

Christopherus Bader, Christian Burkhart, Erwin König

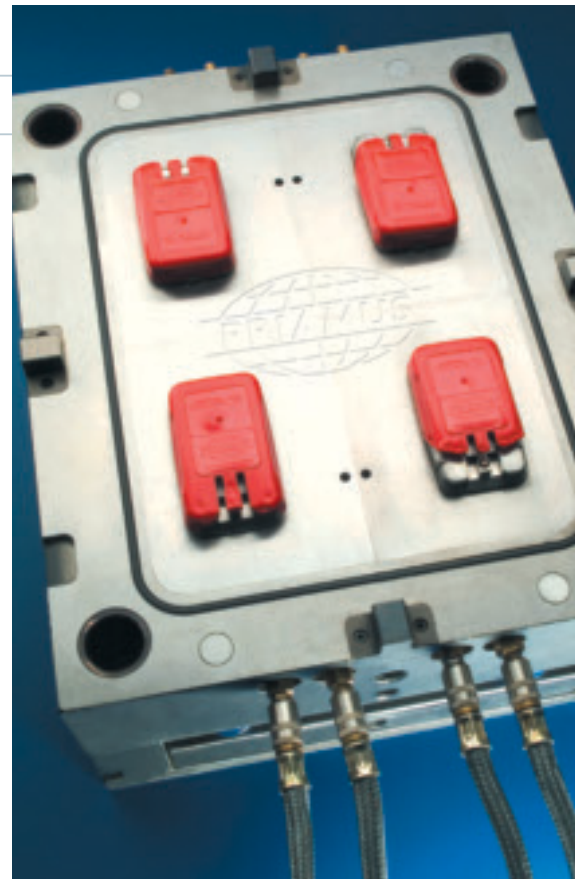
Geregelte Verhältnisse



Sonderdruck

Geregelte Verhältnisse

Heißkanalsysteme. Zur exakten Balancierung eines Mehrkavitäten-Heißkanalwerkzeugs eignen sich weder Werkzeuginnendruck-Sensoren noch Füllstudien. Werkzeugwandtemperatur-Sensoren kompensieren Viskositätsänderungen der Schmelze, indem sie die Einstellwerte der Heißkanaldüsen ändern – bis jede Kavität zur selben Zeit gefüllt ist.



**CHRISTOPHERUS BADER
CHRISTIAN BURKHART
ERWIN KÖNIG**

Der Anteil an Mehrkavitätenwerkzeugen in der Spritzgießproduktion hat sich in den letzten Jahren vervielfacht. Je höher die Fachzahl, desto komplizierter ist in der Regel die Handhabung des Prozesses. Erfordert das Produkt z. B. hohe Maßhaltigkeit mit engen Toleranzen, gestaltet es sich trotz hoch entwickelter Heißkanal- und Werkzeugtechnik zunehmend schwierig, jedes

Formteil verfahrenstechnisch optimal herzustellen. Verantwortlich dafür sind in erster Linie Probleme mit der Balancierung, die unterschiedliche Füllgrade zur Folge haben. In der Einspritzphase breiten sich die Fließfronten in den einzelnen Formteilen aufgrund von Viskositätsunterschieden ungleichmäßig aus. Am Umschaltzeitpunkt liegen dann sowohl gefüllte als auch teilgefüllte Kavitäten vor. Dies führt bei den bereits gefüllten Kavitäten u. a. zu Überspritzungen und Gratbildung. Die nur teilgefüllten Kavitäten werden unter Nachdruck gefüllt

– mit Einfallstellen sowie Maß- und Gewichtsschwankungen als Begleiterscheinung.

