

Den Verzug im Griff

F. & G. Hachtel erzielt maßhaltige Teile im ersten Anlauf mit Sigmasoft Virtual Molding

„Sie müssen sich das so vorstellen: Die Klammer kommt gekrümmt aus der Maschine, und man kann ihr dabei zusehen, wie sie sich beim Abkühlen gerade zieht“, berichtet Georg Schlöser. „Und das haben wir alles so berechnet“, fügt er hinzu und klingt sehr zufrieden dabei, denn den nötigen Vorhalt hat er mit Sigmasoft ermittelt, sodass das Werkzeug schon im ersten Anlauf maßhaltige Teile lieferte.

Georg Schlöser ist Verantwortlicher für Simulation und Prozessentwicklung im Hause F. & G. Hachtel GmbH & Co. KG. Das Familienunternehmen ist nicht nur Spritzgießverarbeiter mit eigenem Werkzeugbau. Vielmehr unterstützt es mit seiner Engineering-Abteilung den Kunden durchgängig bei der Bauteil- und Werkzeugentwicklung, und zwar in allen Prozessschritten von der Idee bis zur Fertigung und Analyse. Der Anspruch des Unternehmens ist nichts weniger, als auf Antrieb funktionierende Werkzeuge und damit formtreue Bauteile herzustellen.

Hierfür bietet auf der einen Seite die Erfahrung aus über 600 gefertigten Werkzeugen in allen denkbaren Ausführungen ein solides Fundament. Auf der anderen Seite setzt Hachtel modernste Technologien ein. „Wir durchschauen Technik“ lautet nicht umsonst das Firmenleitbild, und dies ist im doppelten Wortsinn zu verstehen. Um die eigenen hochgesteckten Fertigungsziele zu erreichen, müssen die Mitarbeiter zuerst alle relevanten Prozes-

se der Bauteilentstehung verstehen und optimieren können. Möglich wird dies durch Prozesssimulation: Sie erlaubt es, den Fertigungsprozess realistisch abzubilden und bereits während der Designphase ein tiefes Prozessverständnis zu erlangen. Maßnahmen zur Prozessoptimierung lassen sich somit schon frühzeitig einführen.

Deren Nutzen wird am Ende des Entwicklungsprozesses anhand einer zerstörungsfreien Bauteilprüfung mittels Computertomographie (CT) validiert. Auf mittlerweile fünf firmeneigenen Anlagen verschaffen sich die Spezialisten hier tatsächlich den Durchblick. Das zahlt sich aus.

Verzug ist zu erwarten

Zum Beispiel bei der Herstellung der genannten Korbklammer (**Bild 1**). Sie arretiert einen Korb auf einer Laufschiene. Um eine problemlose Montage zu gewährleisten, müssen die Einbaumaße exakt eingehalten werden. Die Klammern sollen in einem 16-fach-Werkzeug mit Heiß-

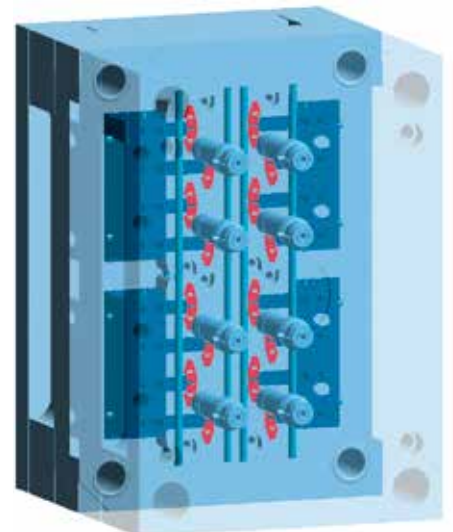


Bild 2. Der Heißkanalverteiler und die Schieber erschweren die Temperierung und sind daher in der Simulation unbedingt zu berücksichtigen (© Sigma Engineering)

kanal hergestellt werden. Die erforderlichen Schieberkerne erschweren die Temperierung (**Bild 2**). Auch wenn das Spritzgießmaterial ein talkumgefülltes Polypropylen (PP) mit hoher Steifigkeit und Formstabilität ist, lässt die Geometrie des Bauteils nichtsdestotrotz starken Verzug erwarten. Will man aufwendige Korrekturschleifen im Werkzeugbau und „Trial and Error“-Versuche beim Anfahren vermeiden, braucht es also ein Simulationswerkzeug, das den Spritzgießprozess realitätsnah abbildet und schon vor der Fertigung des Werkzeugs optimiert.

