

2-fach-Heißkanal-Werkzeug eines Zylindergehäuses für Kupplungsnehmer. In beiden Kavitäten ist jeweils ein Druck- und ein Temperatursensor eingebaut

(Bilder: Priamus)

Qualität aus der Tiefe des Werkzeugs

Prozesskontrolle. Um ein Spritzgussteil in der gleichen Qualität zu reproduzieren, genügt es nicht, die Einstellparameter der Spritzgießmaschine zugrunde zu legen, da sich selbst ein optimierter Prozess ständig verändert. Unterschiedliche Teileigenschaften lassen sich jedoch direkt aus der Kavität heraus gezielt verändern und regeln. Damit können Verarbeiter auf die aufwendige Prüfung dieser Merkmale nach dem Spritzgießprozess verzichten.

**CHRISTOPHERUS BADER
ERWIN KÖNIG
CHRISTOPH SCHMIDT**

Wer im Spritzgießen etwas auf sich hält, vertraut auf die Maschine, produziert – und ignoriert weiter die nach wie vor hohen Ausschussraten, die nachgeordnete Prüfverfahren an den fertigen Spritzteilen überhaupt erst zur Notwendigkeit erheben. In einem durchschnittlichen Spritzbetrieb finden sich deshalb auch heute noch Abteilungen, die nur damit beschäftigt sind, mühsam die guten Teile von den schlechten zu trennen.

Seit vielen Jahren werden Werkzeuginnendruck-Sensoren direkt in der Kavität

des Werkzeugs eingesetzt, um indirekt, beispielsweise über den maximalen Druck, einen Rückschluss auf die Teilequalität zuzulassen. Das ist ein Schritt in die richtige Richtung, der aber bei Weitem nicht ausreicht, um alle Qualitätsmerkmale zu beschreiben. Seit einiger Zeit gewinnen Werkzeugwandtemperatur-Sensoren an Bedeutung, die die Schmelzefront automatisch erkennen und zum Balancieren von Heißkanal-Werkzeugen oder zum automatischen Öffnen und Schließen von Verschlussdüsen verwendet werden [1].

Umso überraschender ist die Erkenntnis, dass es im Jahr 2013 immer noch Maschinenlieferanten gibt, die behaupten, sämtliche Qualitätsprobleme allein über die Maschineneinstellung beherrschen zu können. Denn dabei stellt sich schon bei zwei Kavitäten die Frage, wie

die Maschine Fließunterschiede von einer Kavität zur anderen ausgleichen will. Und wer kann erklären, dass in den Normen zur Bestimmung von Fähigkeitswerten eine Prüfung im Trockenlauf – also ohne Werkzeug – empfohlen wird?

Eine neue Dimension

Um das Fließen der Schmelze im Werkzeug – und damit deren Viskosität – zu bestimmen, genügt ein einzelner Sensor nicht. Denn die Schmelze muss einen definierten Weg durchfließen, damit Messinstrumente ihre Schergeschwindigkeit und Schubspannung detektieren können. Mithilfe eines von der Priamus System Technologies AG, Schaffhausen/Schweiz, entwickelten Verfahrens werden die Fließeigenschaften von Kunststoffschmelzen

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111347

heute automatisch während der Produktion ermittelt, überwacht und auch auf einen gewünschten Zielwert geregelt [2]. Dabei werden jeweils ein Werkzeuginnen-druck- und ein Werkzeugwandtemperatur-Sensor in Fließrichtung positioniert und die Signalanstiege entsprechend ausgewertet.

Priamus geht noch einen Schritt weiter und regelt zusätzlich die Festigkeit und die Dimensionsgenauigkeit der Spritzteile, indem außer den Einspritz- und Nachdruckprofilen in jedem Produktionszyklus auch die Schmelze- und Werkzeugtemperaturen prozessabhängig nachgestellt werden [3]. Was in der Theorie sehr aufwendig und kompliziert erscheinen mag, ist in der Praxis mit dem Fillcontrol-System von Priamus einfach umzusetzen. Doch was ist der wirkliche Anreiz, den Prozess direkt am Teil nicht nur zu überwachen, sondern auch gezielt auf bestimmte Qualitätsparameter zu regeln? Die Antwort darauf ist vielfältig und fällt je nach Branche und Anwendung unterschiedlich aus.

