



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Institut für
Fertigungstechnik und
Photonische Technologien



Diplomarbeit

Friction and wear reduction of cutting parts via surface patterning

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs (Dipl.-Ing. oder DI) unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Friedrich Bleicher

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christoph Lechner

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Juan Hernández Santiago

11725054

Kelsterbacher Strasse 58

60528, Frankfurt am Main, Deutschland

Wien, im Mai 2019

Juan, Hernández Santiago

Kurzfassung

Braun Rasierer zielen darauf ab, ein optimales Rasiererlebnis zu bieten, indem auf der Oberfläche einiger Schneidteile DLC-Beschichtungen aufgebracht werden. Funktionell liefern diese Beschichtungen hervorragende Ergebnisse, erhöhen jedoch die Komplexität der Lieferkette und die Produktionskosten erheblich. Aus diesem Grund ist eine gezielte Oberflächenstrukturierung als Alternative zur DLC-Beschichtung von zunehmendem Interesse, da deren Anwendung grundsätzlich das Potential besitzt die Fertigungskosten sowie den Logistik- und Fertigungsaufwand deutlich zu reduzieren.

Diese Arbeit untersucht den Einfluss von Oberflächenstrukturierung auf die tribologische Leistungsfähigkeit von Braun-Schneidsystemen. Während der Studie werden durch fotochemisches Ätzen vier Texturen erfolgreich auf der Oberfläche der Schneidteile erstellt. Die tribologischen Eigenschaften der neuen Schneidteile werden analysiert und mit unbeschichteten und DLC-beschichteten Teilen verglichen. Zur Bewertung der tribologischen Leistung werden verschiedene Testmethoden, darunter ein Stromverbrauchstest mit Last und ohne Last, verwendet.

Die Ergebnisse zeigen die hervorragende Leistungsfähigkeit der DLC-Beschichtung, welche, selbst ohne Schmierung der Teile, über die maximal getestete Zeit von 6 Stunden einen konstant niedrigen Reibungswert bietet. Nicht DLC-beschichtete Teile liefern, sofern Schmiermittel vorhanden ist, während der ersten 30 Minuten Reibungswerte von 0,6 W unter Lastbedingungen. Solche Werte sind vergleichbar mit dem Stromverbrauch von DLC-beschichteten Teilen. Ohne Schmiermittel steigt die Reibung an allen nicht DLC-beschichteten Teilen jedoch an und erreicht nach einem 6-stündigen Test einen Höchstwert von 4 W. Im Vergleich zu nicht strukturierten Oberflächen zeigen strukturierte Oberflächen hierbei eine Verbesserung des Reibungsverhaltens, wobei die Reibung nach 6 Stunden ohne Last um 29% und nach 4 Stunden unter Lastbedingungen um 21% verringert wird. Diese Werte liegen um 31% bzw. 42% über jenen der DLC-beschichteten Teile.

Stichworte: Oberflächenstrukturierung, fotochemisches Ätzen, Tribologische Leistung, Schneidteile, DLC-Beschichtung

Abstract

Braun shavers aim to provide an optimal shaving experience by introducing DLC coating on the surface of some cutting parts. Functionally, this coating provides excellent results but increases significantly the complexity of the supply chain and production costs. Surface texturing is presented as an alternative to DLC coating, reducing costs as well as logistic and manufacturing efforts.

This work investigates the influence of surface texturing on tribological performance of Braun cutting systems. During this study, four textures have been successfully created via Photochemical Machining on the surface of the cutting parts. Tribological performance of the new cutting parts is analysed and compared to non-coated and DLC coated parts. Several test methods have been used to evaluate the tribological performance, including a power consumption test with load and a test without load.

The results show the outstanding performance of DLC coating. It provides a constant low friction value along the maximum tested time of 6 hours, even when the parts are not lubricated. Non DLC coated parts provide friction values of 0,6 W under no load conditions when there is lubricant present, i.e., during the first 30 minutes running. Such values are comparable to power consumption of DLC parts. Without lubricant, friction increases on all non DLC coated parts, reaching a maximum value of 4 W after a 6 hours test. Textured parts show improvement of friction behaviour in comparison to non-textured parts, reducing friction by 29% after 6 hours under no load conditions and by 21 % after 4 hours under load conditions. Such values are respectively 31% and 42% higher than those obtained with DLC coating.

Keywords: Surface texturing, Photochemical machining, Tribological performance, Cutting parts, DLC coating

Table of Contents

Danksagung	2
Kurzfassung	3
Abstract	4
List of abbreviations	7
1. Introduction	8
2. Fundamentals and state of the art	9
2.1. Tribological contact	9
2.1.1. Main definitions.....	9
2.1.2. Lubrication regimes	10
2.2. Tribological performance.....	12
2.2.1. Surface texturing as a method to improve tribological performance	12
2.2.2. Selection of surface texturing based on the lubrication regime.....	13
2.2.3. Manufacturing methods for surface texturing.....	17
2.3. Braun Short Hair Trimmer (SHT) Cutting System	18
2.3.1. SHT types depending on Braun series	19
2.3.2. Tribological performance	19
2.4. Manufacturing process of Braun cutting parts	24
2.4.1. Process flow and chemistry of photochemical Machining.....	24
2.4.2. Cutting edge formation	31
2.4.3. Manufacturing process of SUM 6021	31
3. Objective.....	37
4. Experimental methods	38
4.1. Surface texture manufacturing by PCM	38
4.2. Assembly of SHT's	40
4.3. Test methods	40
4.3.1. Preparation of the samples.....	40
4.3.2. Power consumption	41
4.3.3. Wear.....	43
5. Results.....	44
5.1. Design of optimal surface texturing for SUM 6021	44
5.1.1. Geometrical restrictions for SUM surface texturing	44
5.1.2. Previous work on surface texturing.....	46
5.1.3. Design of surface texturing for dry-boundary regime	48
5.2. Manufacturing of surface textures using PCM.....	51

5.3. Tribological performance.....	53
5.3.1. Power consumption	54
5.3.2. Wear.....	63
6. Conclusions and outlook.....	68
List of figures.....	69
List of tables	72
Literature	73
Appendix A.....	I
A.1 Mannheim test – Experimental setup	I
A.2 Textures production. Etching parameters	II
A.3 SUM 6021 specifications.....	III