

# ZYKLUSZEITEN GESENKT

**NEUES VERFAHREN ZUR VARIOTHERMEN PROZESSFÜHRUNG** Mit der Kleinteile-Spritzgießmaschine MW injection 50, die innerhalb eines vom BMWi geförderten Pro-Inno-Kooperationsprojekts entwickelt wurde, wird ein neues Konzept der variothermen Prozessführung umgesetzt. Mit diesem Verfahren lässt sich neben der für die variotherme Arbeitsweise üblichen verbesserten Abformung von Strukturen eine wesentliche Reduzierung der Zykluszeit erreichen.

**B**eim Spritzgießen von Klein- und Mikroteilen oder von Formteilen mit großem Fließweg-Wanddickenverhältnis und/oder filigranen Oberflächenstrukturen erstarrt die Schmelze aufgrund geringer Wärmekapazität frühzeitig. Das heißt, die Form wird nur unvollständig gefüllt und die Oberfläche daher mangelhaft abgeformt. Mit zunehmender Miniaturisierung verstärkt sich diese Tendenz. Wird aber die Werkzeugwandtemperatur erhöht, erstarrt die Schmelze während der Füllphase langsamer und behält ihre niedrige Viskosität bis zur kompletten Füllung.

Daher wurde bereits in den 70er-Jahren die variotherme oder dynamische Temperierung entwickelt. Unter anderem an der Universität Stuttgart wurde ein Spritzgießwerkzeug vor dem Einspritzen der Formmasse annähernd auf Schmelztemperatur aufgeheizt und nach dem Einspritzen auf Entformungstemperatur gekühlt. Diese Verfahrensweise wurde vorrangig zur Herstellung von spannungs- und orientierungsfreien Formteilen sowie bei Bindenahtproblemen eingesetzt. Bei den derzeit verwendeten Verfahren wird die variotherme Temperierung zudem für einen verbesserten Oberflächenglanz, eine höhere Abbildgenauigkeit von Mikrostrukturen sowie für das Spritzgießen von Mikroteilen eingesetzt. Um Werkzeuge zu temperieren, sind verschiedene Verfahren im industriellen Einsatz:

## Autoren

Franziska Seidel, Gesellschafterin/  
Geschäftsführerin, CKT Kunststoffverarbeitungstechnik und Ökoplast, Mittweida,  
ckt-tauscha@t-online.de

Dietmar Brunner, Mitarbeiter für Entwicklung, Ökoplast, Mittweida,  
oekoplast@t-online.de

Prof. Dr. Eckhard Wißuwa, Fachbereich  
Maschinenbau/Feinwerktechnik,  
Hochschule Mittweida (FH), Mittweida,  
wissuwa@htwm.de

