

Erwin König

Dynamische Temperaturmessung als Ausschussprophylaxe



PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES AG
Bahnhofstrasse 36
CH-8201 Schaffhausen / Schweiz

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

Dynamische Temperaturmessung als Ausschussprophylaxe



Leitungsbefestiger aus einem PP-Blend, hergestellt mit dem Heißkanalregelsystem Priamus Fill (Bilder: Priamus)

Heißkanalbalancierung. Das Leistungsvermögen heutiger Sensoren eröffnet in Verbindung mit intelligenter Systemtechnik neue Möglichkeiten, um den stetig steigenden Anforderungen beim Spritzgießen zu begegnen. Werkzeugwandtemperatur-basierte, geschlossene Regelsysteme reagieren in Echtzeit auf die natürlichen Schwankungen im Prozess. Da sie so die Qualität der Formteile verbessern und die Ausschussquote nachweislich reduzieren, rechnet sich der Einsatz dieser Systeme auch wirtschaftlich.

ERWIN KÖNIG

Die steigende Komplexität der Spritzgussteile verlangt ebenso wie die heute einfach vorausgesetzte Prozesssicherheit mehr denn je danach, die einzelnen Fertigungsschritte aufeinander abzustimmen. Die Anlagensteuerung muss deshalb in der Lage sein, auf Veränderungen im Prozess zu reagieren. Unter den Betreibern herrscht jedoch oftmals die Meinung vor, dass eine fixe Einstellung der Prozessparameter eine konstant gute Teilequalität garantiert, wenn sich nur die Spritzgießmaschine durch eine hohe Reproduziergenauigkeit auszeichnet. Aufgrund der ständigen Schwankungen der Schmelzeviskosität und anderer Einflüsse wie etwa Chargenschwankungen ist diese Aussage jedoch nicht haltbar. Sehr

häufig wird ein optimierter Prozess an solche Veränderungen nicht oder nur sporadisch und manuell angeglichen. Aus objektiver Sicht wäre eine automatische und permanente Anpassung der Maschinenparameter und Schaltsignale an die Prozessschwankungen wünschenswert, um eine hohe Formteilqualität dauerhaft sicherzustellen.

Sensoren dort, wo das Formteil entsteht

Den Schlüssel dazu bilden Werkzeuginnendruck- und Werkzeugwandtemperatur-Sensoren in der Kavität, die jede Veränderung im Spritzgießprozess registrieren – und zwar dort, wo das Formteil entsteht. Die Reaktion auf die Abweichungen

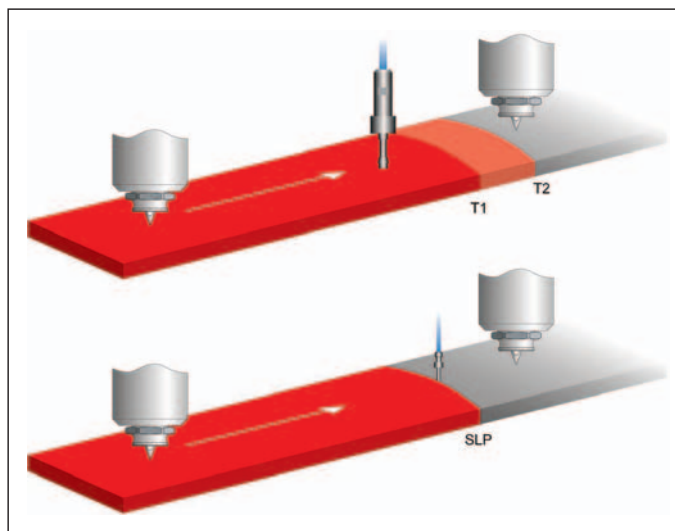


Bild 1. Oben: Sequenzielles Öffnen einer Düse aufgrund einer werkzeuginnendruckabhängigen Schaltschwelle. Da sich die Schmelzefront bis zum Erreichen der Schwelle weiterbewegt und je nach Viskosität eine andere Position erreicht, eignet sich dieses Verfahren nicht zum Steuern von Kaskadenspritzgießverfahren. **Unten:** Sequenzielles Öffnen einer Düse abhängig von der Schmelzefront. Ein Werkzeugwandtemperatur-Sensor erkennt das Erreichen der Schmelze unabhängig von Viskositätsschwankungen