Für die Hersteller von Medizinprodukten sind die aufwendigen und durchaus fragwürdigen Prozeduren zur Prozessvalidierung vor allem in den USA eine kostspielige und nicht immer effektive Methode der Qualitätssicherung. Oft werden Merkmale und Eigenschaften validiert, die mit der Produktqualität nur wenig zu tun haben. Dies ist den Beteiligten durchaus bewusst, bloß mangelt es an Alternativen, und es ist schwierig, die eingefahrenen Total-Quality-Management- und Six-Sigma-Traditionen zu brechen. Ein System, das es den Verarbeitern praktisch

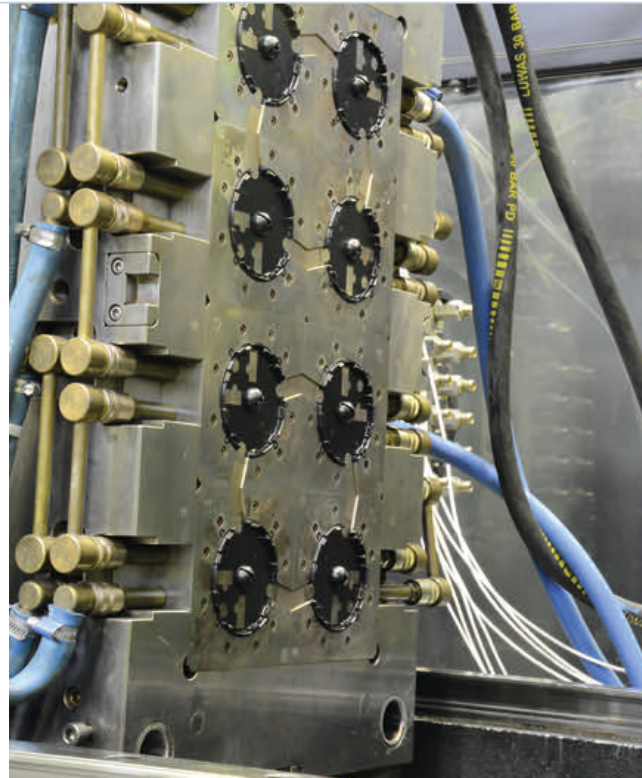


Bild 1. 8-fach-Heißkanal-Werkzeug zur Herstellung von Bodenplatten für Verstellantriebe von Außenspiegeln. Zur automatischen Heißkanalbalancierung ist in jeder Kavität ein Temperatursensor eingebaut, in einer Kavität zusätzlich ein Drucksensor für die Qualitätsregelung

per Knopfdruck ermöglicht, den Validierungsprozess sinnvoll zu vereinfachen, verändert diese Situation jedoch von Grund auf.

In anderen Bereichen wie der Automobil-Zulieferindustrie sind es echte Qualitätskriterien, die erfüllt werden müssen. Das Risiko beispielsweise, dass ein Airbag sich im entscheidenden Moment nicht öffnet, müssen die Hersteller eliminieren. In diesem Fall liegt der praktische Nutzen eines Regelsystems schlicht und einfach darin, das jeweilige Qualitätsmerkmal sicher auf den Punkt zu regeln und zu reproduzieren.

Ein anderer Aspekt, der im Zeitalter der Globalisierung viele Unternehmen beschäftigt, ist die Frage, wie sich die Produktqualität an unterschiedlichen Produktionsstandorten sicherstellen lässt. Denn was nützt ein in Stuttgart optimierter Prozess, der in Rumänien, Spanien oder Malaysia nicht genau so gut reproduziert werden kann?