Hachtel hat sich für Sigmasoft Virtual Molding entschieden. Und das aus gutem Grund: Die Simulationssoftware Sig-



Bild 1. Die Klammer arretiert einen Korb auf einer Laufschiene. Für die Montage sind die Einbaumaße exakt einzuhalten

(© Sigma Engineering)

masoft berücksichtigt nicht nur die Bauteilgeometrie, sondern auch sämtliche Werkzeugkomponenten und den kompletten Fertigungszyklus inklusive aller Nebenzeiten. „Unter Virtual Molding verstehen wir nicht einfach nur die Berechnung des Füllvorgangs. Denn eine vereinfachte Abbildung des Werkzeugs reicht in den meisten Fällen nicht aus, um den Temperaturverlauf im Bauteil und den resultierenden Verzug realistisch vorherzusagen“, erklärt Timo Gebauer, Entwicklungsleiter der Sigma Engineering GmbH. „Daher errechnen wir die Temperaturen im gesamten Werkzeug. Dabei beziehen wir alle Prozessschritte in die Betrachtung ein, die den Wärmehaushalt des Werkzeugs und damit die Bauteiltemperaturen beeinflussen – und zwar über einen Zeitraum von mehreren Fertigungszyklen, die auch das Aufheizen des Werkzeugs oder Prozessunterbrechungen beinhalten.“

Um die Temperaturverteilung im Werkzeug möglichst exakt vorherzusagen, kann zusätzlich auch die Strömung des Temperiermediums im Kühlkanal berechnet werden. Denn abhängig von den Strömungsvorgängen im Kanal und von dessen Geometrie wird dem Werkzeug lokal unterschiedlich viel Wärme entzogen. Bei komplexen Temperiersystemen hat dies einen relevanten Effekt auf die Temperaturen im Werkzeug, den es zu berücksichtigen gilt.

Überhitzte Werkzeugbereiche bleiben in der Füllsimulation unerkannt

Für das Korbklammer-Werkzeug bedeutet das konkret, dass sowohl 60 Minuten Aufheizen als auch das Warmfahren über mehrere Zyklen simuliert wurden. Denn erst wenn ein thermisches Gleichgewicht im Werkzeug erreicht ist, werden für die virtuelle Produktion genau die Randbedingungen genutzt, die auch auf der Maschine im Serienprozess vorliegen. Während des Einschwingens werden auch das Öffnen und Schließen des Werkzeugs, die Bewegungen der Schieberkerne und die Wärmeverluste über die Trennebene realistisch abgebildet. Ebenfalls komplett berücksichtigt wird der Heißkanalverteiler, der einen erheblichen Wärmeeintrag in das Werkzeug mit sich bringt.

Auf dieser Basis wurde im letzten simulierten Zyklus der Einspritzvorgang,



Bild 3. In den Schieberkernen bilden sich Hotspots mit Temperaturen über 70 °C (© Sigma Engineering)