Balancierung durch Regeln der Werkzeugwandtemperatur

Die klassischen Methoden der Prozessoptimierung und -überwachung beruhen in der Regel auf einer Messung des Werkzeuginnendrucks und eignen sich hauptsächlich für den Einsatz bei Einkavitätenwerkzeugen. Die Übertragbarkeit auf Mehrfachwerkzeuge ist nur selten gege-

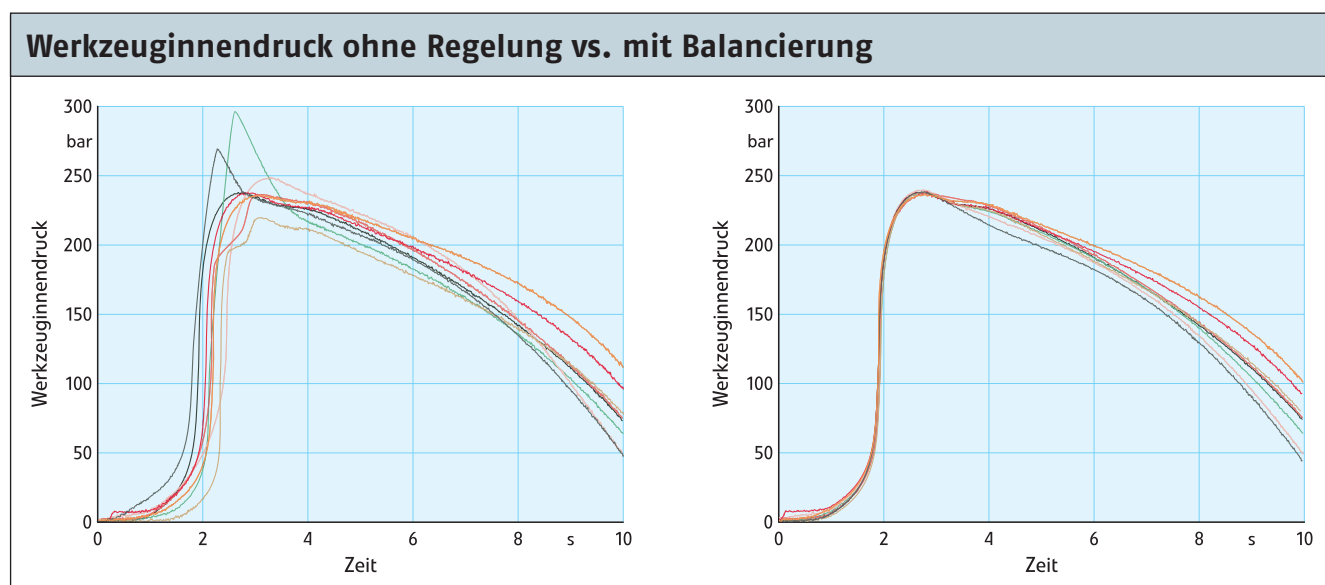


Bild 1. Werkzeuginnendruck gemessen in acht Kavitäten. Links: das Heißkanalsystem ist nicht geregelt; rechts: nach Balancierung des Heißkanalsystems sind unterschiedliche Temperaturverteilungen, die zu einer verschieden starken Schwindung führen, nicht erkennbar

ben. Mehrfachwerkzeuge implizieren besondere Schwierigkeiten für die Qualitätssicherung, die darin bestehen, dass die einzelnen Kavitäten ein unterschiedliches, zum Teil betriebspunktabhängiges Prozessverhalten aufweisen können [1]. Nur ein Werkzeuginnendruck-Sensor in einer einzigen Kavität erlaubt deshalb bei einem unbalancierten Zustand keine Rückschlüsse auf den Innendruckverlauf der anderen Kavitäten. Die Messung des Werkzeuginnendrucks in jeder Kavität ist hingegen bei Fachzahlen von bis zu 64 und mehr schon aus wirtschaftlichen Überlegungen nur wenig sinnvoll.