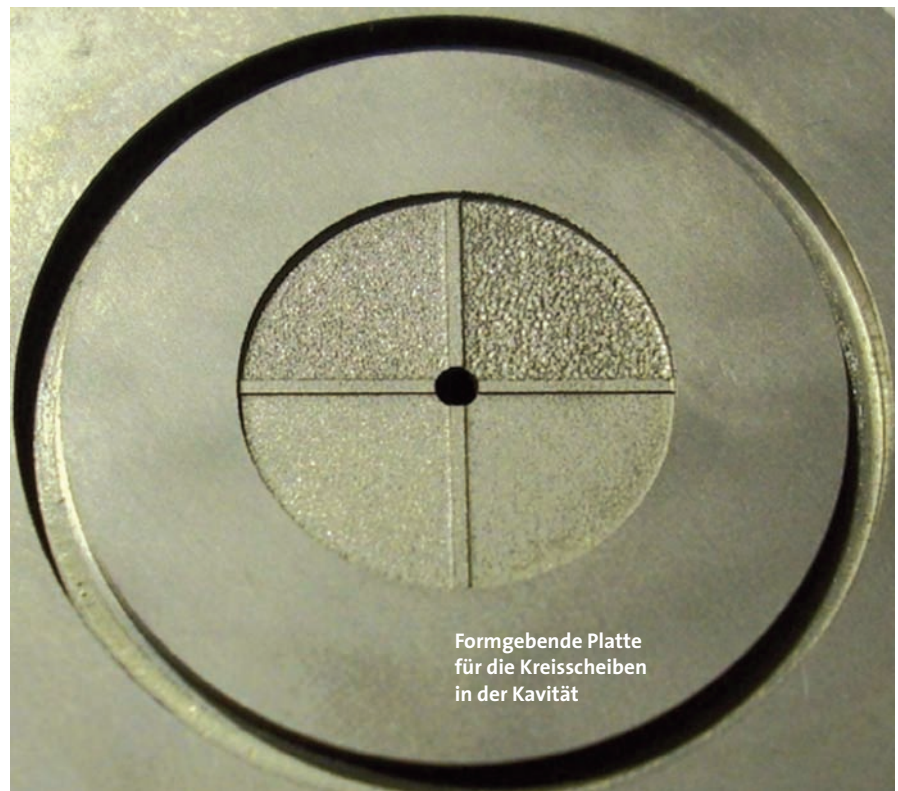
- ein Wärmeträgermedium, das entweder in einem separaten Kanal oder sequenziell im selben Temperierkanal wie das Kühlmedium umläuft,
- metallische oder keramische Heizein-sätze oberflächennah im Werkzeug angeordnet, nach dem Prinzip der elektrischen Widerstandsheizung,
- Infrarot-Bestrahlung der Werkzeugkontur,
- induktive Beheizung mit einem elektromagnetischen Wechselfeld und
- Sonderverfahren, wie die Laserstrahl-erwärmung oder die dielektrische Erwärmung in einem Kondensator- oder Mikrowellenfeld.

## Kühlung der Kavität

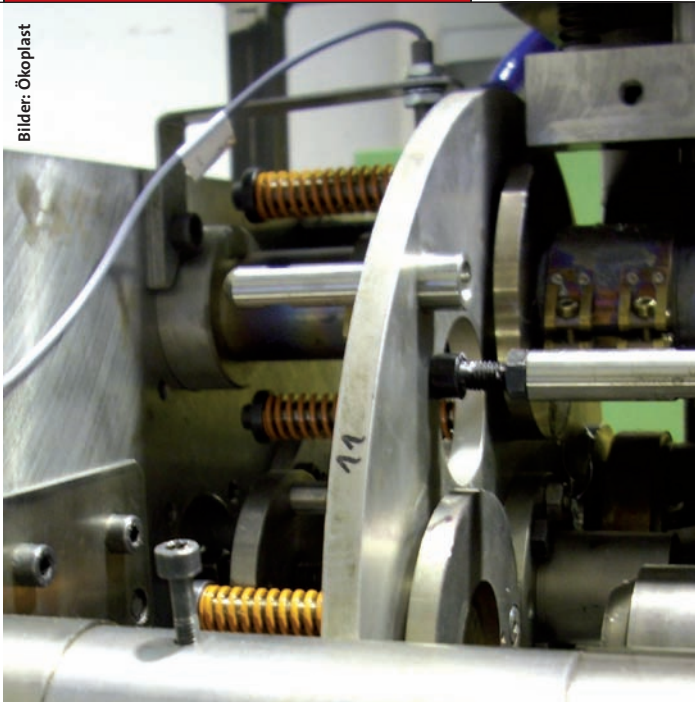
Unmittelbar nach dem Werkzeugfüllvorgang muss die Kavität zum Entformen

der Teile auf Formstabilität gekühlt werden. Hierfür ist die Zahl der Verfahren vergleichsweise übersichtlich. Aus Kostengründen weit verbreitet sind Systeme, die bevorzugt mit Wasser oder Öl arbeiten. Aufwendigere Systeme, die einen Phasenwechsel des Kühlmediums nutzen, sind dagegen selten.

