

**Variotherme Werkzeugtemperierung zur Optimierung der Vernetzungsdichteverteilung
in spritzgegossenen Elastomerformteilen mittels IsoForm®-Werkzeug**

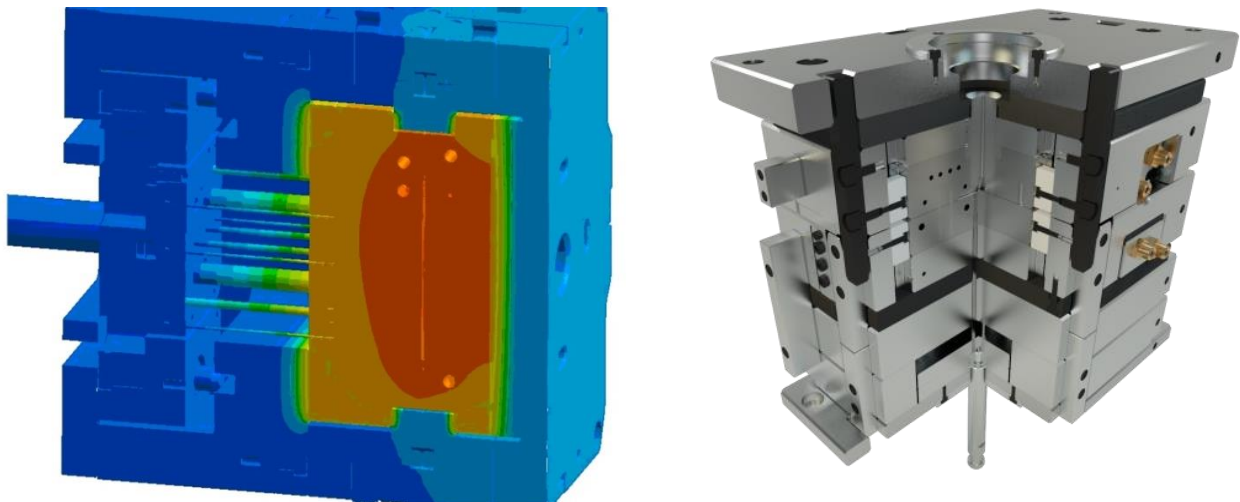
Ausgangssituation:

Als potentiell größter Kostenfaktor bei der Produktion von kautschukbasierten Formteilen ist im konventionellen Spritzguss der hohe Energiebedarf zur Temperierung der Werkzeuge (inklusive der Stammform) zu nennen. Ausschlaggebend für die Qualität und die Lebensdauer der späteren Formteile ist zudem die rezepturabhängige Vulkanisationszeit zur vollständigen Vernetzung der eingespritzten Mischung in der Kavität in Kombination mit optimierten Einspritzparametern.

Speziell bei dickwandigen Bauteilen und entsprechend hohen Schussvolumina pro Einspritzzyklus, kann es während des Einspritzvorgangs zu Inhomogenitäten der Temperaturverteilung im Material kommen. Je nach eingestellter derzeit stationärer Werkzeugtemperatur und der gegenüber dünnwandigen Bauteilen deutlich erhöhten Vulkanisationszeit, hat die schlechte Wärmeleitung des Kautschuks zur Folge, dass wandnahe Bereiche (Kontaktbereich zwischen Material und Werkzeug) innerhalb eines betrachteten Zeitintervalls deutlich stärker vernetzen als Bereiche im Materialkern. Dies kann eine Übervulkanisation der äußeren Gummischichten des Formteils zur Folge haben, die in direktem Kontakt mit dem Werkzeug stehen. Der schlechte Wärmetransport in den Materialkern kann demnach nicht durch eine einfache Erhöhung der Formtemperatur ausgeglichen werden, sodass inhomogene Vernetzungsgrade im Bauteil entstehen, die sich speziell für dynamisch-mechanisch beanspruchte Bauteile in einer verkürzten Lebensdauer widerspiegeln. Als Folge dessen mehren sich die Ressourcenverschwendungen und die Produktion von Fehlteilen. Zudem kommt es speziell bei dicken und dünnwandigen Bauteilen häufig zu angussnahen Materialablösungen während des Einspritzvorgangs was auf Temperaturspitzen oberhalb der Vernetzungstemperatur hindeutet. Eine zyklusabhängige Variation der Werkzeugtemperatur könnte die Entstehung dieser Temperaturspitzen verhindern.

