



Doctoral Thesis

Fließverhalten von Polyamid 6

Author(s):

Feer, Ulrich

Publication Date:

1971

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000085804> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4651

Fließverhalten von Polyamid 6

ABHANDLUNG

zur Erlangung

der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

ULRICH FEER

dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 21. August 1938

von Aarau und Brugg (Kt. Aargau)

Angenommen auf Antrag von

Prof. H. W. Krause, Referent

Prof. Dr. H. G. Elias, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich

1971

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde das Fliessverhalten verschiedener Nylon 6-Typen unter möglichst betriebsnahen Bedingungen untersucht und zwar besonders im Hinblick auf das Schmelzspinnen.

Hierzu wurde zunächst eine umfassende Uebersicht bezüglich der Theorien gegeben, nach denen das rheologische Verhalten dieses polymeren Stoffes beschrieben werden kann. Damit sollten die später angewandten Auswerteverfahren zur Ermittlung der wahren Fliesskurven begründet werden, wobei sowohl auf die Abweichungen vom Newtonschen Verhalten als auch auf die Druck- und Temperaturabhängigkeit der Viskosität eingegangen wird.

Sodann werden Messungen der scheinbaren Scherspannung in Abhängigkeit des Schergefälles an verschiedenen Nylon 6-Materialien bei verschiedener Scherbeanspruchung und verschiedenen Temperaturen beschrieben. Diese Messungen wurden mit zwei verschiedenen Rheometern durchgeführt, mit welchen wegen eines Unterschiedes in der Arbeitsweise unterschiedliche Kurven der Scherspannung über der Schergeschwindigkeit erhalten werden.

So erfasst man mit dem einen Gerät, dem sog. Viscosuisse-Rheometer einen "stationären" Messwert, wobei die beim Durchtritt durch die Kapillare im Polymerstrom entstehende Wärme soweit an die Kapillarwand abgegeben wird, bis sich ein Temperaturgleichgewicht mit dieser eingestellt hat.

Demgegenüber versucht man bei dem sog. Instron-Rheometer die Temperaturerhöhung zu vermeiden bzw. zu unterdrücken, so dass man in diesem Fall zu einem "quasiisothermen" Messwert gelangt.

Es werden Abweichungen bis zu 20 % zwischen den beiden scheinbaren Fliesskurven festgestellt. Diese können aber unter extremen Bedingungen noch viel grösser werden.

In der Auswertung wird zunächst qualitativ begründet, durch welche Effekte die verschiedenen Unterschiede im Fließverhalten entstanden sein können. Sodann wird ein graphisches Verfahren entwickelt mit dessen Hilfe die adiabatischen scheinbaren Fließkurven in die isothermen scheinbaren Fließkurven überführt werden können. Auf die gemessenen isothermen scheinbaren Fließkurven wird dann die Bagley- und die Rabinowitsch-Korrektur angewandt, wonach man die wahren Fließkurven erhält, aus denen schliesslich noch die wahre Viskosität als Funktion der Scherbeanspruchung bei verschiedenen Temperaturen errechnet wird.

In Übereinstimmung mit der Literatur zeigen die untersuchten Nylon 6-Muster ein annähernd Newtonsches Verhalten bis zu einem Schergefälle von 10^2 sec^{-1} bzw. bis zu einer Scherspannung von 10^6 dyn/cm^2 . Bis zu diesen Grenzen beträgt die Viskosität je nach Material, Temperatur und Scherbeanspruchung 1'500 bis 12'000 Poise. Im nicht-Newtonschen Bereich bis zu $5'000 \text{ sec}^{-1}$ fallen die Viskositäten auf 600 bis 1'000 Poise.

Eine temperatur-, druck- und molekulargewichtsinvariante Viskositätskurve in Funktion der Scherbeanspruchung konnte ebenfalls abgeleitet werden, die für alle untersuchten Materialien und Bedingungen innerhalb von $\pm 10 \%$ exakt ist.

In der Diskussion wird vor allem darauf eingegangen, wie weit die festgestellten Unterschiede quantitativ erklärt werden können. Bei der Berechnung der Aktivierungsenergien zeigt sich, dass diese mit zunehmendem Schergefälle von 12 auf 5,5 kcal/mol bei $4'000 \text{ sec}^{-1}$ abnimmt, während sie mit zunehmender Scherspannung einen konstanten Wert von 13 kcal/mol beibehält.

Das lässt den Schluss zu, dass die Dimensionierung der Kapillaren einen wesentlichen Einfluss auf den rheologischen Zustand der Schmelze hat, was vor allem für die Schmelzspinnbarkeit und den damit zusammenhängenden Bedingungen von Bedeutung sein sollte.

Es wurde eine Druckabhängigkeit der Viskosität von Nylon 6 bestimmt. Sie liegt bei 10^{-10} cm²/dyn. Da für Nylon 6 keine Vergleichszahlen vorliegen, wird diese Zahl mit jener von Polyäthylen verglichen, woraus hervorgeht, dass sie eine ähnliche Grössenordnung aufweist und dass sie der Kompressibilitätszahl entspricht.

Die Molekulargewichtsabhängigkeit der Viskosität von Nylon 6 kann durch eine Gleichung wiedergegeben werden, die mit Gleichungen aus der Literatur genau übereinstimmen.

Mit Spinnversuchen an Monofilamenten unter Verwendung von Kapillaren mit verschiedenen Dimensionen konnte eine eindeutige Abhängigkeit der Fadeneigenschaften von der Scherbeanspruchung der Schmelze in einer Düse festgestellt werden. Die besten Eigenschaften findet man bei Kapillaren, deren Länge das drei- bis siebenfache Mass des Durchmessers besitzen, wodurch die in der Praxis durch Empirie gefundenen Werte bestätigt werden.