



# Methode zur Bestimmung der 3D - Dichteverteilung in Preßkörpern

D. Sobek, G. Himpel, U. Klemm, T. Rabe\*

Technische Universität Dresden,

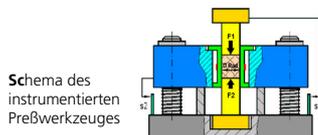
\*Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

## Grundlagen

### Instrumentiertes Verdichten

Primärgrößen:

- Oberstempelkraft  $F_1$
- Unterstempelkraft  $F_2$
- Oberstempelweg  $S_1$
- Radialspannung  $\sigma_{Rad}$



Schema des instrumentierten Preßwerkzeuges

### Bewertungssystem

#### Formkörperparameter

$\rho_G$  geometrische Dichte  
 $\sigma_{Sp}$  Spaltzugfestigkeit

#### Reibkenngrößen

$\mu$  Wandreibungskoeffizient  
 $\mu_P$  Pulverreibungskoeffizient  
 $F_R$  Reibkraft  
 $F_{RAD}$  Radialkraft  
 $F_2/F_1$  Kraftdurchgangsquotient  
 $F_A$  Ausstoßkraft  
 $\eta$  Radialspannungskoeffizient

#### Preßarbeiten

$A_1$  Theoretische Preßarbeit  
 $A_2$  Gesamtpreßarbeit  
 $A_3$  Rückdehnungsarbeit  
 $A_4$  Reibarbeit  
 $A_5$  Aufgenommene Arbeit

#### Elastische Rückdehnung

$\Delta G$  Elastische Gesamttrückdehnung  
 $\Delta l$  Rückdehnung in der Matrize  
 $\Delta A$  Rückdehnung beim bzw. nach dem Ausstoßen  
 $\Delta d$  Radiale Rückdehnung

#### Verteilungen

$\Delta \sigma$  Druckspannungsverteilung  
 $\Delta \tau$  Scherspannungsverteilung  
 $\Delta \rho$  Dichteverteilung

#### Verdichtungsdiagramme

Prinzipielle Abhängigkeiten der Meßgrößen untereinander und von der Zeit

- stick-slip-Mechanismen
- Restspannungen auf Unterstempel und an der Matrizenwand nach Entlasten
- Abreißen des Formkörpers von der Matrizenwand beim Entlasten
- Preßdruckabhängigkeit der Wirkung der Organik
- Mobilität der Organik in der Phase des Druckhaltens
- Verhältnis Haft-/Gleibung beim Ausstoßen
- Verlauf der F-s-Kurve in verschiedenen Verdichtungsstadien

## Versuchsbedingungen

### Konstante Größen

gehärtete Stahlmatrize  
Durchmesser 12,50 mm  
Preßkörperhöhe: 12,00 mm

### Material

SiC-Granulat: Premix UF15, Fa. Starck

### Variable Größen

Preßdruck: 100 MPa, 200 MPa, 300 MPa  
Matrizenzustand: mit/ohne Matrizenwand-schmierung

## Rechenmodell

### Grundlage

Routinemäßige Erfassung der Druckspannungsverteilung im Preßkörper bei max. Druck nach einem modifizierten Rechenmodell von Thompson [Am.Ceram.Soc.Bull.60(981)237-243]

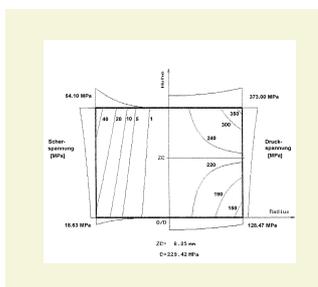
### Eingangsgrößen

Preßdruck  $p_0$   
Wandreibungskoeffizient  $\mu$   
Radialspannungskoeffizient  $\eta$   
Preßkörperlänge bei Druck  $L$   
Matrizendurchmesser  $D$