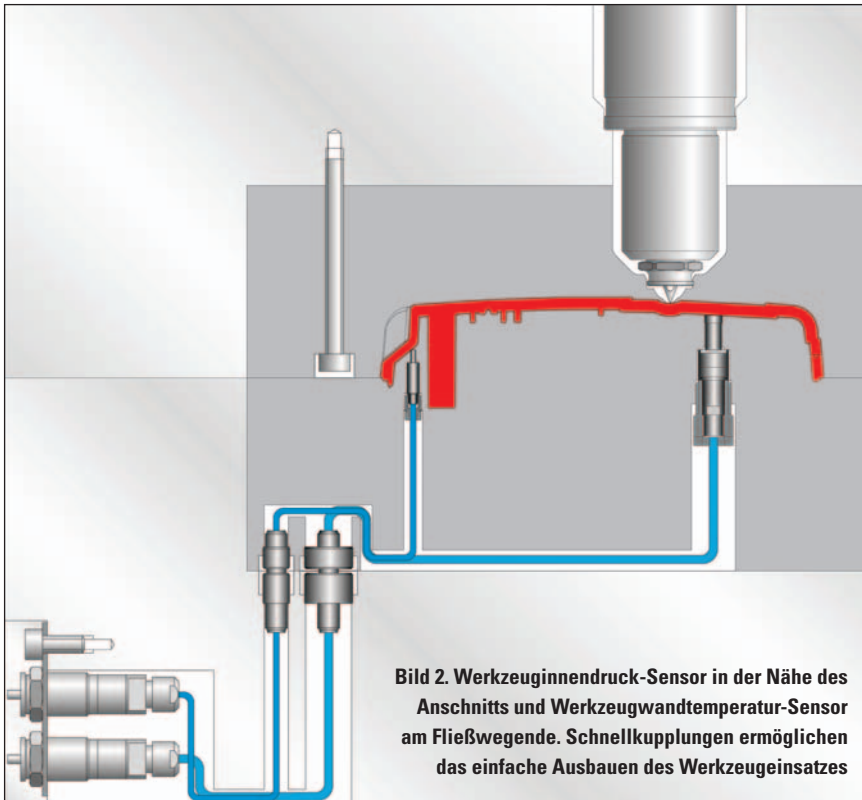


Bild 2. Werkzeuginnendruck-Sensor in der Nähe des Anschnitts und Werkzeugwandtemperatur-Sensor am Fließwegende. Schnellkupplungen ermöglichen das einfache Ausbauen des Werkzeugeinsatzes

muss mit intelligenten Schalt- und Regelsystemen erfolgen. So kann die Steuerung beispielsweise abhängig von der Fließfront, die mit dynamischen Temperatursensoren am Fließwegende sicher erkannt wird, innerhalb weniger Millisekunden automatisch auf Nachdruck umschalten [1]. Der Vorteil dieses von Priamus patentierten Prinzips gegenüber dem werkzeuginnen-druckabhängigen oder auch wegabhängigen Umschalten auf Nachdruck liegt darin, dass dieses adaptive Verfahren den Umschaltzeitpunkt ständig an der schwankenden Viskosität abgleicht und so ein Überspritzen der Teile oder ein Füllen unter Nachdruck automatisch vermeidet.

Eine weitere Möglichkeit, den Prozess sicherer zu gestalten, stellt die fließfrontabhängige aktive Entlüftung dar. Hierbei wird ein aktives, während der Einspritzphase geöffnetes Entlüftungselement automatisch verschlossen, wenn beim Eintreffen der Schmelze am Sensor ein Temperaturanstieg gemessen wird [2]. Das gleiche Prinzip wird auch bei Kernzügen oder anderen Bewegungselementen angewendet. Sobald die Schmelze die Position des Temperatursensors erreicht, werden automatisch Schaltsignale generiert, um Halte- oder Greiffunktionen freizugeben, mit denen z. B. Einlegeteile gehalten werden.