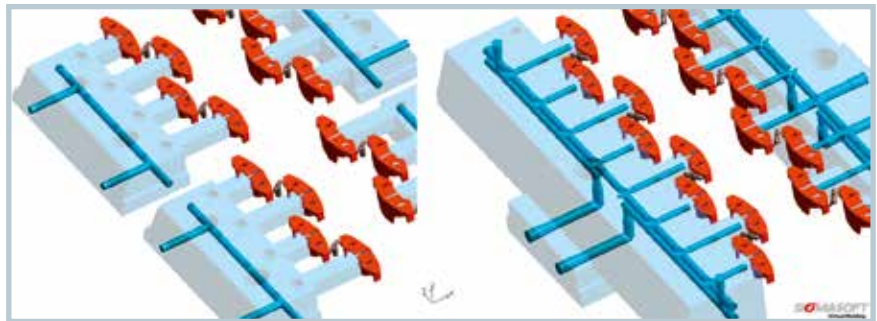


Bild 4. Temperierkonzepte im Vergleich: links die ursprünglich geplanten Schieber und Temperierkanäle, rechts das optimierte Design mit Steigbohrungen (© Sigma Engineering)

d.h. das Ausbreiten der Fließfront in der Kavität, detailliert errechnet. Diese Berechnung beruht nun also auf einer realistischen Verteilung lokaler Werkzeugtemperaturen anstatt auf der Annahme einer homogenen Werkzeugtemperatur. Dabei zeigte sich, dass die ursprünglich geplante Werkzeugtemperierung nicht ausreicht: Die Kerne heizten sich von Zyklus zu Zyklus auf, sodass lokal Temperaturen

über 70 °C auftraten, bei einer Soll-Temperatur von 20 °C (Bild 3).

Es ist klar, dass sich derart überhitzte Werkzeugbereiche negativ auf die Zykluszeiten auswirken. Und es ist auch klar, dass man diese Schwachstellen der Temperierung mit einer einfachen Füllsimulation nicht erkannt hätte. Anhand der Ergebnisse aus dieser ersten Simulation wurde das Temperierkonzept »

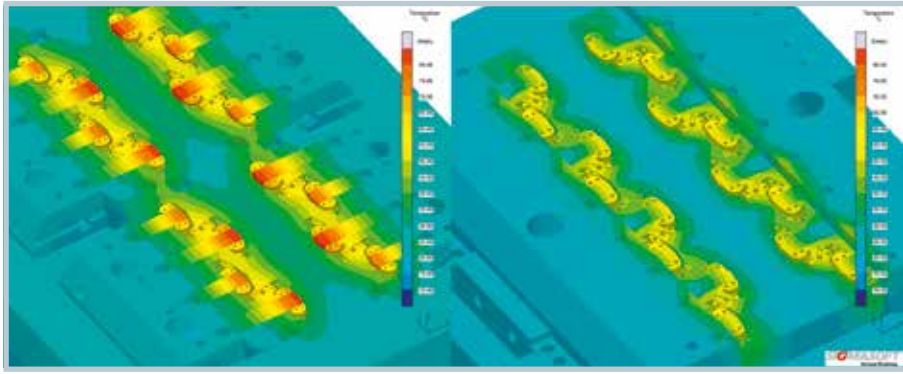


Bild 5. Temperaturverteilungen im Vergleich: links das ursprüngliche Konzept mit deutlichen Hotspots an den Schieberkernen, rechts gleichmäßige Temperaturen im optimierten Design

(© Sigma Engineering)

optimiert. Die beiden Schieberkerne einer Seite wurden jeweils zusammengefasst und können so durch Steigbohrungen intensiver temperiert werden (**Bild 4**). Hierdurch wird eine wesentlich homogenere Verteilung der Werkzeugtemperaturen erreicht (**Bild 5**): Die Temperaturen liegen jetzt durchgängig unter 58 °C. Mit dem neuen Temperierkonzept lässt sich die Zykluszeit deutlich verkürzen. Aber nicht nur das: Es verbessert zugleich die Maßhaltigkeit des Bauteils.

Nötigen Vorhalt fundiert berechnen

Mit Sigmasoft ist es möglich, den Verzug des Bauteils zu berechnen (**Bild 6**). Und auch hier zahlt sich das Prinzip des virtuellen Spritzgießens aus: Denn bei der Berechnung der lokalen Materialschwindung werden die realistische Temperaturverteilung im Werkzeug und die Abkühlgeschwindigkeit des Bauteils berücksichtigt. Die

Verzugssimulation umfasst sowohl die Erstarrung unter Formzwang im Werkzeug als auch die freie Abkühlung nach Entnahme aus der Maschine.