Die Messung der Werkzeugwandtemperatur in jeder Kavität ist dagegen vergleichsweise kostengünstig, ermöglicht eine vollautomatische Regelung bzw. Balancierung der Heißkanalsysteme und bietet wesentliche Informationen zur Prozessoptimierung [2]. Auch technische Aspekte sprechen für den Einsatz von Werkzeugwandtemperatur-Sensoren. Während in einem optimal ausbalancierten Mehrfachwerkzeug die Werkzeuginnendruckkurven in jeder Kavität praktisch identisch sind (Bild 1), unterscheiden sich die Werkzeugwandtemperaturkurven auch im balancierten Zustand von Kavität zu Kavität zum Teil erheblich (Bild 2). Zwar wird über den zeitlichen Anstieg der Temperaturkurven eine Balancierung der Kavitäten erreicht, doch zeigen die absoluten Temperaturunterschiede, dass sich vor allem großflächige Teile wegen des unterschiedlichen Schwindungsverhaltens von Kavität zu Kavität unterscheiden. Ein konstanter Werkzeuginnendruck allein ist deshalb

noch keine Gewähr für identische Teileigenschaften.

Weitere Vorteile der Temperaturmess-technik ergeben sich u. a. durch die robustere Handhabung der Einbauten. Vor allem bei sehr kleinen Werkzeuginnendruck-Sensoren besteht die Gefahr, dass die empfindliche Sensorfront die Einbaubohrung berührt und so an Empfindlichkeit verliert. Vergleicht man viele dieser Sensoren in einem Mehrfachwerkzeug miteinander, besteht deshalb die Gefahr, dass eine Regelung der Drucksignale aufgrund der unterschiedlichen Emp-

findlichkeitswerte nicht das gewünschte Ergebnis liefert. Werkzeugwandtemperatur-Sensoren hingegen ändern ihre Eigenschaften bei der Montage nicht und sind auch nach dem Einbau in mehrere Kavitäten miteinander vergleichbar.

Heißkanalwerkzeuge, mit oder ohne Kaltkanalunterverteiler, werden von den Herstellern in der Regel rheologisch optimal ausgelegt und „natürlich“ balanciert. Füllsimulationen, die im Vorfeld gemacht werden, zeigen ebenfalls das gleichzeitige Füllen aller Kavitäten (so wie es bei der Einzelanspritzung auch erwartet wird). Wer jedoch die Füllung der einzelnen Kavitäten mit einer realen Füllreihe in der Produktion untersucht, stellt fest, dass die Formteile in Wirklichkeit unterschiedlich gefüllt sind, und der Füllgrad in den einzelnen Kavitäten sich ständig ändert.

Die Ursache für dieses Verhalten liegt darin, dass ein Heißkanalsystem grundsätzlich mit einem offenen Regelkreis arbeitet. Das bedeutet, es werden lediglich die eingegebenen Temperatur-Sollwerte der Heißkanaldüsen und des Verteilers gesteuert, ohne zu wissen, was die Änderung dieser Temperaturen auch tatsächlich im Prozess bewirkt. Eine optimale Teilequalität erreicht man jedoch nicht durch das Angleichen der Sollwerte eines Heißkanalsystems, sondern letztendlich nur, indem man die Viskosität und damit das Fließverhalten der Schmelze regelt.

Bewährungsprobe in der Praxis

Um die Qualität des Endproduktes gegenüber ihrem Kunden sicherzustellen, ►

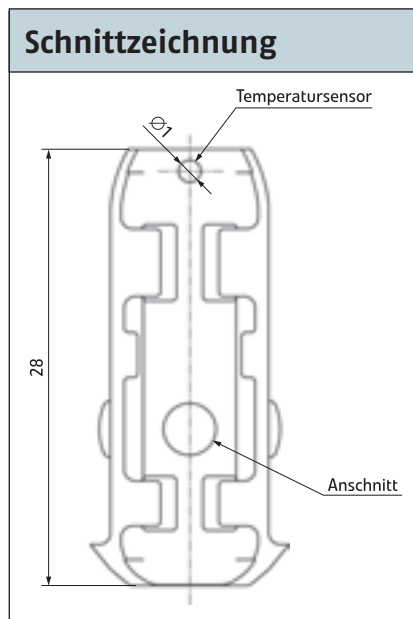


Bild 3. Gelenkteil für den Automobilbereich. Position des Temperatursensors am Ende des Fließwegs

