung für die Mikrozerspannung (vgl. Bild 1) entwickelt worden. Diese Kraftmessvorrichtung setzt sich im Wesentlichen aus einem axial wirkenden Quarz-Kraftsensor und einer Befestigungsvorrichtung zusammen. Beides ist an die Anforderungen der Mikrozerspannung, wie z.B. hohe Eigenfrequenzen, ausgelegt worden. Die dynamische Eignung dieser Kraftmessvorrichtung wurde mittels Modalanalyse nachgewiesen. Eine ausführliche Beschreibung ist [1] und [2] zu entnehmen.

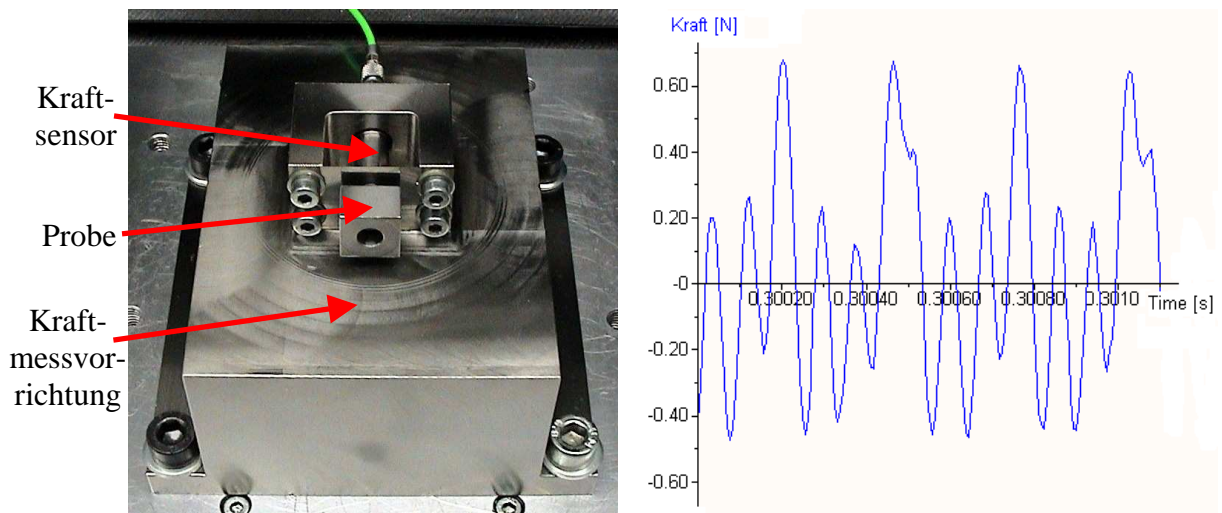


Bild 1: Kraftmessvorrichtung des LaFT und ein beispielhafter Kraftverlauf

Bei der Temperaturmessung während der Mikrozerspannung wird in erster Linie auf hochmoderne, berührungslose Messwerkzeuge zurück gegriffen. Am LaFT wird hierzu ein Zweifarben-Pyrometer [3], [4] eingesetzt, für das eine geeignete Befestigung (lineare Führungssysteme in x-, y- und z-Achse) konstruiert worden ist (vgl. Bild 2). Diese ermöglicht eine Kalibrierung des Pyrometers in der Mikrobearbeitungsmaschine und die sich daraus ergebende genaueste Ausrichtung des Pyrome-

ters auf eine Messstelle, z.B. die aus dem Werkstoff austretende Spanfläche eines Mikrofräsers. Der kleinste einstellbare Messfleck beträgt 25µm.

