

Czesław Niżankowski

Institut für Fertigungstechnik und Automation,
Technische Universität Kraków, Polen

DIE NUMERISCHE SIMULATION DER SCHNITTIEFE UND DER BEARBEITUNGSSPURBREITE IM HOCHDRUCKSCHLEIFENPROZESS

Zusammenfassung. Im Vortrag wurde ein Simulationsmodell für die Bestimmung der Schnitttiefe und der Bearbeitungsspurbreite im Hochdruckschleifenprozeß vorgeschlagen. Es wurde auch die Ergebnisse der Simulationsexperimenten dargestellt.

1. Einführung

Hochdruckschleifen, d. h. hohe Zerspanung in kurzer Zeit. Mit diesem Schruppschleifverfahren werden in Stahlwerken Fehler auf Brammen, Knüppeln und Platinen beseitigt bzw. die Walzhaut entfernt. Die geforderten hohen Abtragsleistungen werden erreicht mit:

- hohen Anpreßkräften (von 450 bis 1000 daN)
- hohen Umfangsgeschwindigkeiten (von 60 bis 80 m/s)

Anpreßkraft beim Hochdruckschleifen wird in Abhängigkeit von der Motorleistung der Schleifmaschine aufgebracht. 50 ÷ 100 % der maximalen Motorleistung sind normale Werte [1]. Die Weiterentwicklung von Maschinen und Schleifscheiben führte zu einer nochmaligen Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit auf 100 m/s. Parallel dazu wurde auch die Anpreßkraft bis auf Spitzenwerte von 1200 daN gesteigert. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Neben der Umfangsgeschwindigkeit und der Anpreßkraft sind noch zwei Schleifparameter (Tischgeschwindigkeit, Quervorschub), die das Halbzeugschleifen beeinflussen. Die Umfagsgeschwindigkeit der Schleifscheibe und die Tischgeschwindigkeit werden normal nicht variiert [2]. Also die Anpreßkraft ist - zusammen mit dem Quervorschub - ein Parameter, der variiert wird, wenn man verschiedene Schleifresultate erreichen

will. Und hier beginnt ein Problem! Der Schleifer weiß nicht genau, welche Anreißkraft er bestimmen soll, welche Bearbeitungsspur er erhalten wird und welchen Quervorschub er aufstellen kann. Darum verwendet er an eine von zwei Schleifmethoden. Die erste Methode als „Auswählen“ genannt besteht darin, daß er nach der Berührung volle Bearbeitungsspuren auf die bestimmte Tiefe verrichtet und dann wählt er den übrigen Stoff (Bild 1a.). Diese Methode wird in den Schleifbedingungen verwendet, in welchen der Schleifer die Bedecktiefe der Fehler in der Oberschichte des Halbzeugstoffes von Fraxis kennt. Die zweite Methode als „Schlingen“ genannt besteht darin, daß er eine volle Bearbeitungsspur „auf Probe“ verrichtet und dann wenn er größere Schnitttiefe erreichen muß, verkleinert er den Quervorschub z. B. von 35 mm an 20 mm (Bild 1b.). In diesem Vortrag wurde ein Simulationmodell nur für die erste Schleifmethode vorgeschlagen.

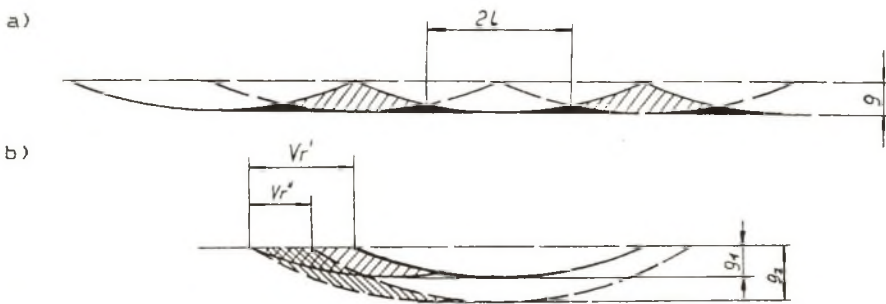


Bild 1. Aufriße der Schleifmethoden beim Hochdruckschleifen
a) Auswählen, b) Schlingen (V_r - Quervorschub)