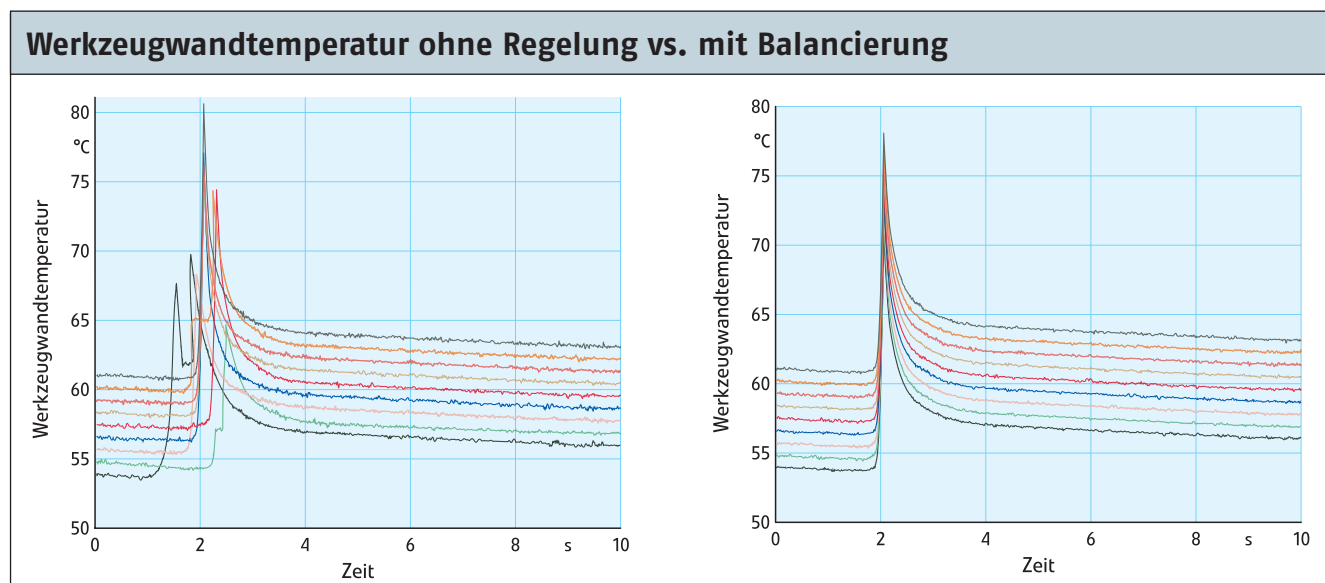


Bild 2. Werkzeugwandtemperatur gemessen in den selben acht Kavitäten. Links: das Heißkanalsystem ist nicht geregelt; rechts: nach Balancierung des Heißkanalsystems erfolgt der zeitliche Anstieg gleichzeitig (⇒ balanciert), die unterschiedlichen Absoluttemperaturen deuten auf ein unterschiedliches Schwindungsverhalten hin

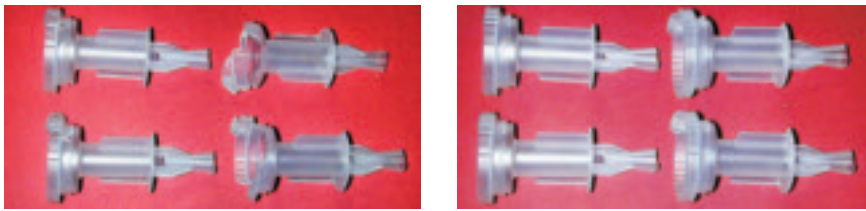


Bild 4. Füllstudie des Bauteils „LC Vernebler“ (4-fach): ohne Heißkanal-Balancierung (links) und mit Heißkanal-Balancierung (rechts)

entschied sich die FPS Kunststofftechnik GmbH, Halver, dafür, das automatische Balancierungssystem „Priamus Fill“ der Priamus GmbH, Salach, in der Produktion einzusetzen. Bei den insgesamt vier Werkzeugen mit jeweils 24 Kavitäten soll so nicht nur der Ausschuss erkannt und aussortiert, sondern vielmehr dessen Ursachen behoben werden.

