

International Conference on  
**COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING**  
Internationale Konferenz über  
**RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME**  
Zakopane, March 24-27 1992

Józef Gawlik, Krzysztof Karbowski, Czesław Nizankowski

Institut für Fertigungstechnik und Automation,  
Technische Hochschule Kraków, Polen.

DIE RECHNERUNTERSTÜTZTE IDENTIFIZIERUNG UND MODELLIERUNG  
DES VERSCHLEIßES VON SCHLEIFKÖRNER AUS DEM SINTERKORUND

Zusammenfassung. Im Vortrag wurde eine Analyse der auserwählten physikalischen Effekten des Verschleißprozesses von Schleifkörner aus dem Sinterkorund beim Hochdruckschleifen dargestellt. Es wurde ein mathematisches Modell für die Bestimmung der Zyklenzahl der Belastungsänderungen bis zum Auftreten des Ermüdungsverschleißes vorgeschlagen. Es wurde auch ein Rechnerprogramm für die Bestimmung der entsprechenden Charakteristiken des Ermüdungsverschleißes der Körner vorbereitet.

### 1. Einführung

Das Hochdruckschleifen, unter dem Druck von 450 bis 1000 daN und bei der entsprechenden großen Schleifleistung (von 25 bis 350 kW), wird für die Reinigung der hüttenkundlichen Halbfabrikaten aus den Fehler von Oberflächenschicht angewendet. Im Hochdruckschleifprozeß der korrosionsbeständigen, austenitischen Stählen werden ausschließlich die Schleifwerkzeuge mit der Harzbindung und mit dem agglomerierten Korund ausgenutzt. Nur diese Art des Schleifmittels ermöglicht das Schleifen der korrosionsbeständigen Stählen bei der Stundenproduktivität bis 120 kg/h, und bei der gleichzeitige erforderlichen Oberflächenrauheit ( $R_a = \max 60 \mu\text{m}$ ). Hergestellte in der Welt die Schleifkörne des Sinterkorunds unterscheiden sich nicht nur in der Form (Walzenforme, Quaderforme), aber auch in der chemischen Zusammensetzung (Bauxit-, Chrom-, Titan, Zirkonschleifkörne). Die Schleifprozesse mit Hochdruck werden mit den Schnittgeschwindigkeiten von 60 bis 80 m/s, bei den Langvorschub von 30 bis 60 m/min und bei den Quervorschub des Tisches der Schleifmaschine von 10 bis 35 mm/Hub.

## 2. Physikalische Effekte beim Verschleißprozeß von agglomerierten Körnern des Korundes

Der Verschleiß von von Körner des Sinterkorundes beim Hochdruckschleifen charakterisiert sich der Änderung ihres anfänglichen Gestalt und Ausmaßen zusammen mit dem Massenverlust. Es kann man zwei parallelen Verschleißformen von Schleifkörner auszeichnen:

- \* der Verschleiß, deren Prinzip wird durch den Reibungs- und Abriebprozeß ausbedingt
- \* der Bruchverschleiß des Körnes, der nach dem Überschreitung der lokalen Festigkeit oder Ermüdungsfestigkeit tritt auf.

In den Bedingungen des Hochdruckschleifens dominiert entscheidend der Festigkeitsverschleiß von Schleifkörner. Es beruht auf dem Zerbröckeln der Teichen des Schleimaterials aus der Oberflächenschichten von Körner, sowie auch auf dem ganzen ihrer Zerspringen und Ausfallen aus dem aktiven Fläche vom Schleifwerkzeug.

Die durchgeführte Untersuchunge [1] zeigten, daß im Bereich des Festigkeitsverschleißes von Schleifkörner des Sinterkorundes der Ermüdungsverschleiß dominiert. Beim Hochdruckschleifen tritt nämlich - unter dem Einfluß des hohen Schnittwiderstandes - ein Effekt der Überlagerung der großen, veränderlichen, mechanischen und termischen Spannungen auf. Resultierende Spannungen charakterisieren sich dem konstanten Zyklen der Belastung des Körnes. Neben den Pulszüge- und Pulsotangenzialespannungen treten sich in den Oberflächenschichten des Sinterkorundes die Druckspannungen bei der Vorwärmung und Zugspannungen bei der Abkühlung auf. Infolge des Abriebes der Oberflächenschichten der Körner beim Schnittprozeß wird der Gleichgewicht der Spannungen erschüttert und in der Körner folgt das Liegenbleiben allmählich steigernden sich der Zugspannungen [2].

