

Formfüllsimulation in 3D (SIGMAsoft) für PIM Materialien

Simulation für MIM / PIM

Die Auswirkungen von PIM Feedstock auf das Formfüllverhalten und die Nachdruckphase werden nachfolgend anhand eines relativ einfachen Bauteiles, der genormten MIM Zugprobe, gezeigt:

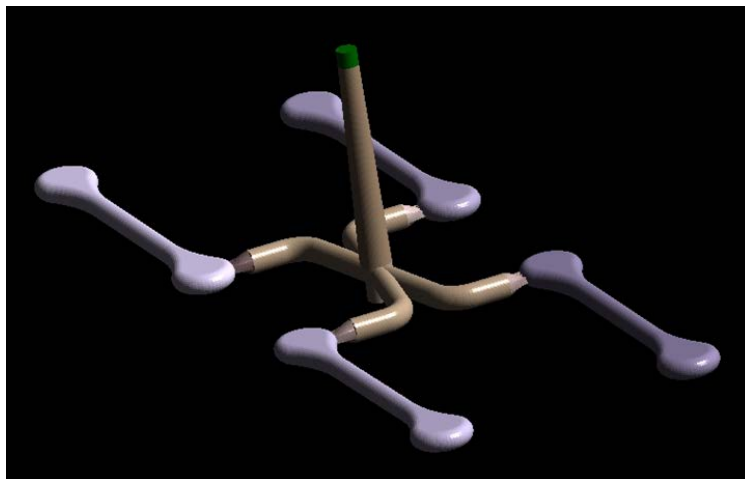


Abb. 1: 3D - Modell der 4-fach Kavität „Zugprobe“ mit Angussystem

Eigentlich eine relative einfache Geometrie, aber die Herstellung von Zugproben kann erfahrungsgemäß zu Problemen durch interne Defekte führen, die in Spritzgussparametern begründet liegen, aber nicht auf Anhieb zu erklären sind. Derartige Defekte sind Lunker bzw. interne Bindenähte in den Kopfbereichen der Zugproben und ein zylinderförmiger Kern in der Prüflänge, der nicht mit dem äußeren Bereich verbunden ist. Beide Fehlerarten sind äußerlich den Zugproben nicht anzusehen, sie sind lediglich durch Zerbrechen von Grün- oder Sinterteilen nachweisbar.

Der Grund für interne Defekte in den Kopfbereichen ist schnell gefunden, wenn man sich die schmelzflüssigen Bereiche anschaut zu einem Zeitpunkt, wenn Anschnitt und Anguss größtenteils eingefroren sind:

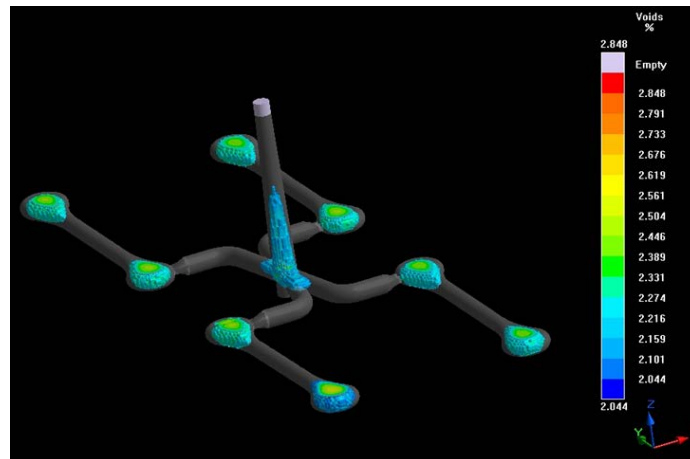


Abb.2. Schmelzflüssige Bereiche nach 4s Kühlzeit

Welcher Nachdruck auch immer zu diesem Zeitpunkt in der Maschine programmiert ist – in den Zugproben kann keine Schrumpfkompensation mehr wirksam werden!

Doch wie sieht die ideale Nachdruckphase aus?

Welche Parameter sorgen für einen möglichst geringen Scherratenunterschied zwischen Wandung und Schmelzekern im Bereich der Prüflänge?

Welchen Einfluss hat der Feedstock an sich?