Bei dem Formteil handelt es sich um ein Gelenkteil für den Automobilbereich in zwei verschiedenen Größen aus POM (Bild 3). Aufgrund der guten mechanischen Eigenschaften des Materials fallen die Anforderungen an die Formteile entsprechend hoch aus. Da die Montage des Teils automatisch abläuft, lautete die Vorgabe, dass kein unzureichend ausgeformtes Teil den Endkunden erreichen darf. Neben weiteren maßlichen Vorgaben ist auch die Bindehaftfestigkeit am Fließwegende ein entscheidendes Qualitätskriterium.

Durch die spezielle Konstruktion der Temperatursensoren [3] lassen sich diese oberflächenbündig mit der Kavitätswand einbauen. Diese Einbausituation ermöglicht es, das Eintreffen der Fließfront und damit die Füllzeit jeder einzelnen Kavität exakt zu detektieren. Die automatische Heißkanalbalancierung „Priamus Fill“ erkennt aufgrund der gemessenen Temperaturverläufe die

erst- und die letztgefüllten Kavitäten und ermittelt daraus die im letzten Zyklus vorhandene Füllzeitdifferenz. Mit Hilfe spezieller Algorithmen berechnet das System für jeden Zyklus kontinuierlich die einzustellenden Düsen-Solltemperaturen: Die Düsentemperaturen der erstgefüllten Kavitäten werden, innerhalb vom Anwender vorgegebener Grenzen, abgesenkt, die der letztgefüllten angehoben. Auf diese Weise stellt sich über alle Kavitäten ein gleichmäßiger Fließfrontverlauf ein, der auf gleichen Viskositätsniveaus beruht.

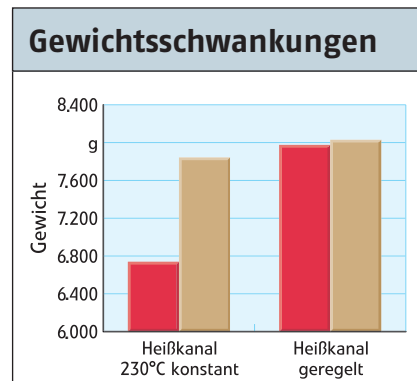


Bild 5. Schwankung des mittleren Teilgewichts (Minimal- und Maximalwerte) aller vier Kavitäten, gemessen über mehrere Zyklen während der Produktion

Im geschilderten Anwendungsfall konnte die Füllzeitdifferenz von anfänglich 0,5 s auf weniger als 0,08 s gedrückt werden. Das entspricht einer Verbesserung von 84 %. Die mittlere Standardabweichung des Teilgewichts wurde von 0,016 g auf 0,006 g reduziert; dies entspricht einer Verbesserung von 62,5 %.

Ein Beispiel aus der Medizintechnik stellt das Bauteil „LC Vernebler“ der Paritec GmbH, Weilheim, dar (Bild 4). Die spezifische Anforderung bei diesem 4-fach Werkzeug lag darin, die Formteilgeometrien mit sehr engen Fertigungstoleranzen genauestens abzubilden, wobei die Teile in jedem Fall voll ausgespritzt werden sollten, ohne eine Überspritzung in Kauf zu nehmen.

Erfahrungen mit einem 2-fach Werkzeug des selben Bauteils haben gezeigt, dass sich permanente Prozessschwankungen nur durch Nachregeln und Korrigieren der Verarbeitungsparameter durch einen Mitarbeiter an der Spritzgießmaschine ausgleichen ließen. Seitdem Paritec das „Priamus Fill“ System einsetzt, werden aufgrund der gleichmäßigen Füllung in einem 4-fach Werkzeug gleichmäßige Teile in einem stabilen Prozess hergestellt.