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser

Während die Systeme zur Prozessüberwachung und Heißkanalbalancierung →

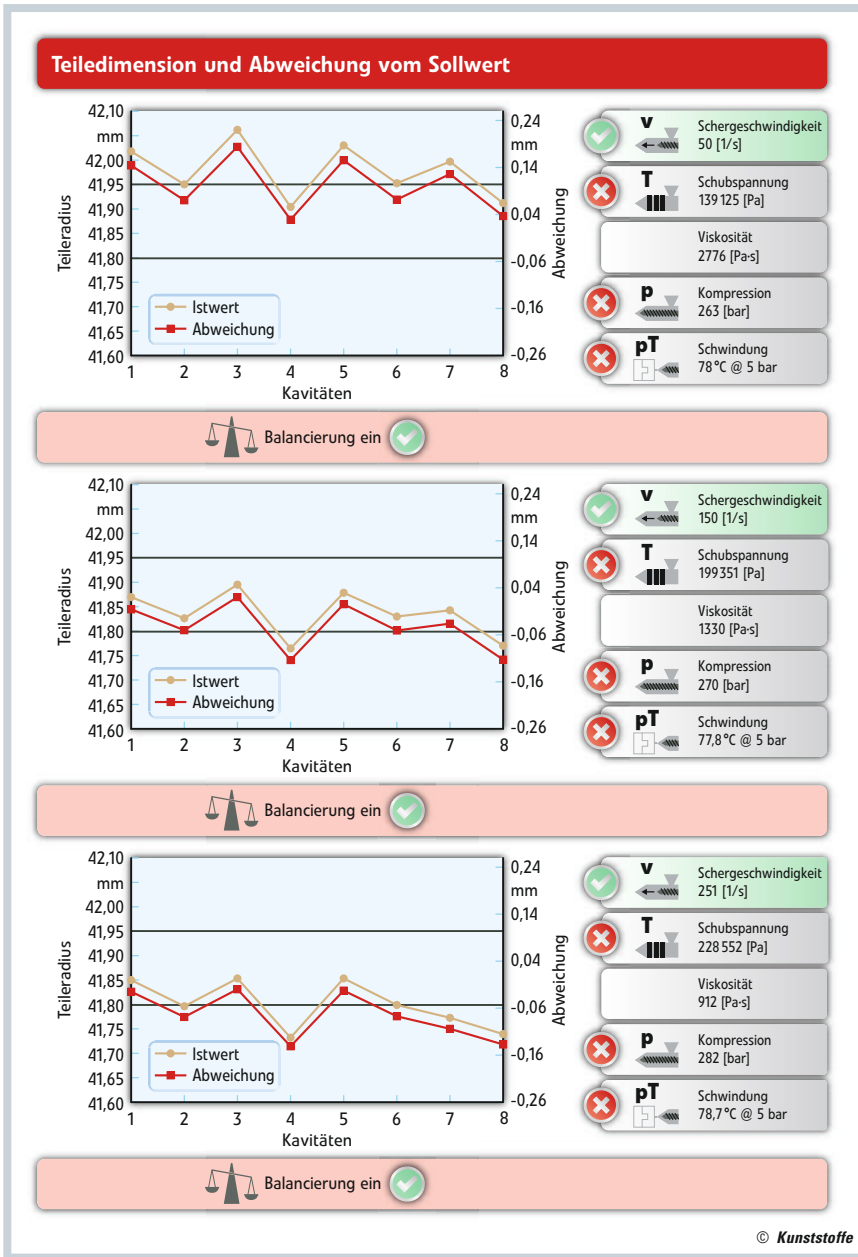


Bild 2. Die Durchmesser der acht Bodenplatten in Abhängigkeit verschiedener Schergeschwindigkeiten, gemessen direkt in der Kavität. Die Schergeschwindigkeiten werden über die Einspritzprofile gezielt verändert. In diesem Fall war der Prozess bereits vor der Regelung der Schergeschwindigkeit balanciert

seit vielen Jahren erfolgreich im Einsatz sind, sollen die Qualitätsregler des Fill-control-Systems anhand zweier Beispiele genauer beleuchtet werden. Der österreichische Automobilzulieferer Magna Auteca aus Krottendorf/Weiz produziert mit mehr als 30 Spritzgießmaschinen über 275 Mio. Kunststoffteile pro Jahr, in erster Linie Verstellantriebe für Außenspiegel. Seit 2005 setzt das Unternehmen hierfür Priamus-Systeme zum automatischen Balancieren von Heißkanalsystemen ein, die sicherstellen, dass alle Teile immer gleichzeitig gefüllt sind. Bei der Herstellung der Bodenplatte dieser Verstellantriebe in einem typischen 8-fach-Heißkanal-Werkzeug (Bild 1) stellt vor allem der Durchmesser dieser Spritzteile einen kritischen Qualitätsparameter dar. Dieses Maß wird derzeit nach dem Entformen der Teile in einem nachgeordneten Arbeitsschritt aufwendig kontrolliert, der zukünftig aus Kostengründen entfallen soll.