Welche Anschnittgeometrie wirkt sich generell positiv aus?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden systematisch relevante Parameter für die Simulation des Spritzgussprozesses variiert und ihr Einfluss auf zwei als charakteristisch eingestufte Ergebnisse, die Scherrate, bzw. den Unterschied in der Scherrate zwischen Probenmitte und Probenrand der Prüflänge und das Schrumpfpotential während der Nachdruckphase untersucht.

Parametereinfluss:

Für drei verschiedene Binderarten, zwei Polymer– Wachs Binder auf PE und PP Basis und ein POM basierter Feedstock mit jeweils unterschiedlicher Pulverbeladung, wurden folgende Parameter variiert und für die Simulation des Spritzgussprozesses verwendet:

Nr.	Parameter
1	Grundeinstellung
2	Angussform elliptisch
3	Angussform rund
4	Anguss vergrößert auf 2,0x4,5
5	Anguss vergrößert auf 2,2x5,0
6	Einspritzgeschwindigkeit gesenkt auf 50 mm/s
7	Einspritzgeschwindigkeit erhöht auf 100 mm/s
8	Werkzeugtemperatur abgesenkt um 15°C
9	Werkzeugtemperatur erhöht um 15°C
10	Feedstock Temperatur abgesenkt um 20°C
11	Feedstock Temperatur erhöht um 20°C
12	Nachdruckprofil erhöht um 500bar und 5s länger
13	Nachdruckprofil verringert um 300bar und 2s

Formfüllung:

Der Vergleich der errechneten, maximal auftretenden Scherrate zu Beginn der Nachdruckphase (Zeitpunkt „Nachdruck Start“) in der Probenmitte zeigt das unterschiedliche Verhalten der drei Feedstockarten und den Einfluss der Prozessparameter.

So z.B. bringt die Einspritzgeschwindigkeit die Unterschiede zwischen den Feedstockarten durch Auskühlung bei langsamerer Formfüllung besonders stark zu Tage, wohingegen durch den Nachdruck selber nur wenig Material bewegt wird und das Niveau der Scherung relativ konstant bleibt (vgl. Nr. 6 und 7, sowie 11, 12 und 13 in Abb.3).

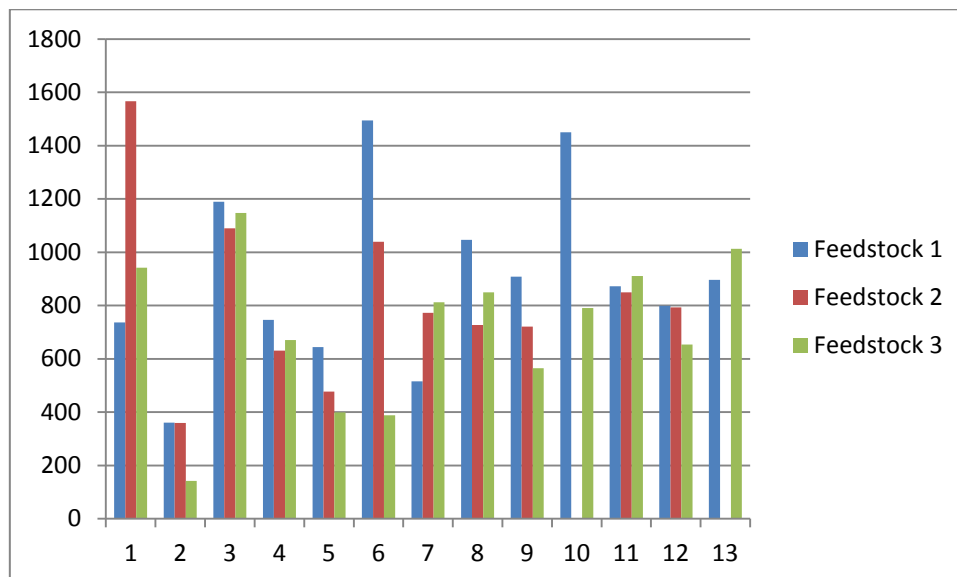


Abb.3 Maximale Scherrate [1/s] zu Beginn der Nachdruckphase in Abhängigkeit von der Parametereinstellung

Für diese Phase der Formgebung wird der Einfluss der Anschnittgeometrie voll wirksam. Für alle drei Feedstock ermöglicht ein vergrößerter Anschnitt (vgl. Nr. 4 und 5 in Abb.3) eine Nachdruckphase mit geringerer Materialbelastung durch Scherung.