Der Vergleich zeigt, dass bei gleichen konstanten Düsentemperaturen des Heißkanalsystems das mittlere Teilgewicht aller vier Kavitäten erheblich schwankt. Im geregelten Zustand hingegen ist das mittlere Teilgewicht aller Kavitäten praktisch identisch (Bild 5). Dieses Ergebnis lässt sich darauf zurückführen, dass sich die Füllzeitdifferenzen zwischen den einzelnen Kavitäten aufgrund der automatischen Balancierung erheblich verringerten, und zwar von 0,55 s auf 0,01 s (Bild 6).

Änderung des Füllzeitunterschieds durch Balancierung

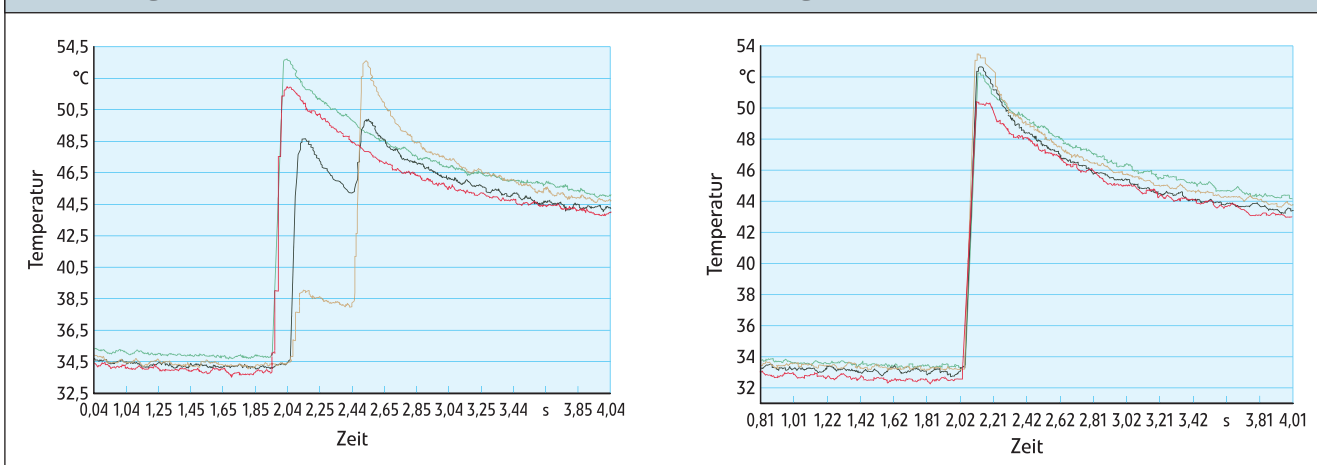


Bild 6. Der Füllzeitunterschied anhand der vier Werkzeugwandtemperaturen beträgt ohne Heißkanal-Balancierung ca. 0,55 s (links), mit Heißkanal-Balancierung ca. 0,01 s (rechts)

**Hersteller**

Priamus System Technologies AG
 Bahnhofstr. 36
 CH-8201 Schaffhausen
 Schweiz
 Tel. +41 (0) 52/6 32-2626
 Fax +41 (0) 52/6 32-2627
 www.priamus.com

Zusammenfassung

Die Herstellung von Spritzgussteilen in Heißkanalverfahren reduziert die Produktionskosten und gewinnt zunehmend an Bedeutung. Gleichzeitig steigt die Komplexität dieser Systeme, die aufgrund unkontrollierbarer Schwankungen während des Prozesses nur schwer beherrschbar ist. Mit Hilfe von Werkzeugwandtemperatur-Sensoren in jeder einzelnen Kavität kann der Verarbeiter jedoch über einen geschlossenen Regelkreis eine gleichmäßige Füllung erreichen und ein Überspritzen der Teile verhindern.