Auch beim Kaskadenspritzgießen werden die einzelnen aufeinanderfolgenden

Düsen fließfrontabhängig, das heißt: automatisch und zum richtigen Zeitpunkt, geöffnet (Bild 1). Wegabhängige Verfahren liefern aufgrund der Volumenschwankungen der Formmasse und der Fließunterschiede nur ungenaue Ergebnisse. Werkzeuginnendruckabhängige Verfahren zum sequenziellen Öffnen der Düsen mithilfe von Druckschwellen eignen sich prinzipiell nicht, weil der relative Druck an der Sensorfront lediglich 1 bar (Atmosphärendruck) entspricht und erst mit zunehmender Füllung der Kavität ansteigt.

Ungleichmäßige Formfüllung in den Kavitäten vermeiden

Die Messung der Werkzeugwandtemperatur entweder direkt in allen Kavitäten

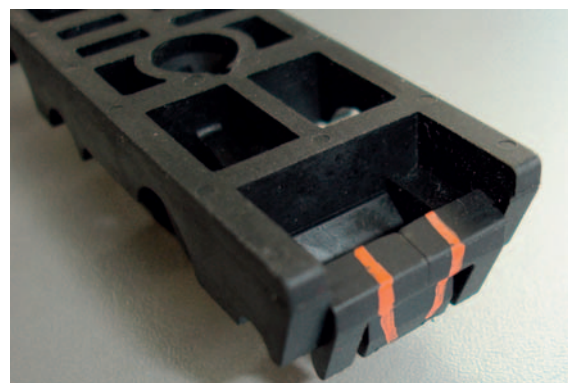


Bild 3. Bindenaht am Fließwegende eines Leitungsbefestigers

eines Mehrfachwerkzeugs oder im Bereich jedes Temperierkreislaufs eines großflächigen Bauteils lässt den Rückschluss auf den Zustand eines Spritzgussteils zu. Hier hat die Temperatur nämlich entscheidenden Einfluss auf die Schwindung und somit auf die Dimension der Teile. In der Praxis stützt sich der Anwender beim Einstellen der Werkzeugtemperatur oft auf die Anzeige des Temperiergeräts, das im Vor- und/oder im Rücklauf die Temperatur abgreift. Welche Temperatur aber tatsächlich in den einzelnen Kavitäten vorherrscht und ob sie in allen gleich ist, bleibt ungewiss.

Auch ein einzelner Temperatursensor, der „irgendwo“ im Werkzeug – außerhalb der Kavität – eingebaut ist, hilft hier nicht weiter. Ähnlich verhält es sich mit Strahlungspyrometern oder Wärmebildkameras, die nur eine Momentaufnahme des tatsächlichen Temperaturverlaufs an der Oberfläche der Kavität zeigen, jedoch nicht die Differenzen und Veränderungen während der laufenden Produktion darstellen. Das Regelsystem Priamus Cool hingegen analysiert die einzelnen Signale der Werkzeugwandtemperaturen und ermöglicht so die automatische Temperierung einzelner Kreisläufe, bis sich die Oberflächentemperaturen in jeder Kavität auf dem gleichen Niveau befinden.

