

Von niedrigen bis zu hohen Scherraten: NETZSCH erreicht sie alle!

Claire Strasser und Senol Gezgin

Einleitung

Die Scherrate, die für rheologische Messungen von Bedeutung ist, ist abhängig von der Anwendung. Bei schnellen Prozessen wie Sprühen, bei dem das Material schnell durch eine Öffnung durchgeführt werden muss, treten hohe Scherraten von bis zu 100.000 s^{-1} auf. Im Gegensatz dazu wird die Extrusion eines Polymers, das eine viel höhere Viskosität aufweist, mit deutlich niedrigeren Raten durchgeführt. Hier sind die Geschwindigkeiten typischerweise tausendfach niedriger. Noch geringere Scherraten werden zur Beschreibung von sehr langsamen Prozessen wie dem Nivellieren verwendet.

Rheometer-Versionen

Die Wahl des Rheometers ist abhängig von der Scherrate. Während das Kinexus als Rotationsrheometer das Gerät der Wahl für Messungen im niedrigen Scherratenbereich ist, arbeitet man mit dem Rosand-Kapillarrheometer, um höhere Scherraten von bis zu $1.000.000 \text{ s}^{-1}$ zu erreichen.

Im Folgenden wird die Viskositätskurve eines Polypropylenmaterials über nahezu 7 Dekaden ermittelt. Dazu werden sowohl das NETZSCH-Kinexus-Rotationsrheometer als auch das NETZSCH-Rosand-Kapillarrheometer eingesetzt (siehe Messbedingungen in Tabelle 1).

Bemerkungen zu den Messbedingungen

■ Rotationsrheometer Kinexus

Entgegen den Erwartungen wurde hier ein Frequenzsweep durchgeführt und keine Rotationsmessung. Hier wurde die Cox-Merz-Regel angewandt, die besagt, dass die komplexe Scherviskosität für ungefüllte Polymere in Abhängigkeit von der Frequenz die gleichen Werte ergibt wie für die Scherviskosität in Abhängigkeit von der Scherrate. Oszillationsmessungen haben gegenüber Rotationsmessungen den Vorteil, dass das Material im Ruhezustand gemessen wird. Somit ist das Polymer keinen Zentrifugalkräften ausgesetzt und läuft nicht aus dem Spalt heraus, wie es bei Rotationsmessungen mit hohen Scherraten der Fall sein kann.

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in den Application Notes 236 und 243 [1, 2].

■ Kapillarrheometer Rosand

Die Düse mit 1 mm Durchmesser wurde für Scherraten von bis zu 10.000 s^{-1} eingesetzt, während mit der Düse mit 0,5 mm Durchmesser höhere Scherraten erreicht wurden.