Problematisch bei der variothermen Temperaturführung ist es nun, dass einerseits Werkzeugwandtemperaturen nahe Schmelztemperatur und andererseits schnelle Wechsel zur Entformungstemperatur benötigt werden. Erforderlich ist daher ein hochdynamisches Temperiersystem. Verfahrenstechnisch bedingt laufen bei diesen Systemen die Stufen Heizen, Einspritzen, Kühlen nacheinander ab und bestimmen die Zykluszeit. Nachteilig ist weiterhin der kompli-



Formgebende Platte  
für die Kreisscheiben  
in der Kavität



## Heizen und Kühlen gleichzeitig

Ausgehend von den Forderungen an die variotherme Prozessführung und dem technischen Stand dieser Technologie wurde mit der Entwicklung der Spritzgießmaschine „MW injection 50“ neben einer auf Kleinteile bezogenen Variante der Scheibenplastifizierung ein neues Konzept der variothermen Prozessführung umgesetzt. Bei dem in Mittweida entwickelten neuartigen Konzept der variothermen Temperierung erfolgt das Heizen und das Kühlen der als Werkzeug ausgeführten formgebenden Platten an getrennten Stationen, sodass Heiz- und Kühlvorgänge zeitgleich möglich sind. Dadurch werden nur die erforderlichen Formplatten temperiert, das Umschalten von Heizen auf Kühlen wird eingespart und die Zykluszeit so wesentlich reduziert. An einem bei Ökoplast erprobten Prototypen konnten diese Vorteile beim Spritzen einer Kreisscheibe aus POM nachgewiesen werden. Darüber hinaus ließen sich die Vorzüge der variothermen Temperierung aufzeigen. Dazu gehörten die Verbesserung des Füllverhaltens der Kavität, ein geringerer Druckbedarf beim Einspritzen und eine verbesserte Abbildgenauigkeit.

Der Werkzeugträger ist als Drehteller ausgeführt.

zierte Aufbau der Werkzeuge, das ständige Ein- und Ausschalten der Heiz- und Temperiermedien. Außerdem wird ein großer Teil des Werkzeuges unerwünscht erwärmt. Um diese Nachteile zu vermeiden, wurden nachfolgende Anforderungen gestellt:

- das Heizen und Kühlen nur auf den erforderlichen Teil des Spritzgießwerkzeugs zu konzentrieren,
- das ständige Zu- und Abschalten von Heizung und Kühlung abzuschaffen,
- den komplizierten Aufbau der Werkzeuge zu vereinfachen und
- die Zykluszeit zu reduzieren.

Die Schritte Heizen des Formnestes, Einspritzen der Schmelze, Kühlen und Entformen des Teils wurden daher verfahrenstechnisch getrennt in verschiedene Stationen gelegt. Damit können diese Schritte zeitgleich erfolgen, wenn alle Stationen mit Formplatten besetzt sind.

### Formgebende Platten als Werkzeug

Das Werkzeug besteht bei diesem neuen Konzept nur noch aus den formgebenden Platten. Die Stationen sind auf separaten Aufspannplatten montiert. Die beheizte und die gekühlte Station werden einmalig beim Anfahren auf die nötigen Temperaturen gebracht. Danach wird nur die Temperatur geregelt. Ein Formenträger transportiert die Formnestplatten im geschlossenen Zustand zu den Stationen Heizen, Einspritzen, Kühlen und Entformen. Für die Formenträger können die aus der Mehrkomponententechnik bekannten Drehteller, Indexplatten oder auch Würfel genutzt werden. Der aktuelle Prototyp besitzt einen als Drehteller ausgeführten Werkzeugträger.

Durch den Wärmeübergang beim Anlegen der Formnestplatten an die Ma-

schinenstationen „Heizen“ und „Kühlen“ werden die Platten erwärmt oder gekühlt. Um den Wärmeübergang auf die Formnesten zu verbessern, pressen im aktuellen Entwicklungszustand Federn die Platten an die Stationen. Außerdem werden Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit eingesetzt. In der Entformstation wird das Formnest geöffnet, das Teil entformt und die Kavität wieder geschlossen. Das Maschinenstationensystem besteht aus Einspritzen, Kühlen, Auswerfen und Heizen. Ein pneumatischer Antrieb führt den Formenträger entgegen dem Uhrzeigersinn von Station zu Station. Ein pneumatisches Kniehebelsystem öffnet und schließt die Kavität und bringt die nötige Zuhaltkraft auf.

