

Die Oberflächenqualität bei der Fräsbearbeitung von PMMA

Dipl.-Ing. U. Teicher

1 Einleitung

Polymethymethacrylat (PMMA) ist ein in der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenkender Werkstoff. Als Acrylglas oder als Plexiglas findet dieser Werkstoff Anwendungen von der Werbeindustrie über die Medizintechnik bis zur Luft- und Raumfahrttechnik in sämtlichen Industriezweigen.

Die Formgebung durch spanende Verfahren wird im Allgemeinen als unkompliziert angesehen. Bei höchsten Anforderungen an die Oberflächengüte, wie sie bei repräsentativen Objekten durch optische Transparenz oder spezifische medizinische Anwendungen gefordert sind, stoßen konventionelle Techniken an ihre Grenzen.

Um dies zu erreichen sind Schlichtzyklen bis hin zur Politur bearbeiteter Flächen notwendig. Ein anderer Weg ist die Anwendung von Werkzeugen mit polykristallinem Diamant (PKD), die durch eine sehr hohe und konstante Schneidkantenqualität gekennzeichnet sind, deren Einsatz jedoch mit hohen Werkzeugkosten verbunden ist.

Ziel der Arbeiten war es, Werkzeuge aus Vollhartmetall auf Ihre Eignung zur Erzielung exzellenter Oberflächengüten zu untersuchen und grundlegende Erkenntnisse zur Zerspanbarkeit von PMMA abzuleiten /SEI-11/.

2 Versuchsbedingungen

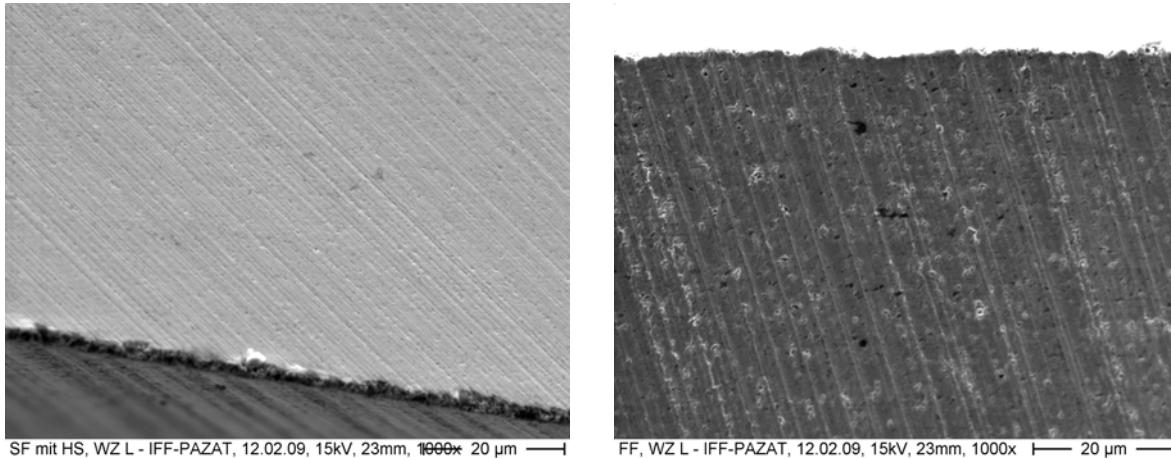
Die Untersuchungen wurden am Beispiel der Fräsbearbeitung durchgeführt, in denen technologische Einstellwerte analysiert wurden, die von industriellem Interesse sind. Als Untersuchungsgegenstand stand die Oberflächenqualität im Vordergrund., Die Zerspankräfte, die Spanformung im Vordergrund und der Werkzeugverschleiß wurden punktuell genauer betrachtet und sollen in dieser Abhandlung nicht näher analysiert werden.

Als Versuchsmaschine stand ein Bearbeitungszentrum der Firma Mikromat 4V HSC zur Verfügung. Die Werkzeuge bestanden aus einem Vollhartmetallsubstrat. Da die Oberflächenqualität bei der Bearbeitung einerseits durch die Bearbeitungskinematik und andererseits durch die Werkzeugqualität bestimmt wird, wurde die Spannutt für einen verbesserten Spanfluss poliert und der Schneidkantenradius gegenüber Standardwerkzeugen vergrößert, damit eine geringere Schartigkeit der Schneide und eine verbesserte Schneidenstabilität gewährleistet ist (Abb.1) .