Um dem Defekt einer inneren Materialablösung in der Prüflänge auf die Spur zu kommen, wurde an einer festgelegten Stelle in der Prüflängenmitte für jede Parametereinstellung die Scherung in der Probenmitte und am Rand berechnet und die Differenz in der nachfolgenden Abbildung 4 aufgetragen:

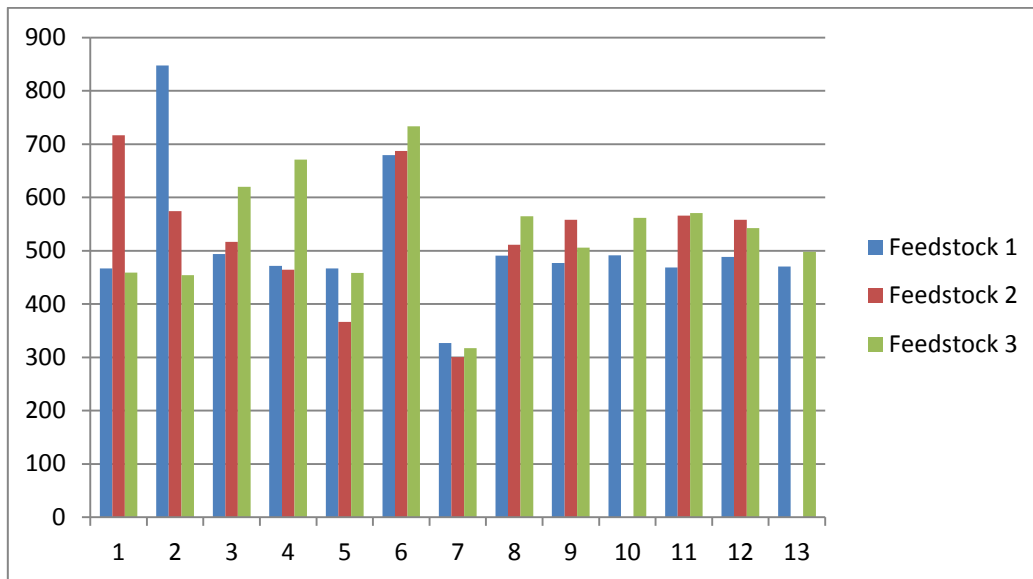


Abb.4 Differenz der Scherrate zwischen Probenmitte und Randbereich am Ende der Füllphase

Hier wird deutlich, dass diese Defektart, wenn sie durch einen hohen Scherratenunterschied begünstigt wird, wirksam nur durch eine Erhöhung der Einspritzgeschwindigkeit (vgl. Abb. 4, Nr. 7) vermieden werden kann, um die Auskühlung der Randschicht hinauszuzögern. Das gilt offensichtlich generell für die drei verwendeten Feedstock.

Nachdruck:

Die Bedeutung der Nachdruckphase für die optimale Formteilausbildung zeigt beispielhaft die nachfolgende Graphik. Ziel der Nachdruckphase ist es, den abkühlungsbedingten Bauteilschrumpf auszugleichen, somit bietet sich die Auswertung des aus PVT – Daten und Druck- und Temperaturwerten berechneten Schrumpfpotentials während der Kühlzeit an.