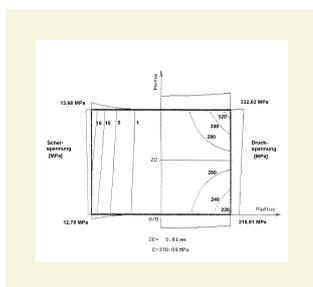
$$\sigma_D/p_0 = (2-C/p_0)r^2/R^2 \text{Exp}((-8\eta\mu L/D)(1-z/L)) + (C/p_0)(1-r^2/R^2)$$

$$C/p_0 = [1/2 + (4\eta\mu L/D)/(1-\text{Exp}(-8\eta\mu L/D))]^{-1}$$

Druck- und Scherspannungsverteilung (Beispiel:  $p_0 = 300$  MPa)



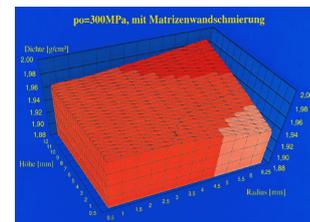
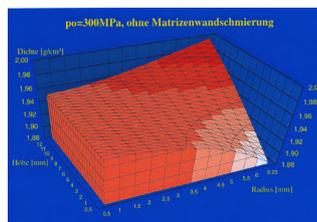
ohne Matrizenwandschmierung



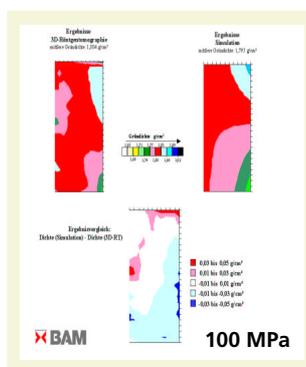
mit Matrizenwandschmierung

## Ergebnisse

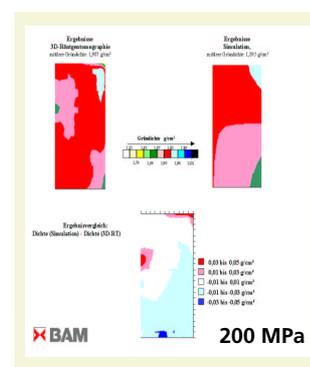
3D-Dichteverlauf im Querschnitt der rückgedehnten Probekörper



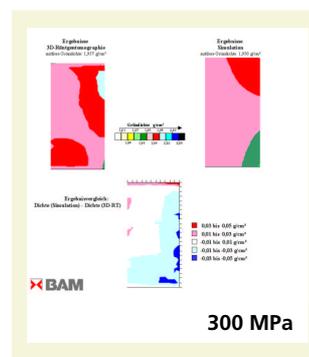
Vergleich zwischen Ergebnissen der 3D-Röntgentomographie und der Simulation auf Basis von experimentellen Werten aus dem instrumentierten Pressen



100 MPa



200 MPa



300 MPa

## Zusammenfassung

- Bestätigung der Grundannahmen des modifizierten Thompson - Modells

### Dichtegradienten:

- Abnahme der Dichte in Preßrichtung
- an der oberen Stirnfläche von außen nach innen
- an der unteren Stirnfläche von innen nach außen
- in der Zentralachse der zylindrischen Probekörper bestehen nahezu keine Dichtegradienten

- Beeinflussung der Dichtegradienten besonders durch Reibungsverhältnisse an der Matrizenwand
- Gute Übereinstimmung der Ergebnisse des kontinuierlichen Rechenmodells mit Messungen der 3D-Röntgentomographie
- Übereinstimmung der errechneten mittleren Dichte der Probekörper mit Werten aus der geometrischen Dichtebestimmung
- Praxisrelevante Erweiterung der Aussagekraft der Ergebnisse bei der Auswertung instrumentierter Preßversuche
- Berechnung der axialen und radialen Gesamttrückdehnung der Probekörper für vorgegebene Koordinaten