

Diss. ETH No. 20835

On-Machine Wire Electrical Discharge Dressing of Metal Bonded Grinding Wheels

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
Eduardo Weingärtner
M. Eng. Mec. UFSC

Date of birth
08th January 1978

citizen of
Brazil

accepted on the recommendation of

Prof. Dr.-Ing. Konrad Wegener

Dr. sc. techn. Friedrich Kuster

Dipl. El. Ing. ETH Marco Boccadoro

2013

Abstract

Metal bonded diamond wheels, due to their strong grain retention, wear resistance and thermal conductivity are frequently used for grinding difficult-to-cut materials, such as advanced ceramics. On the other hand, the poor dressability of this type of grinding wheel limits its application. This study aims to evaluate the use of wire electrical discharge machining for truing and dressing metal bonded grinding wheels. In electrical discharge dressing (EDD), grain protrusion is generated while the electrically conductive bond material is eroded. Aiming to evaluate this dressing process, a wire electrical discharge dressing unit was designed, manufactured and integrated into a universal cylindrical grinding machine. Grinding oil is used for both dressing and grinding processes. High dressing material removal rates were achieved. Cylindrical plunge grinding tests on silicon nitride workpieces indicated that, in comparison to conventionally dressed wheels, lower cutting forces and wheel wear (higher G-ratio) are achieved by using ED-dressed grinding wheels, since ED-dressing creates grinding wheels with higher grain protrusion. To improve dressing accuracy a special wire guide was developed. It guides the wire directly at the erosion zone and is responsible for delivering dielectric to the erosion process. In comparison to free-stretched wires, considerably better dressing accuracy and erosion material removal rates were achieved. It was also found that better dressing accuracy is achieved when small depth of dressing cuts and constant axial dressing feed rates are applied in WED-sharpening. A thermal model was proposed aiming to help understand the erosion process and minimize the amount of time-consuming experiments necessary to generate suitable dressing data. The model is used to simulate the shape and volume of craters generated by single discharges. As a result, erosion material removal rates can be predicted, WEDM at high relative speeds can be better understood and even diamond graphitization can be analyzed.

Keywords: Electrical Discharge Dressing; Grinding; Diamond Wheels; Metal Bond; Ceramics

Kurzfassung

Aufgrund der festen Anbindung des Kornes, der Verschleissbeständigkeit und der guten Wärmeleitfähigkeit werden metallisch gebundene Diamant-Schleifscheiben bevorzugt für die Bearbeitung von schwerzerspanbaren Materialien, wie Hochleistungskeramiken eingesetzt. Andererseits, wird ihre Anwendung durch die schlechte Abrichtbarkeit begrenzt. Das Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung von Drahterosion als Alternativprozess für das Abrichten von metallisch gebundenen Diamant-Schleifscheiben. Beim funkenerosiven Abrichten (EDD) wird der Kornüberstand durch die Erosion der elektrisch leitfähigen Bindung erzeugt. Um diesen Abrichtprozess untersuchen zu können, wurde eine funkenerosive Abrichteinheit entwickelt und gefertigt, welche in eine universelle Rundschleifmaschine integriert wurde. Schleiföl wird als Kühlschmiermittel beim Schleifen und auch als Dielektrikum beim Erodieren angewendet. Hohe Erosionsabtragsleistungen konnten erreicht werden. Die Ergebnisse beim Schleifen von Siliziumnitrid zeigen auf, dass durch die Anwendung von funkenerosiv abgerichteten Schleifscheiben kleinere Prozesskräfte und höhere Verschleissverhältnisse (G-Wert) erzielt werden können. Dies wird den höheren Kornüberständen und damit geringeren Reibkräften zugeschrieben, die durch die Funkenerosion im Vergleich zu konventionellen Abrichtprozessen erzeugt werden. Um die Abrichtgenauigkeit zu verbessern, wurde eine spezielle Drahtführung entwickelt, welche den Draht direkt an die Erosionsstelle führt und welche auch für die Zuführung des Dielektrikums verantwortlich ist. Eine bessere Abrichtgenauigkeit und Erosionsabtragsleistung wurden im Vergleich zum Abrichten mit frei gespannten Drähten erreicht. Ausserdem konnte gezeigt werden, dass die Abrichtgenauigkeit grösser wird, wenn beim EDM-Schärfen eine geringere Abrichtzustellung und eine konstante Drahtvorschubgeschwindigkeit eingesetzt wird. Ein thermoelektrisches Modell wurde entwickelt mit dem Ziel den Abrichtprozess besser verstehen zu können und gleichzeitig die Anzahl von zeitintensiven Versuchen zu minimieren. Das Modell wird benutzt um die Kraterform und das Kratervolumen von Einzelfunken zu simulieren. Als Ergebnis kann die Erosionsabtragsleistung vorausgesagt, der Einfluss der Relativgeschwindigkeit auf den Erosionsprozess besser verstanden und die Graphitisierung der Diamanten analysiert werden.

Kennwörter: Funkenerosives Abrichten; Diamantschleifscheiben; Metallische Bindung