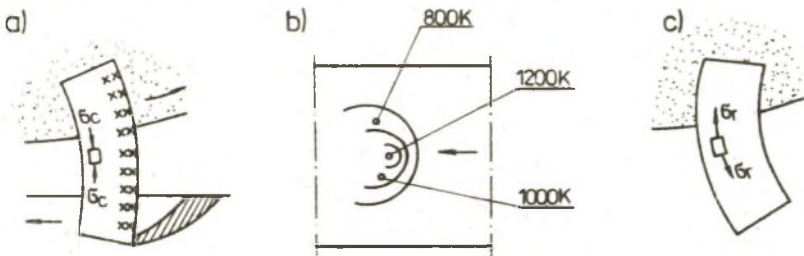


Bild 1. Eine graphische Darstellung des Wärmemüdungsverschleißes vom Sinterkorund

- a) Druckspannung beim Spanen
- b) Verteilung der Isotherme am Korn beim Spanen
- c) Zugspannung bei der Abkühlung des Körnes.

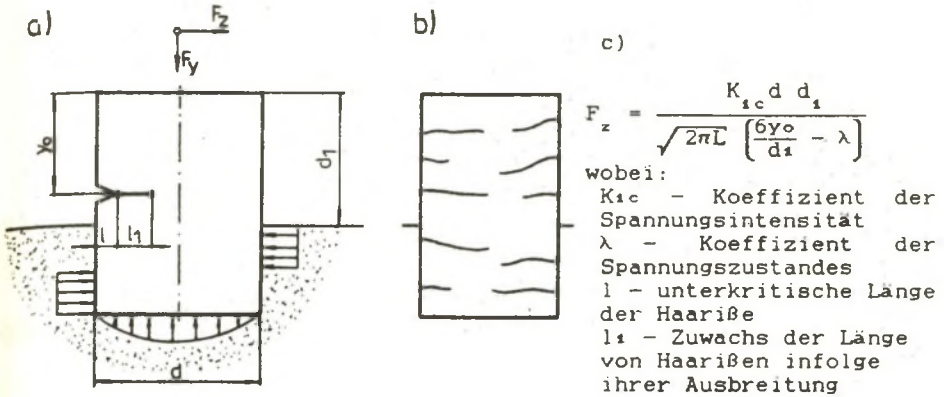


Bild 2. Eine graphische Darstellung des mechanischen Ermüdungsverleißes vom Sinterkorund  
 a) physikalischen Modell der Belastung des Körnes  
 b) dominiertes Charakter der Haarrissen im Korn  
 c) mathematisches Modell für die Bestimmung des Kräftes, die der mechanischen Ermüdungsverleiß verursacht.

Nach den dargestellten Forschungsergebnissen [2] wird der Art der Änderungen der mechanischen Festigkeit vom agglomerierten Korund durch den Verlauf des Prozesses des Bildens und der Entwicklung der Ermüdungshaarrissen bestimmt. Der Bereich der Steigerung von Spannungen im Werkstoff des Körnes wird durch den Wert des Spannung Abgegrenz, der der Ermüdungsfestigkeitsgrenze gleich ist. In der Zone unter diese Grenze können die Ermüdungshaarrisse auftreten, aber sie werden nicht ungestüm ausgebreitet. Wiederum im Raum über diese Grenze führt die Steigerung der Spannungen zu der Entstehung und der Propagation der Haarrissen. Infolge dieses Prozesses bricht der Ermüdungsverleiß, beim Wert der Spannung  $\sigma_{max}$  im Moment seines Aufwerrens auf.

Eine wesentliche Bedeutung für den Ermüdungsverleiß von Schleifkörner des Sinterkorundes haben beim Hochdruckschleifen die eigene Spannungen in der Körner, die nach den Formen- und Agglomerierenprozeß verbleiben. Infolge diesen Prozessen bildet sich der Zustand der kreisen Druckspannungen in den äußeren, dünnen Schichten des Körnes und der Zustand der kreisen Biegespannungen in der inneren Schichten des Körnes. Unter Berücksichtigung, daß die Ermüdung ist ein Oberflächenseffekt als das Resultat der Wirkung der Zugspannungen, dieser Zustand soll einer Einfluß auf die wesentliche Steigerung der Ermüdungsfestigkeit des Körnes von Sinterkorund haben. In der Tat ist diese Steigerung klein wegen der rauhen Oberfläche des Körnes. Deshalb der Zustand der eigenen Spannungen im Korn entscheidet über die auftreten den Haarrissen.