2. Beschreibung des Simulationsmodells

Mit Rücksicht auf das Modellierungsziel wurde ein Konzeptionsmodell festgesetzt, welches strukturell ein wirkliches System des Hochdruckschleifenprozesses charakterisiert [3]. In diesem Konzeptionsmodell wurden die folgenden Grundlagen angenommen:

- * die Schleifscheibe hat die Form einer elastischen, rauhen Walze und die zu bearbeitende Fläche ist steif und glatt. Diese Voraussetzung ist möglich beim großen Unterschied zwischen den Elastizitätsmodulen der Schleifscheibe und des Werkstückes, auch bei der entsprechenden Vergrößerung (um etwa 15 %) der Rauigkeit

der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe [4].

- * die Mikrounebenheiten der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe haben dieselben Gradradiusse. Diese Voraussetzung ist zulässig weil die Sinterkörner die gleichen Formen haben,
- * der zu bearbeitende Stoff (Halbzeug) ist homogen,
- * die Eigenschaften der Schleifscheibe sind einheitlich,
- * die Schleifkörner auf der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe sind gleichmäßig ausgelegt und der anfängliche Teil der Tragkurve wird mit der folgenden Gleichung umschrieben:

$$\gamma = a \cdot \varepsilon^b$$

wo:

γ - die relative Kontaktfläche,

a, b - die Mikrogeometriekonstanten der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe,

ε - die relative Annäherung der Schleifscheibe zum Werkstück.

Diese Grundlage wurde empirisch bestätigt [3].

- * die Annäherung der Schleifscheibe zum Werkstück erfolgt von der elastischen Verformungen der Oberflächenrauigkeit der Schleifscheibe und von dem Spanenprozeß,
- * die Größe der elastischen Verformungen der Oberflächenrauigkeit ist mit dem R_m - Parameter vergleichbar,
- * die Bearbeitungsspurbreite auf der Oberfläche des Werkstückes erfolgt nur von den elastischen Verformungen der Oberflächenrauigkeit der Schleifscheibe und von dem Spanen in den letzten Bearbeitungsgängen.

Es wurde als Eingangsgröße die Anpreßkraft, das R_m - Parameter der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe und der Durchmesser der Schleifscheibe angenommen. Als Ausgangsgröße wurden die Schnitttiefe und die Bearbeitungsspurbreite angenommen. Die Übergangsfunktionen des Konzeptionsmodells wurden in den folgenden, analytischen Formen vorgeschlagen:

$$g = \frac{B_{\Delta c} \cdot n}{V_f} \cdot \left[\frac{\sqrt{r_{mn}} \cdot [1 - \sqrt{2}] \cdot R_m^b \cdot F}{0,59 \cdot a \cdot b \cdot (b-1) \cdot K_1 \cdot K_g \cdot \sqrt{R_{\Delta c}} \cdot E_{\Delta c} \cdot B_{\Delta c}} \right]^{\frac{1}{b+1}} \quad (1)$$

$$2l = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \left[\frac{\sqrt{r_{mn}} \cdot [1 - \sqrt{2}] \cdot R_{\Delta c}^{b+0.5} \cdot F \cdot R_m^b}{0,59 \cdot a \cdot b \cdot (b-1) \cdot K_1 \cdot K_g \cdot E_{\Delta c} \cdot B_{\Delta c}} \right]^{\frac{1}{2 \cdot (b+1)}} \quad (2)$$

wo:

