

Effizientere Rheometermessungen mit der Doppelkapillartechnik

Fanxin Zeng und Yang Yang, Applications Laboratory Shanghai



1 Rosand RH10

In der Regel werden die rheologischen Eigenschaften von Polymerwerkstoffen mit einem Einkapillar-System untersucht. Dies ist jedoch zeitaufwendig, wenn verschiedene Arten oder Chargen von Polymerproben unter unterschiedlichen Bedingungen getestet werden sollen. Um die Testeffizienz zu verbessern, hat sich daher der Einsatz eines Doppelkapillarrheometers bewährt. Damit können zwei Proben gleichzeitig untersucht werden; die Wartezeit für die Temperaturstabilisierung zwischen den einzelnen Tests verkürzt sich deutlich. In dieser Arbeit wurde die Machbarkeit von Doppelkapillar-Tests anhand einer Testreihe an Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) mit dem NETZSCH Rosand RH10 Rheometer untersucht (siehe Abbildung 1).

Messbedingungen und Prüfmethode

Die Messbedingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Nach dem Einbau der Düsen unterhalb der beiden Zylinder und einer Stabilisierungsphase der Temperatur auf $200 \pm 0,1$ °C wurden PE- oder PP-Partikel nacheinander in den linken und rechten Zylinder eingefüllt, auf 1 MPa verdichtet und anschließend 8 Minuten lang bei konstanter Temperatur vorgewärmt. Die Messung wurde nach Abschluss dieses Verdichtungsschrittes durchgeführt.

Einleitung

Das rheologische Verhalten von Polymerschmelzen ist entscheidend für deren Formgebung und Verarbeitung. Mithilfe eines Kapillarrheometers lassen sich die Viskositätsänderungen der Polymerschmelze bei unterschiedlichen Temperaturen und Scherraten untersuchen. So kann das Verarbeitungsverhalten von Polymeren effektiv vorhergesagt werden und eine solide wissenschaftliche Grundlage für die Verarbeitung und Qualitätskontrolle von Polymerwerkstoffen geschaffen werden.