Folgende Einstellbedingungen wurden zur Versuchsdurchführung gewährleistet:

Technologie:	- Zahnvorschub f_z	0,008 ... 0,32 mm
	- Schnittgeschwindigkeit v_c	100 ... 500 m/min
	- Arbeitseingriff a_e	0,3 mm
	- Schnitttiefe a_p	10 mm
	Bearbeitung im Umfangsschnitt ohne Nebenschneideneingriff	
Werkzeug:	Schafffräser aus Vollhartmetall K10 als Einschneider ($z = 1$)	
	- Werkzeugeinstellwinkel κ_r	90°
	- Werkzeugdurchmesser d_8	mm

Werkstoff: PLEXIGLAS® GS (0F00) von Evonik Industries
 - durch Kammerpolymerisation gegossen
 - Rohdichte ρ 1,19 g/cm³
 Sonstiges: Kühlschmierstoff Sentos VL-R3 mit äußerer Zuführung



a) Spanfläche und Hauptschneide b) Hauptfreifläche

Abb. 1: REM-Darstellung der Schneidkeilgeometrie

3 Ergebnisse

Technologisch kann man anhand des Zahnvorschubes am besten die Oberflächenqualität beeinflussen. Für das Erreichen eines "Transparentbereiches", der subjektiv sehr gut beurteilt werden kann, gibt es einen optimalen Bereich, der zwischen einem Vorschub pro Zahn von 0,02 bis 0,15 mm liegt (Abb. 2). Bei geringeren Werten kommt es nur zu Quetschvorgängen an der Schneide und zu keinem Trennvorgang. Zu hohe Vorschübe erzeugen die typischen Vorschubrillen.

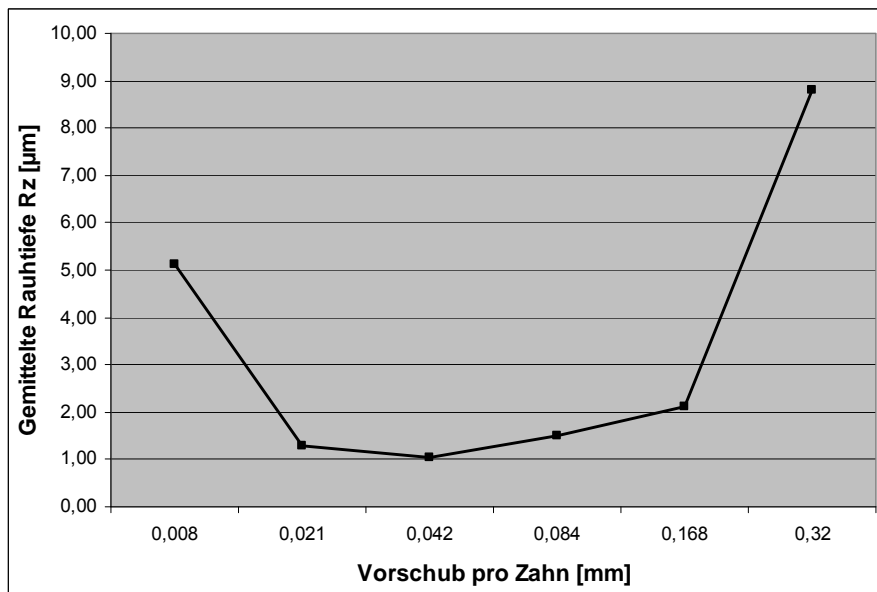


Abb. 2: Abhängigkeit der gemittelten Rautiefe R_z (entlang der Vorschubrichtung) vom Vorschub pro Zahn bei v_c 300 m/min

Dabei beeinflussen die Technologie bzw. die Schnittparameter die Rauheitswerte entlang der Vorschubrichtung, das Werkzeug bezüglich seiner Qualität die Rauheitswerte quer zur Vorschubrichtung (Abb.3).

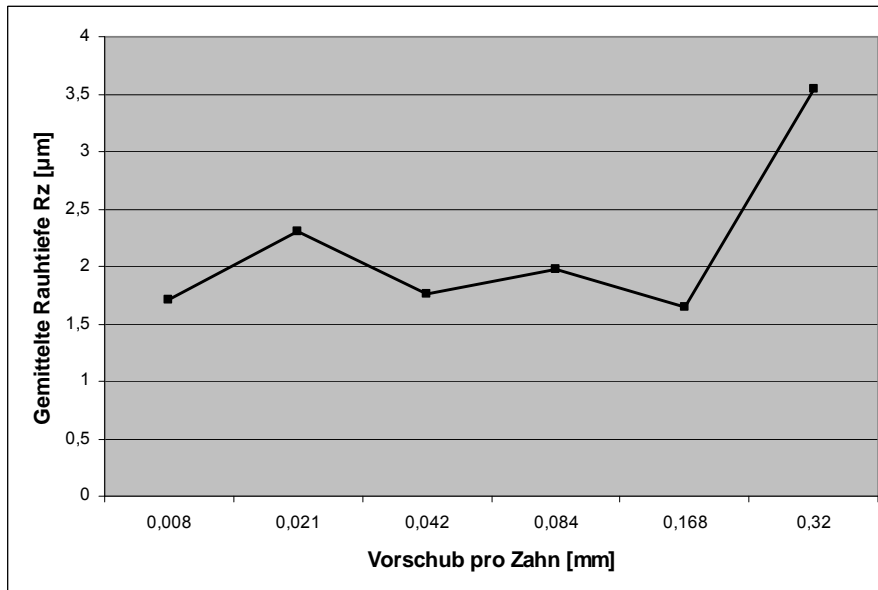


Abb. 3: Abhängigkeit der gemittelten Rautiefe R_z (quer zur Vorschubrichtung) vom Vorschub pro Zahn bei v_c 300 m/min