Aus dieser „Erstarrungshistorie“ kann man lernen. Zum Beispiel die Tatsache, dass man eine gekrümmte Klammer fertigen muss, um nach Abschluss des Abkühlprozesses die geforderte Maßhaltigkeit zu erlangen. „Mit dem Ergebnis kann man arbeiten“, sagt Georg Schlöser. „Bei der Korbklammer haben wir anhand der Verzugssimulation den nötigen Vorhalt für das Werkzeug ermittelt. Damit hatten wir maßhaltige Bauteile gleich im ersten Anlauf.“ Die anschließende CT-Analyse der ersten Bauteile bestätigte die Berechnungen. Zeit- und kostenintensive Korrekturschleifen zur Anpassung der Kavitätsgeometrie hat sich Hachtel damit gespart.

Fazit

Die virtuelle Abbildung des Spritzgießprozesses mit Sigmasoft Virtual Molding liefert realistische Temperaturen in Bauteil und Werkzeug. Darauf basierend ist auch eine verlässliche Vorhersage des Verzugs möglich. Der Versuchsstand wird damit auf den Schreibtisch vorverlegt. Das hilft in allen Phasen der Bauteil- und Prozessentwicklung, Fehler zu vermeiden und Ressourcen zu sparen, denn Korrekturschleifen lassen sich in wenigen Stunden am PC durchlaufen. Hachtel ist es damit gelungen, für die Korbklammer ein optimiertes Werkzeug herzustellen, auf dem von Anfang an maßhaltige Bauteile mit optimierter Zykluszeit produziert werden. ■

Die Autoren

Dr.-Ing. Silke Allert ist Mitarbeiterin der Magma Gießereitechnologie GmbH, Aachen. Sie ist in der Entwicklungsabteilung Sigmasoft tätig.

Vanessa Schwittay, B.Sc., ist im Engineering und Marketing der Sigma Engineering GmbH, Aachen, tätig.

Projektpartner

Sigma Engineering GmbH

» www.sigmasoft.de

F. & G. Hachtel GmbH & Co. KG

» www.fg-hachtel.com

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2279339

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

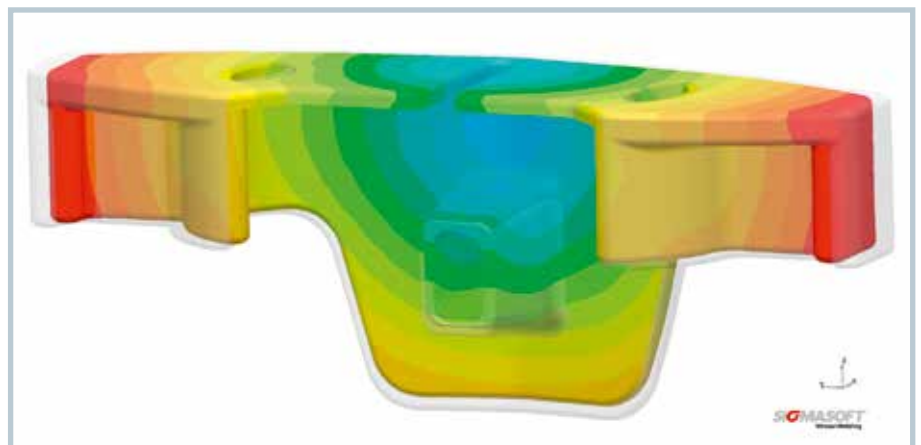


Bild 6. Die Bauteilgeometrie neigt zum Verzug (unverzogene Geometrie transparent).

Mit Sigmasoft lässt sich dieses Problem beherrschen (© Sigma Engineering)