Tabelle 1 Messbedingungen

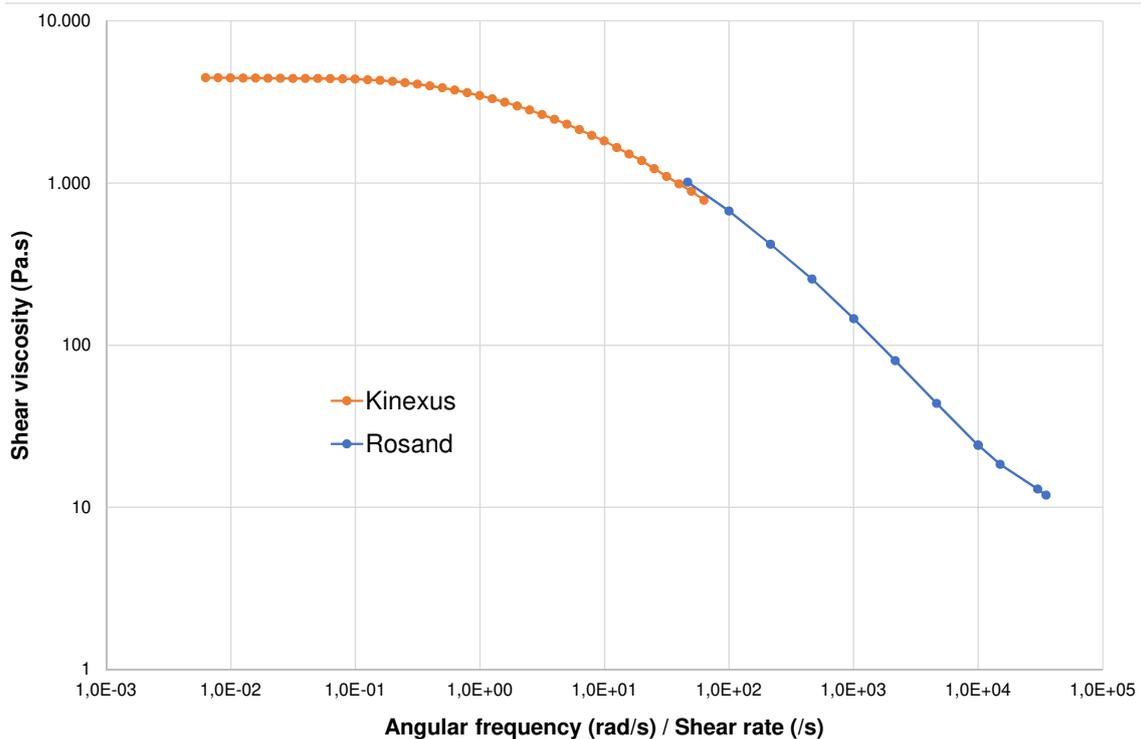
Gerät	Kinexus
Probe	Polypropylen
Geometrie	Platte-Platte, Durchmesser: 25 mm
Temperatur	190 °C
Messspalt	1 mm
Frequenz	10^{-3} bis 10 Hz
Schubspannung	1.000 Pa
Gerät	Rosand
Temperatur	190 °C
Kapillardüse	Durchmesser: 1 mm und 0,5 mm, Länge: 16 mm
Nulldüse	Durchmesser: 1 mm und 0,5 mm, Länge: 0,25 mm
Druckaufnehmer Kapillarseite	10.000 Psi (689,5 bar)
Druckaufnehmer Nullseite	1.500 Psi (103,4 bar)

APPLICATIONNOTE Von niedrigen bis zu hohen Scherraten: NETZSCH erreicht sie alle!

Messergebnisse

Abbildung 1 zeigt die zusammengesetzte Viskositätskurve von Polypropylen, gemessen im Rotations- und Kapillarrheometer. Im Bereich niedrigerer Scherraten zeigt das Material ein Newtonsches Verhalten. Die Scherviskosität hängt nicht von der Scherrate ab. In diesem scherungsfreien Plateau beträgt die Scherviskosität 4400 Pa·s.

Bei höheren Scherraten zeigt das Polymer schererdünnendes Verhalten: Seine Scherviskosität nimmt mit zunehmenden Scherraten ab. In diesem Bereich ist die angelegte Schubspannung hoch genug, um die Polymerketten zu entwirren. Sie können gegeneinander gleiten, wodurch das Fließen erleichtert wird, was die Abnahme der Scherviskosität erklärt.



- 1 Ergebniskurven der mit dem Kinexus (Rotationsrheometer, orange) und Rosand (Kapillarrheometer, blau) durchgeführten Messungen

Shear rate (s⁻¹)

Fazit

Mit dieser einzigartigen Kombination der von NETZSCH angebotenen Rotations- und Kapillarrheometer können sehr breite Scherbereiche realisiert werden. Dies ist z.B. für Polymere wichtig, da deren Verhalten stark von der aufgetragenen Scherrate abhängt.

Literatur

- [1] AN 236: Bestimmung der Scherviskosität eines geschmolzenen Polymers mittels Oszillationsmessung: Die Cox-Merz-Regel.
www.netzsch-thermal-analysis.com
[2] AN 243: Anwendung der Cox-Merz-Regel: Eine Anleitung Schritt für Schritt.