Voraussetzung ist deshalb nicht eine konstante Maschineneinstellung, sondern ein konstanter Prozess. In einer aufwendigen Versuchsreihe wurden die Qualitätsregler des Fillcontrol-Systems untersucht, um die Abhängigkeit dieses Größenmaßes von den verschiedenen



Bild 3. Die Produktion dieses Zylindergehäuses aus einem PPA-GF50 stellt hohe Anforderungen an die Berstdruckfestigkeit, Oberflächenrauigkeit, Maßhaltigkeit und Gratfreiheit

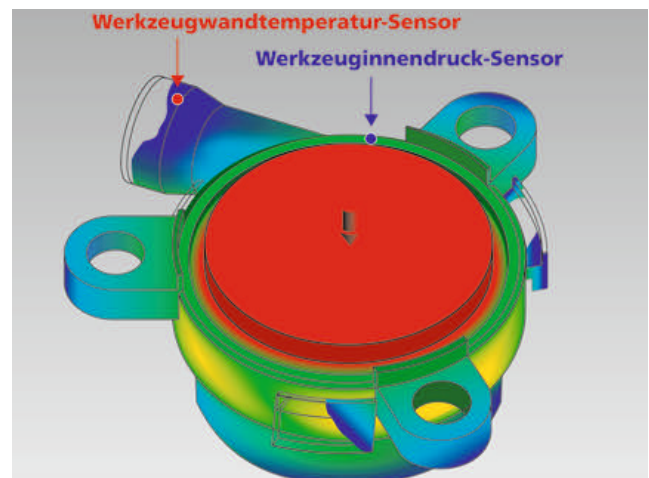


Bild 4. Die Positionen des Werkzeuginnendruck- und des Werkzeugwandtemperatur-Sensors im Zylindergehäuse. Voraussetzung zur automatischen Prozessregelung ist, dass der Drucksensor im Schmelzefluss immer vor dem Temperatursensor platziert wird