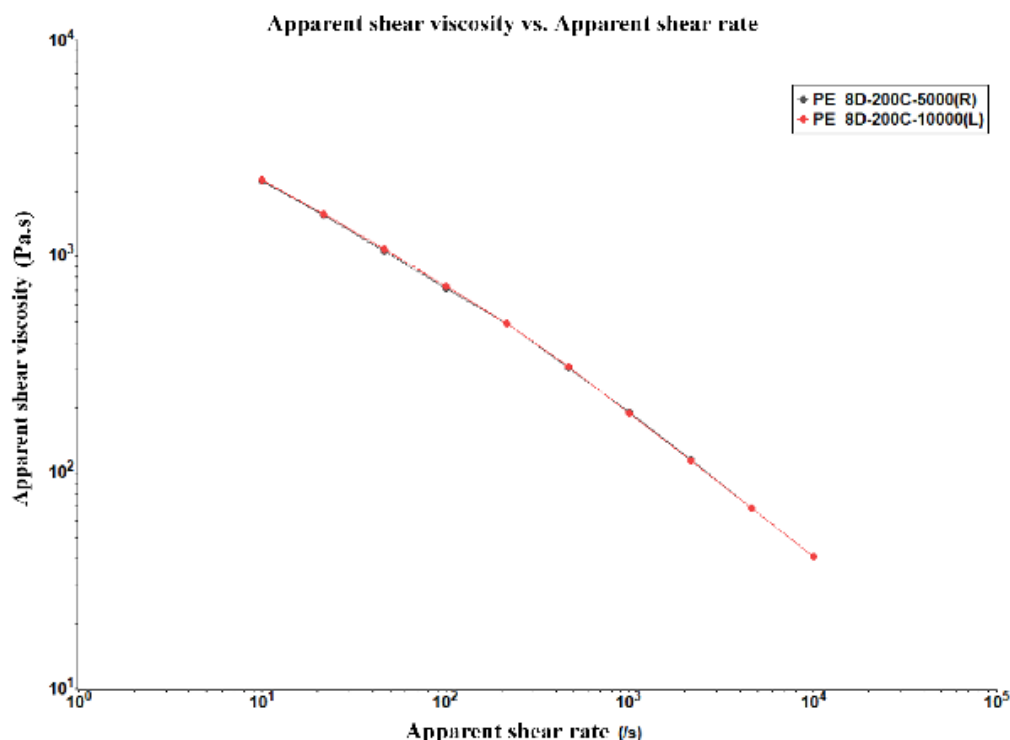
Tabelle 1 Messbedingungen

Gerät	NETZSCH Rosand RH10
Proben	PE, PP
Druckaufnehmer	10.000 psi und 5.000 psi
Düsenpezifikation	L = 16 mm, D = 1 mm
Prüftemperatur	200 °C
Scherratenbereich	10 ~ 10000 s ⁻¹

Messbedingungen und Diskussion

Die Scherviskositätskurven des PE-Materials, das bei 200 °C und Scherraten von 10 bis 10.000 s⁻¹ unter Verwendung beider Zylinder/Kapillaren getestet wurde, sind in Abbildung 2 dargestellt. Verwendet wurden dabei jeweils Düsen mit einem Längen/Durchmesser (L/D)-Verhältnis von 16/1 sowie Druckwandler mit einem Messbereich von 10.000 psi bzw. 5.000 psi. Die

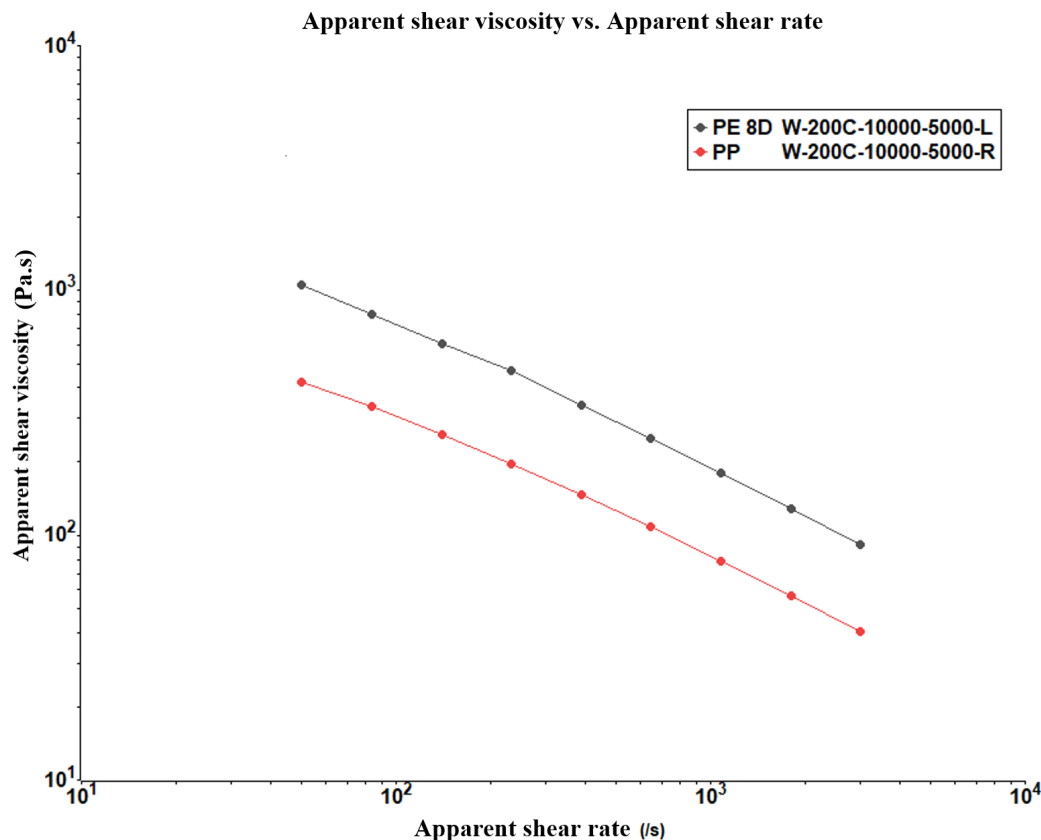
Versuchsdaten sowie die Abweichungen von den Mittelwerten sind in Tabelle 2 aufgeführt. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass die mit der linken und rechten Kapillare gemessenen Scherviskositätskurven sehr gut reproduzierbar sind. Zudem liegen die Abweichungen der bei verschiedenen Scherraten ermittelten Scherviskositätswerte (Tabelle 2) unter 1 %. Das heißt, mit beiden Zylindern/Kapillaren lassen sich präzise Ergebnisse erzielen.