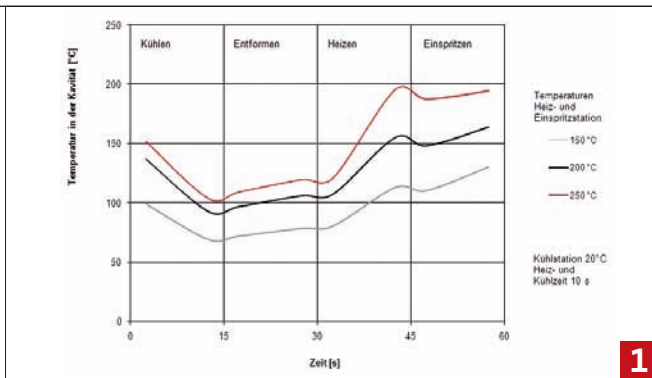
Nachdem durch die Plastifiziereinheit die erforderliche Plastifiziermenge in den Spritzzylinder gefördert wurde, öffnet ein Nadelverschluss die Einspritzdüse und der Spritzkolben spritzt die Kunststoffschmelze in die kavitätsbildenden Formteilhälften. Nach Beendigung der druckgesteuerten Einspritzphase schließt der Nadelverschluss und das Stationensystem dreht sich um 90° weiter. Während der Einspritzphase wird in der Heizstation die Kavität etwa auf Schmelztemperatur beheizt und in der Kühlstation das Formteil auf Entformungstemperatur gekühlt. Dabei wird beim Abfahren der Formplatten vom Stationensystem vor der nächsten Drehbewegung das Formteil in der Entformstation entformt.

### Experimentelle Erprobung

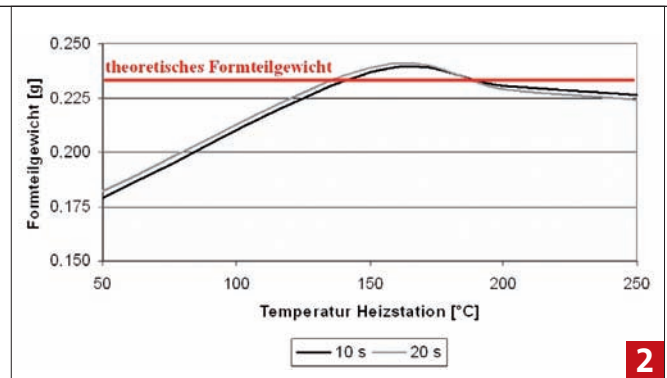
Diese an einem Prototypen umgesetzte Technologie ist neu. Deshalb sind Untersuchungen zu den Heiz- und Kühlvorgängen an den Stationen erforderlich. Der Prototyp wurde mit Widerstandshei-

zung (Heizband) an der Heiz- und der Einspritzstation ausgestattet, die Kühlstation wird mit Kühlwasser der zentralen Rückkühlung von 20 °C temperiert. Von besonderem Interesse sind die Stationstemperaturen in der von den Formteilhälften gebildeten Kavitäten. Um die Wärmeübergänge an den Stationen zu ermitteln, wurden die Temperaturen in den Formteilhälften mit einem hochdynamischen 1-mm-Mantelthermoelement gemessen. Variiert wurden Taktzeit und Temperaturen der Heiz- und Einspritzstation. Die Versuche wurden im Trockenlauf beispielhaft für POM durchgeführt. Diagramm 1 stellt die Ergebnisse dar. Im Beispiel zeigt sich, dass zur Erreichung des Kristallitschmelzpunkts von 165 °C eine Temperatur der Heizstation von 200 °C ausreicht. Eine Erhöhung der Heizzeit dagegen brachte keine wesentliche Erhöhung der Temperatur in den Kavitäten. Die Versuche zeigen aber auch, dass Wärmeübergänge und Energieeffizienz noch verbessert werden können.