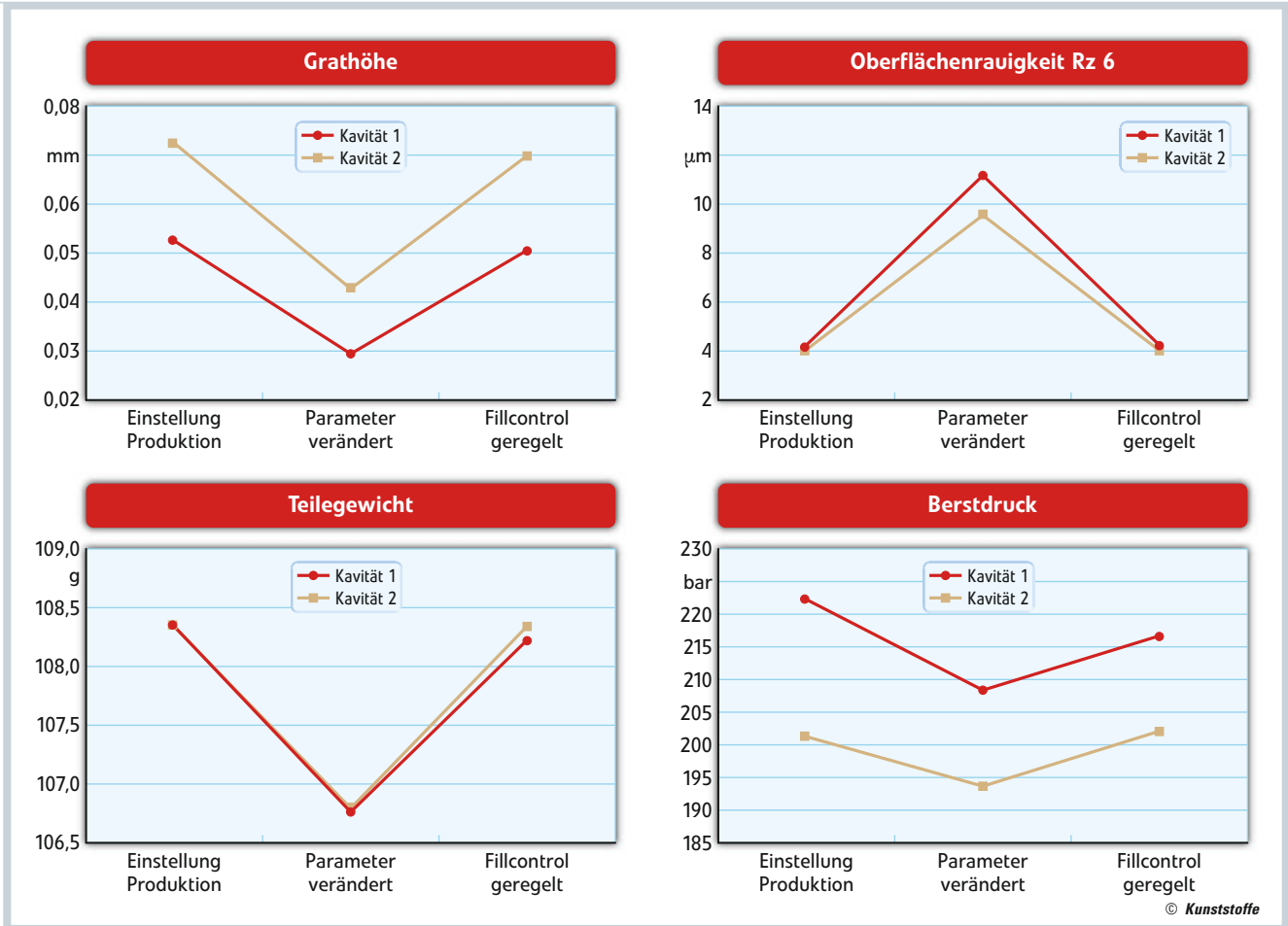


Bild 5. Einfluss der vier Reglerparameter (Einspritzprofil, Nachdruckprofil, Schmelztemperatur und Werkzeugtemperatur in Abhängigkeit des Werkzeuginnendrucks) auf die verschiedenen Qualitätsparameter. Diese wurden zunächst unter optimierten Prozessbedingungen ermittelt und dann gezielt verändert. Das System regelte schließlich automatisch auf die optimierten Werte zurück

Maschineneinstellungen zu charakterisieren. Nachdem die Kavitäten in jedem einzelnen Zyklus ausbalanciert sind, lässt sich der Durchmesser der acht Bodenplatten allein mithilfe des Schergeschwin-

digkeitsreglers gezielt verändern (Bild 2). Hierbei wird das Einspritzprofil der Maschine proportional verändert, bis der eingestellte Zielwert der Schergeschwindigkeit in der Kavität erreicht ist. Eine au-

tomatische Regelung dieses Durchmessers innerhalb der geforderten Toleranzen ist somit möglich, und auf eine nachträgliche Messung kann verzichtet werden.



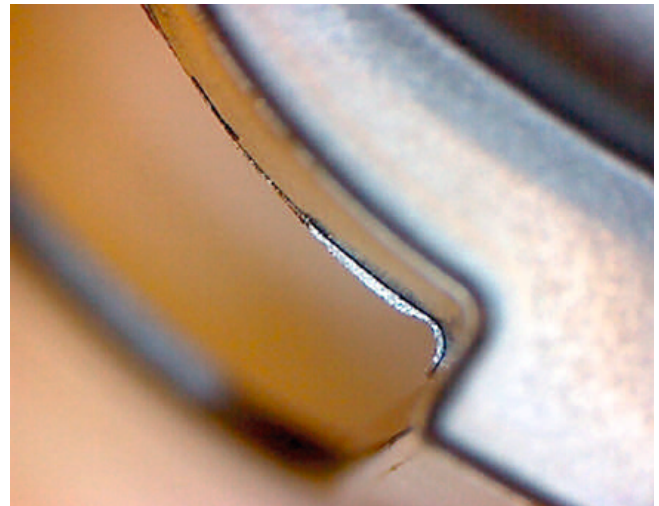


Bild 6. Die Grathöhe der Spritzteile hängt direkt vom Fließverhalten der Schmelze und somit von ihrer Viskosität ab. Mit dem Fillcontrol-System wird u. a. die Viskosität der Schmelze in Form von Schergeschwindigkeit und Schubspannung bestimmt und geregelt, woraus sich auch die Grathöhe der Teile ergibt. Im Bild rechts ist ein deutlich höherer Grat aufgrund einer niedrigeren Schmelzeviskosität zu erkennen

Das System findet den richtigen Weg allein

Eine ähnliche Versuchsreihe wurde bei der Ensinger GmbH in Rottenburg am Neckar durchgeführt. Gegenstand der Untersuchungen war ein Zylindergehäuse für Kupplungsnehmer (Bild 3), das aus einem mit 50 % Glasfasern gefüllten HAT-PPA (Typ: Grivory HTV-5H1 schwarz 9205; Hersteller: EMS-Chemie AG, Domat/Ems) hergestellt wird. Um die hohen Anforderungen an die Berstdruckfestigkeit, Oberflächenrauigkeit, Maßhaltigkeit und Gratfreiheit konstant zu erfüllen, müssen die Qualitätsschwankungen der Kunststoffschmelze kompensiert werden. Aus diesem Grund wurde in beide Kavitäten des Heißkanal-Werkzeugs jeweils ein Werkzeuginnendruck- und ein Werkzeugwandtemperatur-Sensor eingebaut, um den Schmelzefluss in Form von Schergeschwindigkeit und Schubspannung Zyklus für Zyklus direkt im Werkzeug zu ermitteln (Bild 4). Aus den Daten, wann die Schmelze die jeweilige Sensorposition erreicht, wird automatisch die Viskosität ermittelt. Der Drucksensor wird zusätzlich zur Regelung der Kompression verwendet, der Temperatursensor zur Regelung der Schwindung und zum automatischen Umschalten auf Nachdruck.