- $B_{\Delta c}$ - Höhe der Schleifscheibe mm,
- n - Drehzahl der Schleifscheibe Umd/s,
- r_{mn} - Ersatzradius der Mikrounebenheiten der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe mm,
- ν - Poissonkonstante der Schleifscheibe,
- R_m - Rauheitsparameter der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe mm,
- F - Anpreßkraft der Schleifscheibe daN,
- V_f - Tischgeschwindigkeit mm/s,
- $R_{\Delta c}$ - Radius der Schleifscheibe mm,
- K_1, K_g - Faktoren von b abhängig [5],
- $E_{\Delta c}$ - Elastizitätsmodul der Schleifscheibe daN/mm²,

Die Implementation des Modells wurde in der Turbo Basic - Sprache mit Verwendung des Standardprogramms MathCAD vollbracht [6].

3. Verlauf der Simulationversuche und eine Analyse der Ergebnisse.

Zu den Berechnungen wurden die folgenden Größen angenommen:

$B_{\Delta c} = 76$ mm; $n = 41,7$ Umd/s; $r_{mn} = 0,4$ mm; $\nu = 0,5$; $a = 5$;
 $b = 3$; $V_f = 50$ mm/s; $K_1 = 0,12$; $K_g = 0,27$; $E_{\Delta c} = 1400$ daN/mm².

Als Eingangsvariablen:

- Anpreßkräfte 450; 600; 750; 900; 1050; 1200 daN,
- R_m - Rauheitsparameter 0.4; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4 mm,
- Radien der Schleifscheiben 205; 225; 245; 265; 285; 305 mm,

Die Ergebnisse der Berechnungen wurden direkt in der Form der graphischen Darstellungen gedruckt.

3.1. Einfluss der Anpresskraft

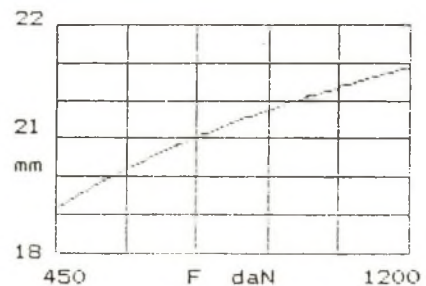
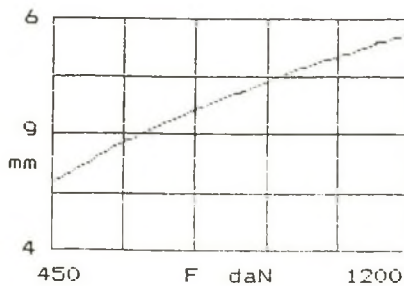


Bild 2. Theoretische Abhängigkeit der Schnitttiefe „g“ und der Bearbeitungsspurbreite „2l“ von der Anpreßkraft „F“ der Schleifscheibe (beim $R_m = 1.3 \text{ mm}$ und $R_{ac} = 305 \text{ mm}$).

Simulierte Größen wachsen bei den größeren Anpreßkräften bedeutend langsamer weil sich die relative Kontaktfläche γ vergrößert.

3.2. Einfluss des R_m - Rauheitsparameters

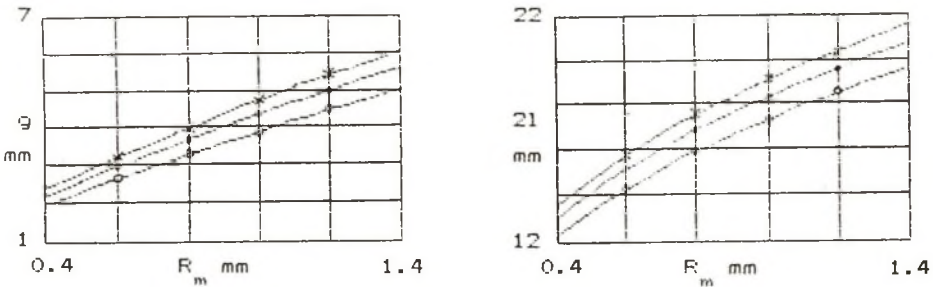


Bild 3. Theoretische Abhängigkeit der Schnitttiefe „g“ und der Bearbeitungsspurbreite „2l“ von dem R_m - Rauheitsparameter der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe (beim $F = 500 \text{ }^\circ$; 800 ^\bullet ; 1100 ^\times daN und $R_{ac} = 305 \text{ mm}$).

