

Dipl.-Ing. Bernd Schmid, Ostrach

**Spritzgießen von langfaser-
verstärktem Polyamid 6.6
unter besonderer Berück-
sichtigung der Faserlängen-
reduktion während des
Formgebungsprozesses**

Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **410**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1. Verstärkte Thermoplaste	1
1.1.1. Kurzfaserverstärkte Thermoplaste	3
1.1.2. Langfaserverstärkte Thermoplaste	6
1.2 Grundlegende Aspekte zum Spritzgießen von faserverstärkten Thermoplasten	8
1.3. Ursachen der Faserlängenreduktion in faserverstärkten Thermo- plasten beim Spritzgießen und mögliche Auswirkungen auf die Fertigteileigenschaften	11
2 Aufgabenstellung, Ziel der Arbeit	19
3 Rheologische Charakterisierung des langglasfaserverstärkten Polyamids 6.6	20
3.1 Aufgaben der Rheologie/Rheometrie	20
3.2 Rheologische Eigenschaften faserverstärkter Thermoplaste	20
3.3 Rheometrische Untersuchungen an langglasfaserverstärktem Polya- mid 6.6	25
3.3.1 Versuchskonzept	25
3.4 Ergebnisse der kapillarrheometrischen Untersuchungen	29
3.4.1 Einfluß des Düseneinlaufwinkels	29
3.4.2 Der Einfluß unterschiedlicher Kapillarendurchmesser	34
3.5 Faserlängen- und Faserorientierungsbestimmung	42
3.5.1 Präparationsmethode zur Faserlängenbestimmung und verwendete bildanalytische Meß- und Auswertetechnik	42
3.5.2 Mittlere Faserlängen und Faserlängenverteilungen in Strangextrudaten	48
3.5.3 Faserorientierung und Strangaufweitung	51
3.6 Bewertung der rheometrischen Daten und deren potentiellen Anwendungsfelder	56

4 Einflußparameter auf die Faserlängenreduktion bei der Spritzgießverarbeitung von langglasfaserverstärktem Polyamid 6.6	59
4.1 Untersuchungskonzept	59
4.1.1 Versuchsdurchführung	59
4.2 Auswirkungen der Betriebs- und Geometrieparameter der Spritzgießmaschine auf die Faserlängenverkürzung	60
4.2.1 Einfluß der Schneckengeometrie	60
4.2.2 Rückströmsperrenkonzepte	65
4.2.3 Variation der Angußdimensionen	68
4.2.4 Einfluß der Schneckenumfangsgeschwindigkeit	68
4.2.5 Staudruckeinfluß	70
4.2.6 Einspritzgeschwindigkeit (Fließfrontgeschwindigkeit)	71
4.2.7 Einfluß von Schneckenstillstandszeiten	77
4.2.8 Einfluß der Plastifizierzylindertemperierung	78
4.3 Verarbeitungsempfehlungen	79
5 Ermittlung und Beurteilung mechanischer und physikalischer Eigenschaften von langglasfaserverstärktem Polyamid 6.6	81
5.1 Auswirkungen von Betriebs- und Verarbeitungsparametern auf die mechanischen Eigenschaften von faserverstärkten Thermoplasten im Spritzgießprozeß	81
5.2 Biegefestigkeit und Biege-E-Modul	82
5.2.1 Prüfbedingungen	82
5.2.2 Auswirkungen von Faserlängenverteilung und Faserorientierung auf Biegefestigkeit und Biege-E-Modul	83
5.3 Instrumentierter Durchstoßversuch	92
5.4 Bewertung der Ergebnisse	95
6 Berechnung des Elastizitätsmoduls von gespritzten, langfaserverstärkten Bauteilen unter Berücksichtigung der Faserlängenverteilung und des Faserorientierungszustands	96
6.1 Überblick über bestehende Modellansätze	96
6.2 Ausgewählte Ansätze zur Berechnung des Elastizitätsmoduls	99
6.2.1 Ansatz zur Berechnung des E-Moduls in Laminaten	99
6.2.2 Ansatz nach Cox	100
6.2.3 Ansatz nach Halpin-Tsai	108
6.3 Grundlagen für die eigenen Berechnungen	111

6.4 Ergebnisse eigener Berechnungen	115
6.4.1 Berechnung ohne Berücksichtigung der Faserorientierung	115
6.4.2 Berechnungen von Biege-E-Modul-Werte unter Berücksichtigung von Faserlängenverteilung und Faserorientierungsverteilung sowie Vergleich der Rechenwerte mit den experimentell bestimmten Werten	120
6.4.3 Beurteilung der Ergebnisse	123
7 Zusammenfassung	125
Literaturverzeichnis	128