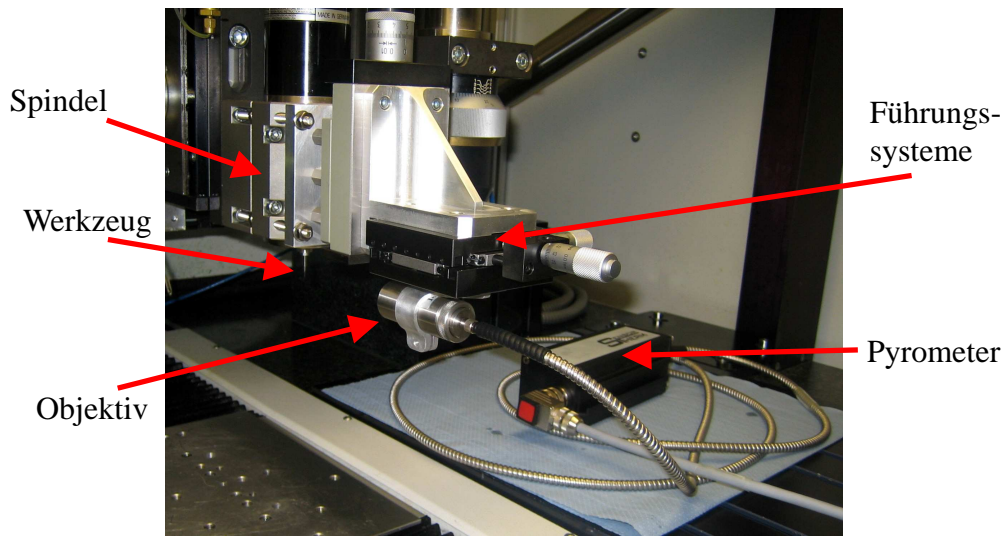


Bild 2: Temperaturmessvorrichtung des LaFT

Die Betrachtung der Wärmeströme, also der Energie bzw. Energieverteilung, während der Mikrozerspanung wird nach dem kalorimetrischen Prinzip [5] durchgeführt. Ein Kalorimeter besteht hierbei aus einem wärmeisolierten, mit Flüssigkeit (niedrige spezifische Wärmekapazität) aufgefüllten Gefäß, in dem das zu zerspanende Werkstück befestigt ist. Die Wärmeenergie, die durch den Zerspanprozess dem Werkstück, dem Werkzeug und dem Span zugeführt bzw. an die Umgebung abgegeben wird, wird an die umgebende Flüssigkeit abgegeben und die daraus resultierende Temperaturerhöhung der Flüssigkeit gemessen und so die Wärmeenergie indirekt bestimmt.

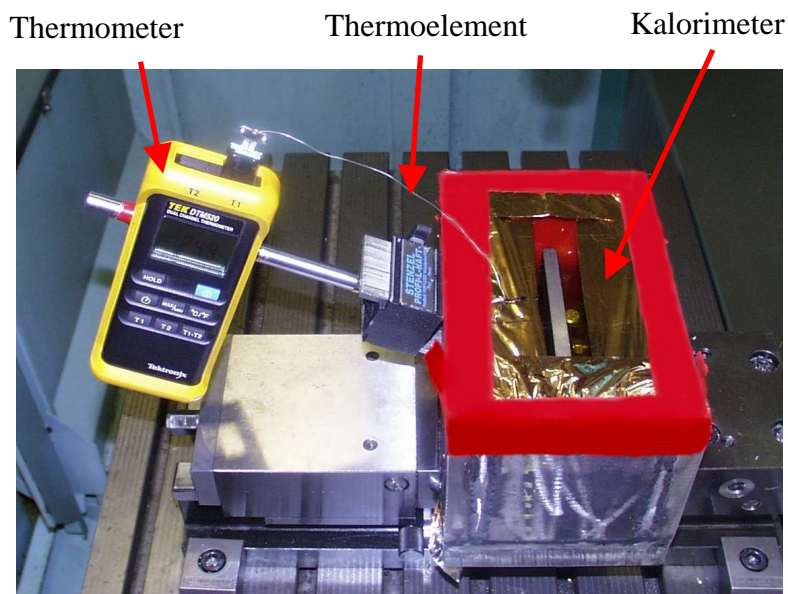


Bild 3: Kalorimetrische Energiebetrachtung am LaFT

OPTIMIERUNG DER EINSTELLKENNGRÖßEN

Durch die gewonnenen Erkenntnisse über Prozesskenngößen (Kräfte, Temperaturen, Energieverteilung etc.) und der Analyse der erzeugten Arbeitsergebnisse, vor allem der Oberflächen-güte mittels Perthometer [6], werden am LaFT die für die Mikrozerspannung optimalen Einstellgrößen bestimmt. Dies wird für die Zerspanung verschiedener Werkstoffe, wie z.B. des rostfreien Stahls 1.4301 (X5CrNi18 10), durchgeführt. Bild 4 zeigt beispielhaft einerseits den Einfluß des Arbeitseingriffs a_e auf die Oberflächenrauheit (-güte) R_a und andererseits den Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit v_f auf die Schnittkraft in Zustellrichtung F_x .