Bei den größeren R_m - Parametern ist der Einfluß der Anpreßkraft auf die simulierten Größen mehr wesentlich als bei den kleinen R_m - Parametern. Es ergibt sich von den größeren Möglichkeiten der Verzerrung der aktiven Oberfläche der Schleifscheibe.

3.3. Einfluss des Radiuses der Schleifscheibe

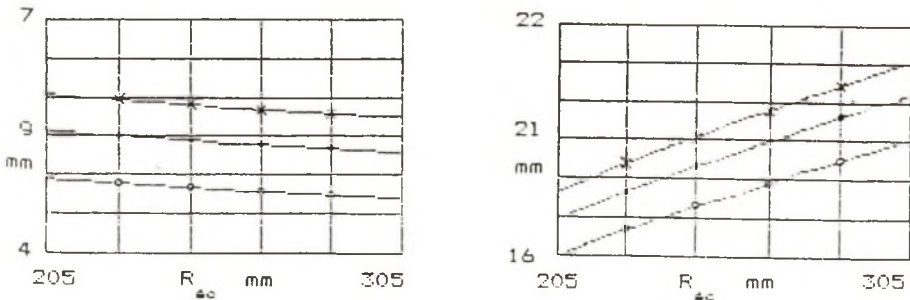


Bild 4. Theoretische Abhängigkeit der Schnitttiefe „ g “ und der Bearbeitungsspurbreite „ $2l$ “ von dem Radius „ R_{sc} “ der Schleifscheibe (beim $F = 500 \circ ; 800 \bullet ; 1100 \times$ daN und $R_m = 1.3 \text{ mm}$).

Bei den größeren Radien der Schleifscheibe ist die Schnitttiefe kleiner weil sich der Einheitsdruck in der Schleifzone vermindert. Die Bearbeitungsspurbreite vergrößert sich samt Radius der Schleifscheibe, denn die Schleifzone vergrößert sich auch.

4. Schlussfolgerungen

Die Analyse der Simulationsergebnissen führt zu den folgenden Schlußfolgerungen:

- bearbeitetes Modell erlaubt die Beschreibung der Änderungen der Schnitttiefe und der Bearbeitungsspurbreite in Abhängigkeit von elf Parametern, die Schleifprozeß und Schleifscheibe charakterisieren,
- angenommenes Modell enthält in sich keine empirischen Korrektionsfaktoren und ist richtiges in dem ganzen Bereich der annehmbaren Eingangsvariablen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Schleifen von Brammen und Knüppeln. Rapold Verlag, Wien 1990
- [2] Hochdruckschleifen. Tyrolit Verlag, Schwaz 1991
- [3] Niżankowski Cz. : Właściwości skrawne ściernic z wysokoglinowych ścierniw spiekanych. Praca habilit. Politechnika Krakowska 1994 (w przygotowaniu do druku)
- [4] Абрамов М.Д., Михин И.М.: О контактной взаимодействии шероховатого цилиндра с плоскостью. Изд. „Техника“, Киев 1976
- [5] Михин И.М.: О зависимости коэффициента трения от нагрузки при упругом контакте. Изд. „Москва“, Москва 1971
- [6] Grzyb B.: Oprogramowanie symulacyjnego modelu wyznaczenia głębokości szlifowania i szerokości śladu obróbkowego w procesie szlifowania wysokonaciskowego. Praca przejściowa. Politechnika Krakowska 1994 (opiekun pracy Cz. Niżankowski)

Gutachter: Jan Darlewski