

Untersuchung des Einflusses von Feuchtigkeit auf die Viskosität von Polyamid (PA) mittels Kapillarrheometrie

Fanxin Zeng, Applications Laboratory Shanghai



1 Rosand RH10

Einleitung

Polyamid (PA) ist ein sehr bedeutender technischer Kunststoff. Aufgrund seiner hervorragenden mechanischen Eigenschaften, seiner chemischen Beständigkeit und seiner thermischen Stabilität wird PA in vielen Bereichen eingesetzt, wie beispielsweise in Automobilkomponenten, Elektronikprodukten, Textilien und Verpackungsmaterialien. Allerdings stellt die Feuchtigkeitsaufnahme ein häufiges Problem bei der Verarbeitung von PA dar. Kommt PA mit Feuchtigkeit in Kontakt, verändert sich seine Viskosität sowie weitere physikalische und chemische Eigenschaften. Die Viskosität spielt bei der Polymerverarbeitung eine entscheidende Rolle, da sie

das Fließverhalten des PA-Materials während der Verarbeitung bestimmt. Daher ist das Verständnis des Zusammenhangs von Feuchtigkeitsgehalt und Viskosität für die Optimierung der Verarbeitungsparameter und qualitativ hochwertige Endprodukte unerlässlich.

Ein Kapillarrheometer kann die rheologischen Eigenschaften von Materialien über einen breiten Bereich von Scherraten und Temperaturen präzise messen und ist deshalb ein für diesen Zweck häufig verwendetes Gerät. In dieser Studie wurde ein NETZSCH-Kapillarrheometer Rosand RH10 eingesetzt, um den Einfluss des Wassergehalts auf die Viskosität von PA systematisch zu untersuchen. Dies liefert wertvolle Erkenntnisse über die Auswirkungen von Feuchtigkeit auf die rheologischen Eigenschaften von PA, was nicht nur zur Optimierung der Verarbeitungsbedingungen für hochleistungsfähige PA-Werkstoffe beiträgt, sondern auch ein wichtiger Anhaltspunkt für den technologischen Fortschritt in der Polymerverarbeitungsindustrie ist.

Messbedingungen und Prüfmethode

Die Messbedingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Messbedingungen

Gerät	NETZSCH Rosand RH10
Proben	PA
Druckaufnehmer	5000 psi
Düsenspezifikation	L = 16 mm, T = 1 mm
Prüftemperatur	280 °C
Scherratenbereich	10 ~ 3000 s ⁻¹

APPLICATIONNOTE Untersuchung des Einflusses von Feuchtigkeit auf die Viskosität von Polyamid (PA) mittels Kapillarrheometrie

Nach dem Einbau der Düsen unterhalb des linken Zylinders wurde abgewartet, bis sich die Temperatur stabilisiert hatte. Anschließend wurden PA-Granulate langsam in den Zylinder eingefüllt, auf 1 MPa vorverdichtet und 5 Minuten lang bei konstanter Temperatur vorgewärmt. Nach diesem Verdichtungsschritt wurde der Versuch gestartet.

Messergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 zeigt die Kurven der Scherviskosität in Abhängigkeit von der Scherrate bei 280 °C für PA-Proben, die unterschiedlich vorbehandelt wurden. Die Scherviskosität der unbehandelten und behandelten (getrockneten) PA-Probe nimmt mit steigender Scherrate allmählich ab. Dies spiegelt ein typisch scherverdünnendes Verhalten wider, da sich die PA-Makromolekülketten mit steigender Scherrate verstärkt entflechten, was zu einem raschen Rückgang der Scherviskosität führt.

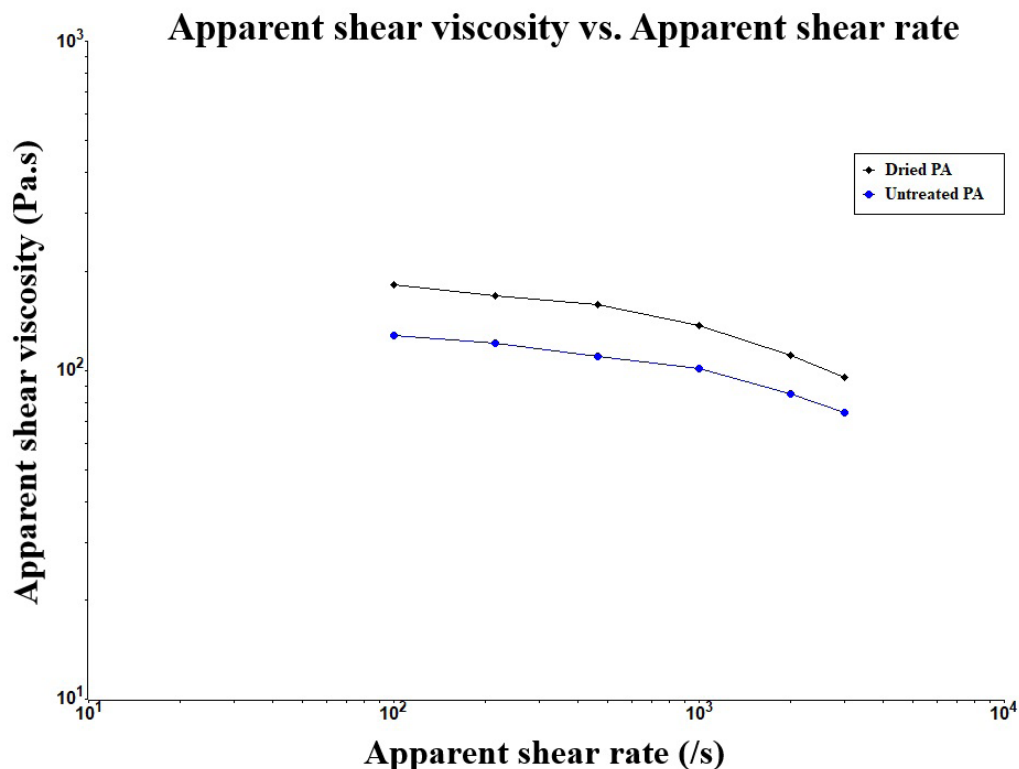
Da die Amidgruppe in der Hauptmolekülkette von PA eine polare Gruppe ist, die Wasserstoffbrückenbindungen mit Wassermolekülen eingehen kann, weist PA eine