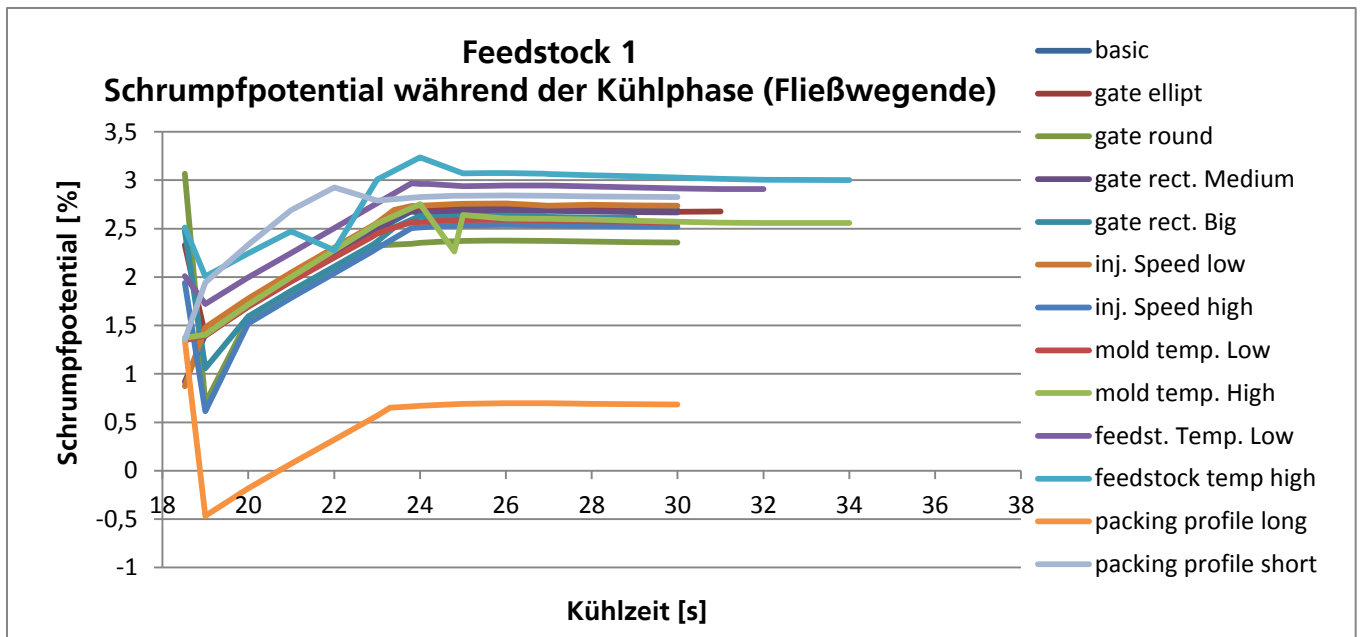


Abb.5 Schrumpfpotential Feedstock 1 während der Kühlphase in Abhängigkeit der variierten Prozessparameter

Bei allen Simulationen zeigte sich, dass das Schrumpfpotential wirksam lediglich durch das Design des Nachdruckprofils beeinflusst werden kann. Abhängig vom verwendeten Feedstock liegt das Niveau mit der Basiseinstellung zwischen 0% (Feedstock 2) und 4.7% (Feedstock 3).

Ziel der Nachdruckoptimierung muss es sein, den Druckverlauf während der Kühlzeit so einzustellen, dass das Niveau des potentiellen Schrumpfes bei beginnender Werkzeugöffnung leicht über 0% liegt, bevor Anschnitt oder Angussystem einfrieren. Und das möglichst homogen über das Bauteil verteilt über die gesamte Fließweglänge - eine große Herausforderung!

Fazit:

Die 3D - Simulation des Spritzgussprozesses dient nicht mehr nur der Visualisierung der Formfüllung, denn sie kann weitaus mehr. So kann die gesamte Prozessführung nicht nur für Kunststoffe, sondern speziell auch für die Besonderheiten von PIM Materialien optimiert werden, um Spritzgussfehler zu minimieren oder ganz auszuschließen – vorausgesetzt die Übertragbarkeit vom Rechner in die Praxis ist gewährleistet! Und das kann nur bei realistischer Materialdatenerfassung der Fall sein, denn der Einfluss der Feedstockeigenschaften auf Schwindung und Erstarrung, das haben die Untersuchungen deutlich aufgezeigt, ist größer als der von Prozessparametern.

Erst wenn die spezifischen Materialdaten präzise vorliegen, kann mit Prozessoptimierung und Fehlersuche per Computer begonnen werden. Am IFAM wird nach und nach eine Materialdatenbank aufgebaut, in die diese Daten zur Eingabe in die Simulationssoftware sowohl für kundenspezifische als auch für kommerzielle Feedstock implementiert werden.