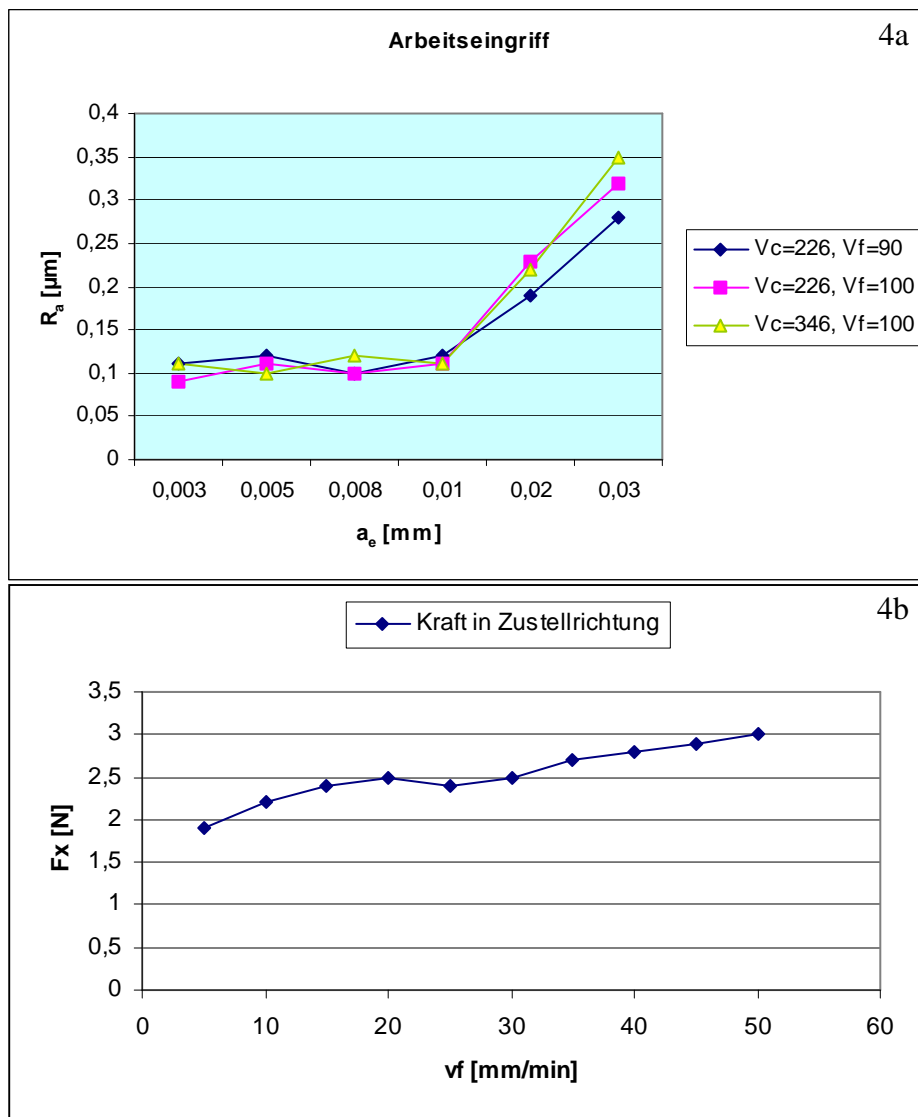


Bild 4: Ermittlung optimaler Einstellgrößen für die Mikrozerspannung

Im ersten Beispiel zeigt Bild 4a, dass beim Fräsen von Ck45 mit einen zweischneidigen Fräser ($d=0,5\text{mm}$) bei Arbeitseingriff $a_e \leq 0,01\text{mm}$ die Oberflächenrauheit (-güte) $R_a \approx 0,1\mu\text{m}$ erreicht wird und sich diese ab dem Arbeitseingriff $a_e \geq 0,01\text{mm}$ verschlechtert. Im zweiten Beispiel verdeutlicht

Bild 4b beim Fräsen von 1.4301 (X5CrNi18 10) mit einen zweischneidigen Fräser (d=0,5mm) die steigende Schnittkraft in Zustellrichtung bei steigender Vorschubgeschwindigkeit.

ZUSAMMENFASSUNG

Da die Einstellgrößen für die Mikrozerspanung nicht aus der konventionellen Zerspannung herunterskalierbar bzw. berechenbar sind und die Werkzeugherstellerangaben über Einstellgrößen teilweise unrealistisch sind, müssen die Einstellgrößen experimentell bestimmt werden. Dafür sind am LaFT geeignete Prozesskenngrößen-Messvorrichtungen konstruiert und entwickelt worden. Mittels dieser und der Analyse der erzeugten Arbeitsergebnisse werden am LaFT die für die Mikrozerspanung optimalen Einstellgrößen bestimmt.

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Wulfsberg, J. P.; Brudek, G.: Problemstellungen und ein Lösungsansatz zur Kraftmessung in der Mikrozerspanung. wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 94 (2004), H.11/12, S.625-630
- [2] Wulfsberg, J. P.; Brudek, G.: Detection of Cutting Forces in Micro Machining Operations. Proceedings of the 5th international conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (euspen), Volume 2, Montpellier 2005, S. 533-536
- [3] Eder, K.: Berührungslose Temperaturmessung an Flüssigkeiten in geschlossenen Behältern. Dissertation, Technische Universität München, 2004
- [4] Glückert, U.: Erfassung und Messung von Wärmeenergie: eine praktische Einführung in die Pyrometrie und Thermographie
- [5] Zielenkiewicz, W.; Margas, E.: Theory of calorimetry. Kluwer Verlag, Dordrecht 2002
- [6] Scherr, R.: Untersuchung zur Beurteilung und Messung technischer Oberflächen mit Hilfe des Tastschnittverfahrens. Hochschulschrift, Kaiserslautern 1986