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.

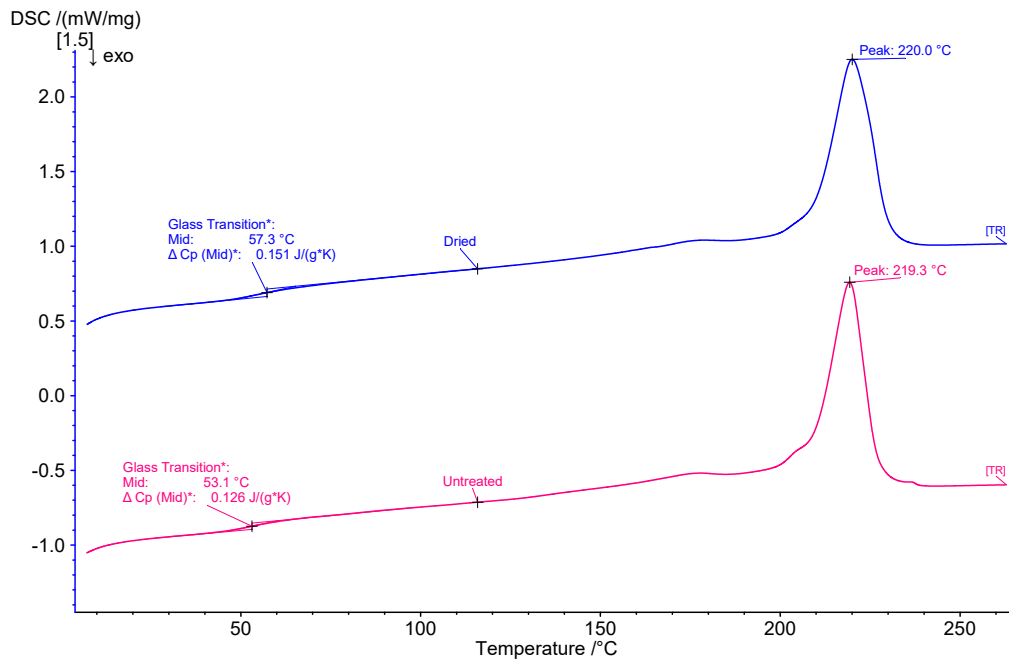
Mithilfe des Rosand-Kapillarrheometers mit Doppelkapillare können das nicht-newtonsche Verhalten und Eingangseffekte korrigiert werden, um die Scherviskosität direkt zu bestimmen.

sehr starke Wasseraufnahme auf. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, ist die Scherviskosität der unbehandelten PA-Probe geringer als die der behandelten Probe. Dies ist in erster Linie auf den höheren Wassergehalt der unbehandelten Probe zurückzuführen.



2 Viskositätskurven der getrockneten und unbehandelten PA-Proben

APPLICATIONNOTE Untersuchung des Einflusses von Feuchtigkeit auf die Viskosität von Polyamid (PA) mittels Kapillarrheometrie



3 DSC-Kurven der getrockneten und unbehandelten PA-Proben

Einerseits können Wassermoleküle Wasserstoffbrückenbindungen mit den Amidgruppen eingehen und dabei die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Molekülketten ersetzen. Dies verringert die Dichte der kettenübergreifenden Wasserstoffbrückenbindungen und wirkt dadurch als physikalischer Weichmacher, belegt durch den niedrigeren T_g -Wert in der DSC-Kurve der unbehandelten Probe in Abbildung 3. Die Mobilität der PA-Kettensegmente wird erhöht, d. h., der Widerstand gegen das relative Gleiten der PA-Molekülketten während des Fließens wird verringert. Folglich nimmt die Scherviskosität der PA-Schmelze ab. Andererseits ist PA ein Produkt, das durch Polykondensation unter Wasserabspaltung gewonnen wird. Bei hohen Temperaturen können Wassermoleküle chemisch mit den Amidbindungen der PA-Molekülketten reagieren, was zu einer Kettenspaltung führt. Dies ist zugleich die Umkehrreaktion der Synthese. Eine Verringerung des Molekulargewichts von PA führt zwangsläufig zu einer Abnahme seiner Scherviskosität in der Schmelze.

Fazit

In dieser Studie wurden die rheologischen Eigenschaften von getrockneten und unbehandelten PA-Materialien mithilfe eines NETZSCH Rosand RH10-Rheometers untersucht. Es zeigte sich, dass der Feuchtigkeitsgehalt die Scherviskosität der PA-Proben erheblich beeinflusst. PA-Proben, die im Trockenschrank getrocknet wurden, wiesen eine deutlich höhere Scherviskosität auf als die nicht getrockneten Proben.