

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Kurzfassung | vii |
| Abstract | ix |
| 1. Einleitung und Zielsetzung | 1 |
| 1.1. Einleitung | 1 |
| 1.2. Zielsetzung | 3 |
| 2. Spritzgießsondervfahren zur gezielten Beeinflussung der Faser- und Molekülorientierung | 5 |
| 2.1. Grundlagen zur Faser- und Molekülorientierung im Spritzgießprozess . . | 5 |
| 2.2. Überblick zu Spritzgießsondervfahren zur gezielten Beeinflussung der Faser- und Molekülorientierung | 9 |
| 2.3. Werkzeugsystem mit rotierendem Kern | 12 |
| 3. Entwicklung und Prozessumsetzung eines Versuchswerkzeugs mit rotierendem Werkzeugkern | 15 |
| 4. Rheologische Betrachtung sich überlagernder Relativbewegungen im Spritzgießprozess | 19 |
| 4.1. Grundlagen zum rheologischen Verhalten von Kunststoffschmelzen | 19 |
| 4.1.1. Poiseuille-Strömung | 22 |
| 4.1.2. Couette-Strömung | 24 |
| 4.2. Rheologische Betrachtung des Versuchswerkzeugs | 26 |
| 4.2.1. Einspritzbedingte Scherung der Kunststoffschmelze | 27 |
| 4.2.2. Scherung der Kunststoffschmelze durch rotatorische Relativbewegung | 29 |
| 4.2.3. Überlagerung der einspritz- und rotationsbedingten Scherung . . | 29 |
| 5. Methodiken zur Quantifizierung der Umorientierung von Fasern durch rotatorische Relativbewegungen im Spritzgießprozess | 37 |
| 5.1. Analyse der Faserorientierung | 37 |
| 5.1.1. Grundlagen zur Quantifizierung der Faserorientierung | 37 |
| 5.1.2. Praktische Umsetzung auf Basis von Schlifffildern im Rahmen dieser Arbeit | 44 |
| 5.2. Mechanische Prüfungen | 50 |
| 5.2.1. Ringzugversuche | 50 |
| 5.2.2. Berstdruckversuche | 52 |

| | |
|---|------------|
| 6. Beeinflussung der Faserorientierung von kurz- und langfaserverstärkten Kunststoffen durch einen rotierenden Werkzeugkern | 55 |
| 6.1. Grundlagen zu Einflussgrößen auf die Mikrostruktur und den daraus resultierenden Eigenschaften von faserverstärkten Spritzgießmassen | 55 |
| 6.1.1. Einfluss des Kunststoffcompounds | 56 |
| 6.1.2. Einfluss der Wanddicke und Fließweglänge | 58 |
| 6.1.3. Einfluss von Spritzgießparametern | 59 |
| 6.2. Überblick und Erwartungen an die Untersuchungen mit drehendem Kern | 63 |
| 6.3. Kurzfaserverstärktes Polypropylen | 65 |
| 6.3.1. Einfluss der Rotation auf das Matrixpolymer | 65 |
| 6.3.2. Einfluss der Wanddicke | 65 |
| 6.3.3. Einfluss des Fasergehaltes | 72 |
| 6.4. Langfaserverstärktes Polypropylen | 75 |
| 6.4.1. Einfluss der Wanddicke | 75 |
| 6.4.2. Einfluss des Fasergehaltes | 78 |
| 6.4.3. Vergleich von kurz- und langfaserverstärktem Polypropylen | 80 |
| 6.4.4. Einfluss von Spritzguss-Prozessparametern | 83 |
| 6.5. Kurz- und langfaserverstärktes Polyamid | 93 |
| 6.6. Asymmetrische Faserumorientierung | 96 |
| 6.7. Überblick | 98 |
| 7. Berücksichtigung von lokal beeinflusster Faserorientierung bei der strukturellen Simulation von faserverstärkten Kunststoffbauteilen | 103 |
| 7.1. Grundlagen zur Simulation von faserverstärkten Kunststoffen | 103 |
| 7.1.1. Mikromechanische Materialmodellierung | 106 |
| 7.1.2. Elasto-plastisches Materialverhalten | 109 |
| 7.1.3. Anisotropes Versagenskriterium | 111 |
| 7.2. Entwicklung einer Simulationsmethodik zur Berücksichtigung lokal veränderter Faserorientierung | 112 |
| 7.3. Validierung der Simulationsmethodik | 116 |
| 7.3.1. Materialkalibrierung | 116 |
| 7.3.2. Sensitivitätsuntersuchung | 117 |
| 7.3.3. Validierung an praktischen Bauteilversuchen | 122 |
| 8. Entwicklung einer Auslegungsmethodik für Spritzgießbauteile mit gezielt beeinflusster Faserorientierung | 133 |
| 8.1. Entwicklung eines Matlabskriptes zur Zuweisung der Faserorientierung . | 135 |
| 8.2. Vorstellung der Auslegungsmethodik | 137 |
| 8.3. Anwendung der Auslegungsmethodik am Beispiel des Demonstrators . . | 142 |
| 8.4. Übertragung auf praktische Bauteile | 147 |
| 8.4.1. Bauteil 1 | 147 |
| 8.4.2. Bauteil 2 | 152 |
| 8.5. Zusammenfassung Auslegungsmethodik | 156 |

| | |
|--|------------|
| 9. Zusammenfassung und Ausblick | 157 |
| Abkürzungen, Formelzeichen und Symbole | 161 |
| Abkürzungen | 161 |
| Formelzeichen und Symbole | 162 |
| Literatur | 164 |
| Abbildungsverzeichnis | 179 |
| Tabellenverzeichnis | 185 |
| Anhang | 186 |
| A. Vektorüberlagerung Schergeschwindigkeit | 186 |
| B. Vergleich Berstdruckprüfvorrichtungen | 190 |
| C. Signifikanzanalyse Berstdruckversuche | 192 |
| D. Mikroskopiebilder | 195 |
| E. Versagensbilder Berstdruckprüfung | 198 |