2 Scheinbare Scherviskositätskurven von PE mit unterschiedlichen Scherraten; Test mit Doppelkapillare

Tabelle 2 Prüfdaten und Abweichung von PE in der linken und rechten Kapillare bei 200 °C

Scherrate (s ⁻¹)	Scherviskosität (Pa.s)		Durchschnittswert (Pa.s)	Abweichung (%)
	Linke Kapillare	Rechte Kapillare		
10	2259,40	2241,22	2250,31	0,40
21,5	1583,38	1558,92	1571,15	0,78
46,42	1079,93	1059,68	1069,81	0,95
100	727,73	716,45	722,09	0,78
215,32	493,07	492,14	492,61	0,09
464,63	308,37	305,36	306,86	0,49
999,96	188,81	189,83	189,32	-0,27
2155,44	114,09	114,57	114,33	-0,21
4642,62	68,74	68,73	68,74	0,01
10001,14	41,09	40,92	41,01	0,20



3 Scheinbare Scherviskositätskurven von PE und PP mit unterschiedlichen Scherraten; Test mit Doppelkapillare

Abbildung 3 zeigt die scheinbaren Scherviskositätskurven von PE (linker Zylinder, schwarz) und PP (rechter Zylinder, rot), gemessen mit dem Doppelkapillarsystem bei 200 °C und Scherraten von 50 bis 3000 s⁻¹. In beiden Zylindern wurden Düsen mit einem L/D-Verhältnis

von 16/1 sowie Druckwandler mit Messbereichen von 10.000 psi bzw. 5.000 psi eingesetzt. Bei gleicher Scherrate ist die scheinbare Scherviskosität von PP deutlich niedriger als die von PE. Mit einem Doppelzylinder-/Doppelkapillartest lassen sich daher nicht nur die Scherviskositätsdaten beider Materialien gleichzeitig erfassen, sondern auch die Viskositäten sofort nach dem Test direkt vergleichen.

Fazit

In dieser Arbeit wurden die rheologischen Eigenschaften von PE- und PP-Werkstoffen unter verschiedenen Bedingungen mit dem NETZSCH Rosand RH10-Gerät untersucht. Für denselben Werkstoff lassen sich sowohl bei Verwendung des linken als auch des rechten Zylinders genaue Prüfergebnisse erzielen. Bei der Prüfung unterschiedlicher Werkstoffe mit dem Doppelzylinder- bzw. Doppelkapillarsystem erhöht sich die Prüfeffizienz, die Prüfzeit verkürzt sich deutlich und die Ergebnisse lassen sich nach der Prüfung qualitativ miteinander vergleichen.

Die **Scherviskosität** ist eine Materialeigenschaft, die beschreibt, wie stark eine Flüssigkeit einer Verformung unter Scherbeanspruchung widersteht.

Die **scheinbare Scherviskosität** ist der Viskositätswert, der bei einer bestimmten Scherrate gemessen oder berechnet wird, insbesondere bei Flüssigkeiten, deren Viskosität sich mit den Strömungsbedingungen ändert.

Mithilfe des Rosand-Kapillarrheometers mit Doppelkapillare können das nicht-newtonsche Verhalten und Eingangseffekte korrigiert werden, um die Scherviskosität direkt zu bestimmen.