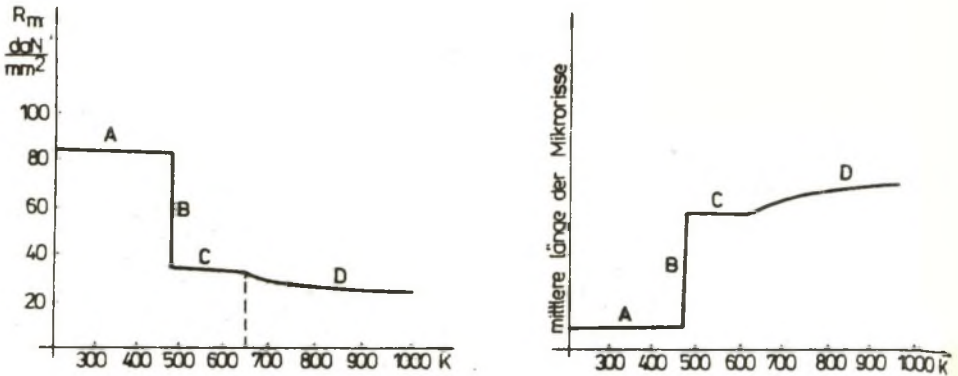


Bild 3. Allgemeines Charakter der Änderung der mechanischen Festigkeit der Körner vom Sinterkorund als Funktion der Temperatur  
 A. die Phase der konstanten Festigkeit ohne der Bildung der Haarrisen  
 B. Die Phase der sprunghichen Verminderung der Festigkeit des Körnes bei der Auftretung und Propagation der Haarrisen  
 C. Die Phase der konstanten Festigkeit des Körnes bei den subkritischen Haarrisen  
 D. Die Phase der schrittweisen Verminderung der Festigkeit des Körnes mit einer Möglichkeit des Bildens nächsten Haarrissen.

3. Mathematische Modellierung und Prognostizierung des Ermüdungsverschleißes von agglomerierten Schleifkörner

Der Ermüdungsverschleiß von agglomerierten Schleifkörner wird Moment des Auftretens der Sprungangreifen der Werkstoffkohäsion des Körnes beobachtbar. Die Änderung der Dauererschlagfestigkeit von Körnerwerkstoffeen kann man mit der Wöhlerkurve darstellen [4].

Für die quantitative Auswertung des Einflusses der Zyklenzahlen der Belastung auf dem Ermüdungsverschleiß von Schleifkörner wurde entsprechenden mathematischen Modell ausgenutzt [4]:

$$N = N_k \left[ \exp \left( \frac{\sigma_v - \sigma_{max}}{u} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

wobei:  $N_k$  - die Zyklenzahl der Belastung, im zwei Bereiche d.h. der Bereich der begrenzten Ermüdungsfestigkeit bei der typischen Belastungen und der begrenzten Ermüdungsfestigkeit beim hohen Belastungen geteilt;  
 $\sigma_v$  - Festigkeit (entsprechend: Zugfestigkeit, Druckfestigkeit u.sw. des Werkstoffskörnes).  
 $\sigma_{max}$  - maximale Spannung im Werkstoffskorn beim Schleifen,  
 $u$  - Parameter der Gleichung, das die Neugung im Koordinatensystem  $\sigma$ -lgN, Charakterisiert.

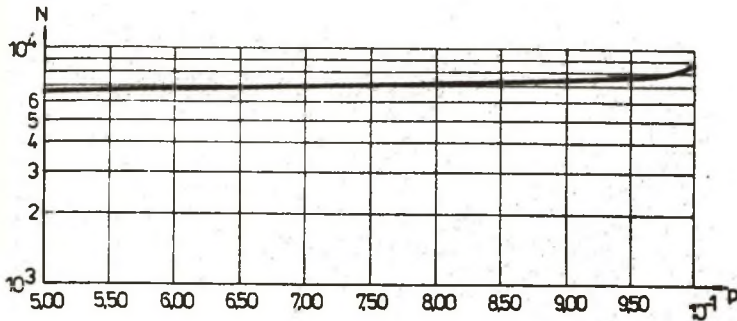


Bild 4. Ein Beispiel der Charakteristik des Ernüdungsverschleißes des Sinterkorunds bei der kleinen Standartabweichung ( $E(\sigma_v)=26$  MPa;  $E(\ln N_k)=11,7$ ;  $S(\ln N_k)=0,1$ ;  $u=1,8$  MPa;  $\sigma_{max}=25,9$  MPa)(auf der Beispiel der Versuchen bei der Schwellbeanspruchung; die Häufigkeit  $f=41$  Hz; Mittelwerte für die 50 Körner von Firma Norton, Körngröße 12).