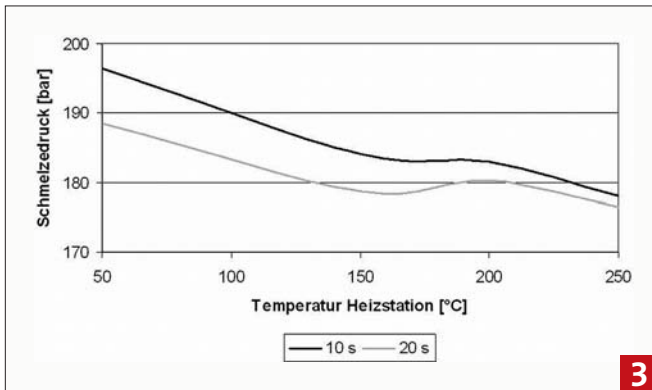
Für die verfahrenstechnischen Untersuchungen wurde eine 20-mm-Kreisscheibe mit einer Dicke von 0,5 mm, unterteilt in vier Kreissegmente unterschiedlicher Rauigkeiten, aus POM (Hostaform C 9021) gespritzt. Untersucht wurde das Füllverhalten der Kreisscheibe sowie die Abbildung der Oberfläche bei verschiedenen Heizbedingungen. Aus Diagramm 2 ist ersichtlich, dass eine 100 %-ige Formfüllung erst oberhalb des Kristallitschmelzpunkts von 165 °C erreicht wird (Formteilgewicht 0,233 g). Eine weitere Erhöhung der Temperatur der Heizstation verringert das Formteilgewicht geringfügig, was mit einem veränderten Nachdrucks ausgeglichen werden muss. Interessant ist dabei der



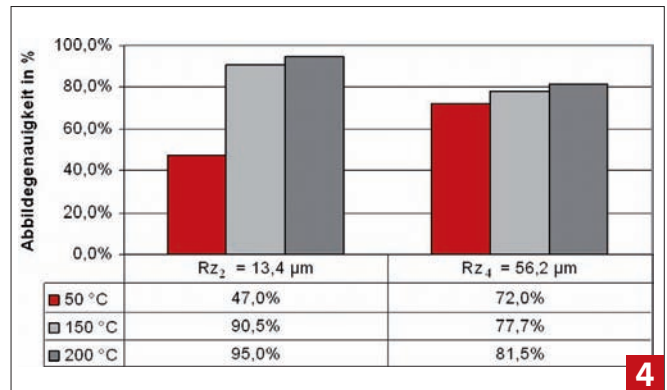
1 Temperaturen in den Kavitäten



2 Formteilgewicht in Abhängigkeit der Temperatur der Heizstation (Umschaltdruck und Nachdruck konstant)



3 Schmelzedruck in Abhängigkeit der Temperatur der Heizstation (Schmelzedruckgeber MDA 435 von Dynisco)



4 Abbildegenauigkeit (RZ Formteil/RZ Werkzeug) x 100 (Oberflächenmessgerät Hommeltester Trioobasic)

Schmelzedruck an der Einspritzstation, wie in Diagramm 3 dargestellt. Durch die bessere Fließfähigkeit der Schmelze bei höherer Werkzeugtemperatur sinkt der Druckbedarf bei gleichzeitiger Erhöhung der Formteilmasse.


Zur Ermittlung der Abformgenauigkeit wurden die Rauigkeiten  $R_z$  der Kreisscheibe bei Berücksichtigung der Schwindung zu den Rauigkeiten der Kreissegmente des Werkzeuges ins Verhältnis gesetzt. Diagramm 4 zeigt unter

Einfluss der Temperatur an der Heizstation die verbesserte Abbildegenauigkeit. Dabei ist der Einfluss der Temperatur bei kleinerer Rauigkeit erwartungsgemäß größer.

Die Weiterentwicklung des Verfahrens, vor allem hinsichtlich der Energieeffizienz, beinhaltet noch ein großes Entwicklungspotenzial. In Zusammenarbeit mit der Hochschule Mittweida wurde inzwischen eine Versuchseinrichtung entwickelt und gebaut. Um Rückschlüsse

über Wärmetrennungen und Isolationen zu treffen, werden gegenwärtig umfangreiche Untersuchungen zum Wärmeübergangsverhalten von Heizstation auf Formplatten bzw. von Formplatten auf Kühlstation und zu Wärmeleitvorgängen in den einzelnen Baugruppen durchgeführt. ■

#### KONTAKT

 Ökoplast, Mittweida,  
Halle A5, Stand 5228