Um den Einfluss der vier Regler auf die verschiedenen Qualitätsparameter zu bestimmen, wurden zunächst Spritzteile unter den optimierten Prozessbedingungen hergestellt und ausgewertet. Danach wurden die Regelparameter (Einspritzprofil, Nachdruckprofil, Schmelzetemperatur und Werkzeugtemperatur in Abhängigkeit des Werkzeuginnendrucks) gezielt verändert, um so Schlechteile

außerhalb der Qualitätstoleranzen zu erzeugen. Das Fillcontrol-System hat schließlich allein aufgrund der Messungen im Werkzeug die Einstellung der Spritzgießmaschine so verändert, dass die ursprünglich optimierten Parameter im Teil wieder erreicht wurden (Bild 5). Die Auswirkungen der Regler sind anhand der Grathöhe erkennbar (Bild 6), wobei sich die Veränderung aufgrund der unterschiedlichen Fließeigenschaften bzw. Viskositäten der Kunststoffschmelze erklären lässt.

Fazit

Eine konstante Maschineneinstellung ergibt noch lange keine konstante Teilequalität. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich unterschiedliche Qualitätsparameter des Spritzteils automatisch auf einen gewünschten Zielwert regeln lassen und somit eine teure Nachkontrolle vermeiden lässt. Voraussetzung hierfür sind ein Werkzeuginnendruck-Sensor und ein Werkzeugwandtemperatur-Sensor sowie eine Leitrechner-Schnittstelle zur Kommunikation mit der Spritzgießmaschine.

Die Zukunft wird zeigen, inwieweit mit diesem Verfahren auch Validierungsprozesse vereinfacht und sinnvoller gestaltet werden können. Schon heute ist absehbar, dass sich auf diese Weise optimierte Prozesse von einer Maschine auf die andere und von einem Produktionsstandort zum anderen transferieren lassen. ■

DANK

Der Dank der Autoren gilt
- Günter Bauernhofer, Prozessverantwortlicher für die Kunststoffspritzerei bei Magna Auteca, sowie den

Mitarbeitern Josef Koller und Andreas Kleinburger für die Unterstützung bei den Versuchen;
- Reimar Oldero, Spartenleiter Spritzgießen, und Dr. Dirk Weydandt, Produktionsleiter Spritzgießen bei Ensinger, für die Bereitstellung der Anlage und der Kapazitäten zur Durchführung der Versuche.

LITERATUR

- 1 Bader, C.; Zeller, S.: Die Entdeckung der Schmelzefront. *Kunststoffe* 100 (2010) 6, S. 46–50
- 2 Bader, C.; König, E.: Wir regeln das schon. *Kunststoffe* 102 (2012) 6, S. 62–67
- 3 Bader, C.; Kristiansen, P.M.: Auf den Punkt gebracht. *Kunststoffe* 101 (2011) 6, S. 16–20

DIE AUTOREN

DIPL. ING. (FH) CHRISTOPHERUS BADER, geb. 1962, ist seit 2001 Geschäftsführer der Priamus System Technologies AG, Schaffhausen/Schweiz.

DIPL. ING. (FH) ERWIN KÖNIG, geb. 1964, ist seit 2001 Geschäftsführer der Priamus System Technologies GmbH, Salach.

CHRISTOPH SCHMIDT, geb. 1971, ist als Kunststofftechniker verantwortlich für die Prozessoptimierung bei der Ensinger GmbH in Rottenburg-Ergenzingen.

SUMMARY

QUALITY FROM THE DEPTH OF THE MOLD

PROCESS CONTROL. To reproduce an injection molded part in the same quality, it is not enough to use the machine settings as basis, since even an optimized process changes continually. However, different part properties can be modified and controlled as desired directly from the cavity. This means that processors no longer need to elaborately test these features after the injection molding process.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on www.kunststoffe-international.com