

DISS. ETH Nr. 20572

Verschleissverhalten von Diamantabrichtrollen beim Abrichten von Korund-Schleifschnecken

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTORIN DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

vorgelegt von

SHERLINE WUNDER

M. Eng. Mec. Universidade Federal de Santa Catarina

geboren am 11.08.1981

Nationalität Deutsch

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr.-Ing. K. Wegener

Prof. Dr.-Ing. W. Thyssen

Prof. Dr.-Ing. W. Weingaertner

Dr. F. Kuster

2012

Abstract

Recent industrial metal-cutting manufacturing has the permanent task to improve processes in a way to reduce cutting- and machining times combined with lower tolerances which have to be realized on the workpieces. This complex combination of tasks can only be solved when all elements of the process-chain are ideally adjusted. During the grinding-process machine, tools, process-parameters and the basic material have to be taken into account on one hand. On the other hand the dressing-process itself has to be considered as an essential requirement for a well operating system. Failures in the profile of the dressing-tool or low quantity of active diamond cutting-edges are directly transferred onto the workpiece via ceramic wheel, in terms of failures in profile or inadequate surface-finish appearing in different roughness. Due to this, it is highly important to know as much as possible about the combination of wear behaviour, production of dressing-tools and the dressing-process itself, as well as to steer the production and the connected process in an optimum. Within this activity the most important wearmechanisms on diamondtools were identified and as far as possible investigated separately. A rapid wear test and a technique for investigating cutting- and wear-behaviour of diamond dressing tools were developed. The engineered teststand lends itself either for the grinding- as well as for the dressing-process. In this case the grinding-process was chosen to fill the pores of ceramic grindingworms with metalchips from a gear steel, what also happens under industrial circumstances. It was supposed that these chips are eligible for the reduction of lifetime of the diamond dressing-tools. To measure this potential loading-up of the ceramic grinding wheel a sensor was designed, based on bibliographical references. The dressing-process was carried out with different rotating dressing-tools. Micro- and macro-abrasion on the dressing-tool were determined exactly by appropriate measuring technology. For the analysis of microabrasion a method was developed using an imprint method creating a highly precise replica of the investigated diamonds and tool-surface. An image data processing for evaluation and calculation of the replicas was developed too. Every single analysed diamond-tool was characterized according to its number of process-active diamonds, grit protrusion and percentage contact area, measuring the force progression during dressing with these diamond-tools, to create a force scheme. Another relevant modeling factor -for the kinematic of the diamonds penetrating the ceramic wheel- is the equivalent chipping thickness ($h_{cu\ eq}$). An additional model describes the loss of active cutting edges of diamonds during the dressing process. The combination of the teststand with the developed force- and wearmodel enables the toolproducer to test his tools efficiently with optimized costs, to find out about the direct influences of diamond-concentration on the tool, grain protrusion and percentage contact areas in combination

with the composition used for producing the ceramic wheel. The results of this short-time-checking-method were then reviewed on a gear grinding machine.

Kurzfassung

Die moderne industrielle spanende Fertigung hat die permanente Aufgabe die Prozesse zu verbessern, um kürzere Prozess- und Bearbeitungszeiten aber auch immer engere Toleranzen an den Werkstücken zu erreichen. Diese schwierige Aufgabenkombination kann nur gelöst werden, wenn alle Elemente in der Prozesskette optimal abgestimmt werden. Beim Schleifprozess zählen einerseits die Maschine, die Werkzeuge, die Prozessparameter und andererseits der Werkstoff der Werkstücke und ebenfalls der Abrichtprozess zu den wesentlichen Voraussetzungen für ein funktionierendes System. Profilfehler am Abrichtwerkzeug oder eine zu geringe Anzahl aktiver Körner übertragen sich direkt in Form von Profilfehlern bzw. einer zu rauen Werkstückoberfläche via Schleifscheibe auf das Werkstück. Es ist deshalb sehr wichtig, die Herstellung und das Verschleissverhalten von Abrichtwerkzeugen, sowie den Abrichtprozess zu beherrschen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die wichtigsten Verschleissmechanismen von Diamantabrichtwerkzeugen identifiziert und nach Möglichkeit voneinander isoliert untersucht. Ein Schnellverschleisstest und eine Methode zur Untersuchung des Schneid- und Verschleissverhaltens von Abrichtwerkzeugen wurden entwickelt. Der entwickelte Prüfstand eignet sich sowohl für den Schleif- als auch den Abrichtprozess. Der Schleifprozess wurde durchgeführt, um die Poren der Schleifscheiben mit Metallspänen zu füllen, so wie dies in der industriellen Produktion auch geschehen kann, da vermutet wurde, dass Metallspäne in der Schleifscheibe die Standzeit des Diamantabrichtwerkzeugs beeinträchtigen. Um die Zusetzung der Schleifscheibe mit Metallspänen messen zu können, wurde ein Sensor basierend auf Literaturangaben entwickelt. Der Abrichtprozess wurde mit unterschiedlichen rotierenden Abrichtwerkzeugen durchgeführt. Mikro- und Makroverschleiss am Abrichtwerkzeug wurden dabei exakt messtechnisch erfasst. Für die Mikroverschleissanalyse wurde eine Methode mittels Abdruck- und inversem Abbildungsverfahren, sowie zugehöriger Bildverarbeitung entwickelt. Der Makroverschleiss wurde mit einem industriell üblichen Messverfahren ausgewertet. Jedes untersuchte Abrichtwerkzeug wurde bezüglich Anzahl aktiver Körner, Kornüberstand und Traganteil genau charakterisiert und der Kraftverlauf beim Abrichten mit Naturdiamantwerkzeugen mitgemessen, um ein Kraftmodell erstellen zu können. Als weitere wichtige Modellierungsgrösse für die Korneingriffskinematik wurde die äquivalente Spannungsdicke ($h_{cu\ eq}$) herangezogen. Ein weiteres Modell beschreibt den Verschleissprozess der aktiven Flächen an Naturdiamanten im Abrichtprozess. Der Prüfstand in Verbindung mit der Verwendung des entwickelten Kraft- und Verschleissmodells ermöglicht ein Werkzeug direkt beim Werkzeughersteller schnell und kostengünstig zu testen, um die Standzeit und direkte Auswirkungen von Herstellungsparametern wie Belegungsdichte, Kornüberstand, Konditionierungsgrad und Schleifscheibenmaterial auf die Qualität zu verifizieren. Zur Überprüfung des

Schnellverschleisstests wurden Referenzversuche auf einer Zahnradschleifmaschine durchgeführt.