Zielsetzung:

Ziel der variothermen Temperaturführung während der Vulkanisation eines spritzgegossenen Kautschukrohlings in der Werkzeugkavität ist die zyklisch gesteuerte gleichmäßige Wärmeübertragung von der temperierten Werkzeugwand über oberflächennahe Bereiche bis in den Materialkern, um über die definierte Heizzeit eine homogene Vernetzungsdichte über das gesamte Materialvolumen generieren zu können. Das IsoForm®-Werkzeugkonzept eignet sich für die thermische Betrachtung besonders gut, da es auf Grund seiner thermischen Isolation des Konturbereiches gegen das restliche Werkzeug und die Stammform, Temperaturänderungen besonders schnell und prozesssicher abbilden kann. Die Werkzeugkonturoberflächentemperatur kann während des Prozesses über eine entsprechende Sensorik überwacht werden. *Bild 1* zeigt beispielhaft wie gut die „kalte“ Stammform vom „heißen“ Werkzeugeinsatz thermisch isoliert ist und damit energetisch günstiger betrieben werden kann. In Kombination mit der gegenüber dem konventionellen Prozess stark verkürzten Ansprechzeit mit der die Oberflächenkonturen der Werkzeugkavitäten einer Temperaturänderung folgen können, ergeben sich völlig neue Heizstrategien mit erheblichem Potential zur energetischen Optimierung des Spritzgussprozesses.



**Bild 1: IsoForm®-Werkzeug; links: Schnitt durch das Wz bei thermischer Betrachtung,
rechts: ¾ Schnitt durch das Wz (Quelle: Fa. Konstruktionsbüro Hein, 31535 Neustadt)**

Lösungsweg:

Zum Erreichen des Projektziels sind entlang des Lösungsweges folgende technische Risiken zu überwinden bzw. Fragestellungen zu beantworten:

1. Eine sprunghafte Änderung der Werkzeugwandtemperatur muss sich mit möglichst kurzer Ansprechzeit auf die Kautschukmischung übertragen, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Das heißt: Wie schnell kann ein an der Oberfläche erzwungener Temperatursprung in das Formteilinnere eindringen und wie homogen entwickelt sich das ausgebildete Temperaturfeld? Dabei muss die Wärmeleitfähigkeit der Kautschukmischung berücksichtigt werden.
2. Der Temperaturgradient zwischen dem wandnahen Materialvolumen und dem Material im Kern des Bauteils darf nicht zu groß sein. Je nach Vulkanisationskinetik der gewählten Mischung sind die Heizzeiten bis zur vollständigen Vulkanisation des Bauteils sonst zu kurz, um den Temperaturunterschied ausgleichen zu können. Eine inhomogene Vernetzungsdichteverteilung wäre die Folge.
3. Die Inkubationszeit bzw. die Scorch-Zeit bzw. die Geschwindigkeit der Vernetzungsreaktion bis zum Erreichen des Umsatzmaximums muss über die Rezepturenentwicklung bzgl. des Vernetzungssystems so eingestellt werden, dass variotherme Heizprozesse einen Effekt auf das Vulkanisationsverhalten haben können.
4. Aus konstruktiver Sicht besteht ein Risiko bei der Auslegung der Temperierung. Für optimale Ergebnisse ist eine konturnahe Temperierung am sinnvollsten, jedoch zeigt die Praxis, dass nur die allerwenigsten Werkzeuge in der Realität eine solche Temperierung aufweisen, beziehungsweise aufweisen können, weil die Entformung (z.B. durch Auswerfer) dem entgegensteht. Über die konstruktive Gestaltung der Temperierung muss im Konsortium vor der Fertigung des Werkzeugs Einigkeit erzielt werden. Erste Empfehlungen bestehen aufgrund der Expertise unseres Kooperationspartners (Fa. Konstruktionsbüro Hein).
5. Führt die niedrigere Oberflächentemperatur der Kavitäten zum Zyklusende zu einer vereinfachten Entformung/Entnahme der Formteile?
6. Energetische Bilanzierung im Vergleich zum Referenzprozess mit stationärer Werkzeugtemperatur

Organisation:

- Förderung durch Industriepartner (Konsortium)
- Laufzeit: 2,5 Jahre
- Kosten: 100.000 EUR/Jahr, Umlage auf Partner, max. 20.000 EUR zzgl. MwSt. pro Teilnehmer und Jahr
- Kooperationspartner: Fa. Konstruktionsbüro Hein, 31535 Neustadt, www.KB-Hein.de

Kontakt:

Dr.-Ing. Benjamin Klie: Benjamin.Klie@DIKautschuk.de, Tel.: +49 (0)511/84201-24