Typisch ist, dass bei hohen Vorschüben die Rauheitswerte in beiden Messrichtungen der Rauheit steigen, da einerseits kinematisch ein größerer Weg pro Umdrehung zurückgelegt wird (höhere Werte entlang der Vorschubrichtung) und andererseits die Zerspankräfte und -temperaturen stärker ansteigen, was sich in höheren Rauheitswerten quer zur Vorschubrichtung äußert.

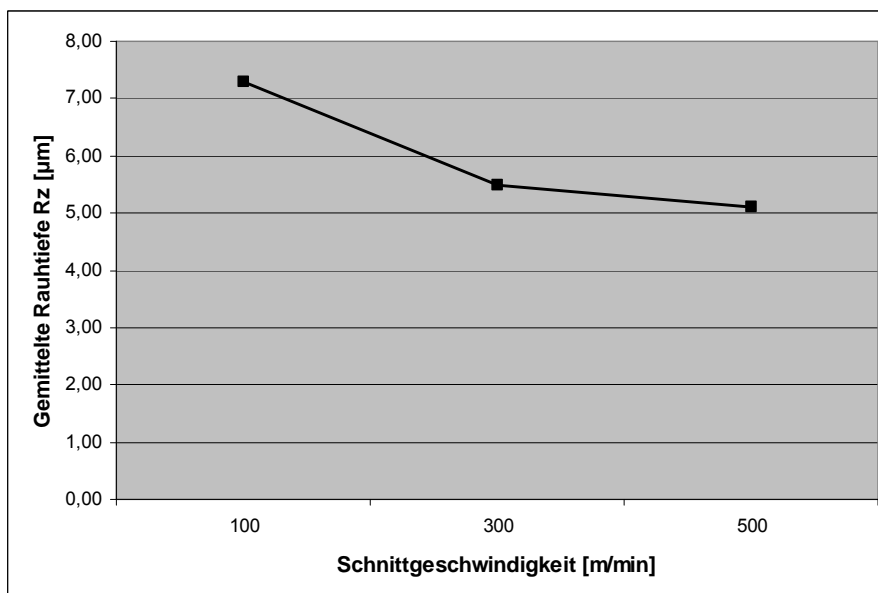


Abb. 4: Abhängigkeit der gemittelten Rautiefe R_z (quer zur Vorschubrichtung) von der Schnittgeschwindigkeit

Neben dem Zahnvorschub bestimmt die Schnittgeschwindigkeit maßgeblich die Oberflächengüte. Speziell niedrige Schnittgeschwindigkeiten im Bereich kleiner 100 m/min erzeugten verminderte Qualitäten, was sich durch wellige Strukturen entlang

der Vorschubrichtung manifestiert. Dies ist grundsätzlich auf die erhöhten Zerspankräfte zurückzuführen.

Günstige Oberflächenergebnisse wurden bei Schnittgeschwindigkeiten ab 300 m/min sicher erreicht, wobei sich die gemittelten Rautiefen bis 500 m/min nur gering verbessern (Abb. 4). Der Vergleich von Gleich- und Gegenlaufbearbeitung zeigte, dass das Gegenlauffräsen tendenziell bessere Rauheiten erzeugt, speziell bei erhöhten Vorschüben.

4 Zusammenfassung

In den Arbeiten konnte der Einfluss der Schnittgeschwindigkeit und des Zahnvorschubs auf die Oberflächenrauheit bei der Umfangsfräsbearbeitung von PMMA detailliert nachgewiesen werden. Es konnte gezeigt werden, dass es ein günstiges Feld der technologischen Einstellparameter gibt, mit denen niedrige Rauheiten realisiert werden können. Ein Zusammenhang zwischen Rauheit und subjektiv bewerteter Transparenz konnte eindeutig festgestellt werden.

Als ein entscheidender Aspekt für hohe Oberflächenqualitäten neben den Schnittwerten konnte die Hauptschneidengestalt des Werkzeuges ausgemacht werden. Die Rauheitswerte quer zur Vorschubrichtung werden dadurch direkt beeinflusst. Mikroausbrüche an der Hauptschneide führen demnach zu erhöhten Schartigkeiten entlang der Schneidkante und können typische Vorschubriefen auf einer Oberfläche erzeugen.

Literatur, eigene Arbeiten

/SEI-11/ Untersuchungen zum Einfluss der Fräsbearbeitung auf die Oberfläche von Polymethymethacrylat, Großer Beleg, TU Dresden 2011