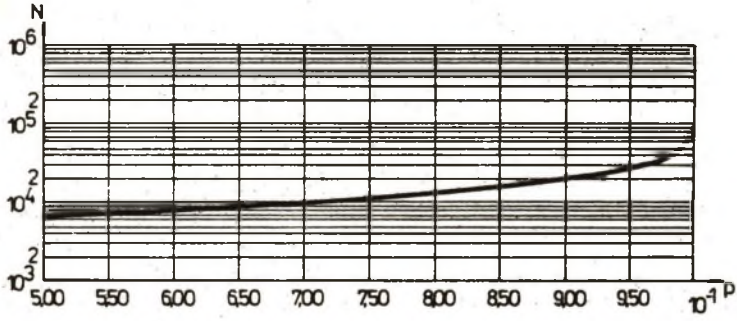


Bild 5. Ein Beispiel der Charakteristik des Ermüdungsverschleißes des Sinterkorunds bei der hohen Standartabweichung ( $E(\sigma_v)=26$  MPa;  $E(\ln N_k)=11,7$ ;  $S(\ln N_k)=0,9$ ;  $u=1,8$  MPa;  $\sigma_{max}=25,9$  MPa)(auf der Beispiel der Versuchen bei der Schwellbeanspruchung; die Häufigkeit  $f=41$  Hz; Mittelwerte für die 50 Körner von Firma Norton, Körngröße 12).

Bei der Voraussetzung, daß Parameter  $u$  für die bestimmte Menge der Körner des Sinterkorundes konstant ist, die Standartabweichung der Zyklenzahl kann man schätzen als:

$$S(\ln N_k) = \frac{S(\sigma_{max}) - S(\sigma_v)}{u} \quad (3)$$

und:

$$\ln N_{kp} = E(\ln N_k) + K_p S(\ln N_k) \quad (4)$$

wobei:  $S(\ln N_k)$ ,  $E(\ln N_k)$  - entsprechen der Standardabweichung und Erwartungswert der Größe  $\ln N_k$ ,  
 $K_p$  - Quantil der normalen Verteilung (Gaussverteilung) für die angenommene Wahrscheinlichkeitsniveau  $p$  (z.B.  $p=0,90$ ;  $0,95$  u.s.w)

Die Beispiele des Auftretens des Ermüdungverschleißes der Schleifkörner des Sinterkorundes im Bereich der hohen Spannungen (der hohen Belastungen beim Hochdruckschleifen) wurden am Bild 4 und am Bild 5 dargestellt. Grundforschungen dazu wurden in der Untersuchung an der TH Kraków durchgeführt [3].

#### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Hasselman D.P.H.: Unified Theory of Thermal Shock Fracture Initiation and Crack Propagation in Brittle Ceramics. J.Amer.Cer.Soc. 1969, t.52, nr.11, s.600-604.
- [2] Murdasov A.V., Sereda I.A.: Ocenka procnosti slifovalnogo materiala dla silovogo slifovanija. Abrazivy, 1979, nr 4, s.7-10.
- [3] Niżankowski Cz.: Ocena skrawności ziarn i narzędzi ściernych z korundu spiekanego. Praca habilit. Politechnika Krakowska 1991 (w przygotowaniu do druku)
- [4] Gawlik J.: Prognozowanie stanu zużycia ostrzy narzędzi w procesie skrawania. Monografia 66, Kraków 1988, Wyd. Politechniki Krakowskiej.

#### COMPUTER AIDED IDENTIFICATION AND MODELLING OF THE WEAR OF AGLOMERATE CORUNDUM ABRASIVE GRAINS

##### Summary

The analysis of the selected physical phenomena of agglomerate corundum abrasive grain wear in high pressure grinding process is shown in the paper. The mathematical model is proposed for the calculation of the number of cycles of load changes for abrasive grains until the fatigue strenght wear takes place, the computer program is also built for fatigue characteristic curve calculations due to the different grinding conditions.

KOMPUTEROWO WSPOMAGANA IDENTYFIKACJA I MODELOWANIE ZUZYCIA ZIARN  
SCIERNYCH Z KORUNDU SPIEKANEGO

Streszczenie

W referacie przedstawiono analizę wybranych zjawisk fizykalnych procesu zużycia ziarn ściernych z korundu spiekanego w procesie szlifowania wysokonaciskowego. Zaproponowano matematyczny model dla określenia liczby cykli zmiany obciążeń ziarn ściernych do wystąpienia wytrzymałościowego zużycia zmęczeniowego. Opracowano komputerowy program do wyznaczania odpowiednich charakterystyk zmęczeniowego zużycia ziarn w warunkach badań modelowych.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992 r.

Recenzent: Jan Darlewski