Im Gegensatz zur reinen Werkzeuginnendruckmessung, die nach wie vor in mindestens einer Kavität zu Überwachungs- und Optimierungszwecken erfolgen sollte, bietet die Temperaturmessung wesentliche zusätzliche Prozessinformationen über Schwindung und Beschaffen-

heit der Formteile. Das Prinzip der automatischen Heißkanalbalancierung ist nicht nur auf einfache Mehrfachwerkzeuge begrenzt, sondern kann auch bei Mehrkomponentenverfahren, bei Familienwerkzeugen und bei der Regelung konstanter Bindenähte eingesetzt werden. ■

DANK

Für die zur Verfügung gestellten Daten und die Mitarbeit an diesem Artikel bedanken sich die Autoren bei den nachfolgenden Firmen und Personen.

FPS Kunststofftechnik GmbH: Das Unternehmen ist ein Mitglied der Piepenstock-Gruppe mit insgesamt 80 Mitarbeitern an drei Standorten. Am Standort Halver produziert FPS technische Präzisionsteile für die Automobilindustrie (Erstausrüster) aus Standardkunststoffen und Materialien für Hochtemperaturanwendungen sowie die eigene Produktlinie „Car Pro Line“ für Autozubehör (Nachrüstung), z. B. eine Handyhalterung.

Paritec GmbH: Das Unternehmen ist Systemlieferant in der Medizintechnik und beschäftigt 140 Mitarbeiter am Standort Weilheim. Verantwortlich begleitet wurden die Untersuchungen von Erich Steiner, Industriemeister Metall, und Vera Kreuzmann, Dipl.-Ing. (FH) Kunststofftechnik.

LITERATUR

- 1 Potente, H.; Wenniges, T.; Wischke, T.: Weniger Ausschuss mit „repräsentativer Kavität“. *Kunststoffe* 87 (1997) 1, S. 54–56
- 2 Bader, C.: Volle Kontrolle. *Plastverarbeiter* 55 (2004) 4, S. 72–73

- 3 Priamus Datenblätter Werkzeugwandtemperatur-Sensoren Typ 4001A / 4002A und Typ 4003A / 4004A

DIE AUTOREN

CHRISTOPHERUS BADER, geb. 1962, war bis 2000 Marktbereichsleiter der Kistler Instrumente AG, Winterthur/Schweiz, und ist seitdem Geschäftsführer der Priamus System Technologies AG, Schaffhausen/ Schweiz.

CHRISTIAN BURKHART, geb. 1969, ist Anwendungstechnischer Leiter der Priamus System Technologies GmbH, Büro Pirmasens.

ERWIN KÖNIG, geb. 1964, ist Geschäftsführer der Priamus System Technologies GmbH, Salach.

SUMMARY PLAST EUROPE**CONTROLLED CONDITIONS**

HOT-RUNNER SYSTEMS. *Though saving costs, the growing trend towards using hot-runner systems increases the complexity of the system as a result of uncontrolled fluctuations during the process. Temperature sensors in each cavity, together with closed-loop control, provide uniform filling. In contrast to cavity-pressure measurement techniques, temperature measurement provides additional process information regarding the shrinkage and composition of the moulded parts.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number PE102928 on our website at www.kunststoffe.de/pe

PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES GmbH

Postweg 13
D-73084 Salach / Germany

Tel. +49 (0)7162 930 60 480
Fax +49 (0)7162 930 60 481
www.priamus.com

PRIASAFE™

Robust und dennoch empfindlich

- Einbausicherer Werkzeuginnen-
druck-Sensor
- Zuverlässige Qualitätssicherung
- Stabile Empfindlichkeit
- Sicher gespeichert im Innern des
Sensors

Patent angemeldet

PRIAMUS

PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES AG

Bahnhofstrasse 36
CH-8201 Schaffhausen / Switzerland

Tel. +41 (0)52 632 2626
Fax +41 (0)52 632 2627
www.priamus.com



Sensor in Hülse



Sensor kalibrieren



Hardware Code eingebaut