Die bereits erwähnten Beispiele sprechen für einen verstärkten Einsatz solcher Sensoren im Werkzeug. Um die Handhabung dieser Sensoren im industriellen Umfeld einfacher zu gestalten, hat die Priamus System Technologies AG, Schaffhausen/Schweiz, in jüngster Zeit Lösungen entwickelt, die bereits in der Praxis Anwendung finden. Die Priased Sensor- und Empfindlichkeitserkennung für Werkzeuginnendruck-Sensoren macht eine sensorspezifische Einstellung überflüssig und verhindert Falscheingaben und Zuordnungsfehler. Das Priasafe-Prinzip verhindert Falschmessungen, indem der eigentliche Werkzeuginnendruck-Sensor zunächst in eine schützende Hülse eingebaut, dann kalibriert, und der Empfindlichkeitswert im Sensor gespeichert wird. Ein Schnellkupplungssystem [3] für Druck- und Temperatursensoren, das zwischen Werkzeugeinsatz und Werkzeugplatte für eine rasche Verbindung sorgt, ermöglicht schließlich eine problemlose Montage und Wartung des Werk-



Bild 4. Die in das 8-fach-Heißkanal-Werkzeug integrierten Werkzeugwandtemperatur-Sensoren balancieren den Heißkanal automatisch

zeugs (Bild 2). Der Einsatz der Sensoren ist somit auch bei Wechseleinsätzen möglich.

Ungleichmäßig ausgespritzte Teile sind häufige Fehler beim Einsatz von Mehrfach-Heißkanalwerkzeugen in allen Bereichen der Spritzgießbranche. Schwankende Materialeigenschaften, wechselnde Umgebungsbedingungen sowie sich aufschaukelnde oder gegenseitig kompensierende, nicht synchronisierte Temperierkreise verursachen die bereits erwähnten Viskositätsschwankungen. Diese treten nicht nur über die gesamte Produktionszeit, sondern auch unter den einzelnen Kavitäten innerhalb eines Schusses auf – mit der Folge einer ungleichmäßigen Formfüllung. Dies bedeutet auch, dass der eingestellte Punkt zum Umschalten auf Nachdruck in diesem Fall immer nur für eines oder wenige Formteile, nie aber für alle Teile eines Schusses optimal ist.

Heißkanal-Regelsystem zur Balancierung der Formnester

Die A. Raymond GmbH & Co. KG mit Stammsitz in Lörrach, nach eigenen Angaben Marktführer bei Spezialbefestigungssystemen für die Automobilindustrie, beschäftigt bei einem Jahresumsatz von rund 200 Mio. EUR 1350 Mitarbeiter alleine in Deutschland. Das Produktionswerk in Weil am Rhein nutzt Werkzeugwandtemperatur- und Werkzeuginnendruck-Sensoren, um die Spritzgießprozesse zu regeln und zu überwachen.

Im folgenden Fall blieben trotz manueller Kontrolle vor dem Einbau der Sen-

soren immer wieder Ausschussteile unerkannt, ein Problem, das für Raymond einen erheblichen Aufwand zum Nachsortieren bedeutete. So traten bei einem Leitungsbefestiger (Bild 3) am Fließwegende Bindenähte auf, die die Festigkeit des Bauteils beeinträchtigten. Ebenso wurden nicht vollständig gefüllte Teile hergestellt, die die geforderte Einrastfunktion nicht gewährleisteten. Dieses Verhalten wurde teilweise darauf zurückgeführt, dass das verwendete PP-Blend, dessen Eigenschaften für die Anforderungen der Automobilindustrie maßgeschneidert wurden, schwierig zu verarbeiten ist. So müssen beispielsweise Festigkeit und Funktion des Bauteils innerhalb eines Temperaturbereichs von -40 bis $+120$ °C gewährleistet sein. Die Verantwortlichen bei Raymond entschlossen sich deshalb, bei der Fertigung dieses Bauteils das Heißkanal-Regelsystem Priamus Fill zu verwenden – in erster Linie, weil damit nicht nur die Ausschussteile erkannt und aussortiert werden können, sondern bereits die Entstehung fehlerhafter Teile weitgehend vermieden wird.

In jeder der acht Kavitäten des Mehrfach-Heißkanalwerkzeugs (Bild 4) wurde zu diesem Zweck ein dynamischer Werkzeugwandtemperatur-Sensor eingebaut. Die notwendige Positionierung der Sensoren direkt an der Problemstelle war aufgrund der geometrischen Anordnung der Kühlkanäle schwierig, konnte letztendlich jedoch optimal gelöst werden. Anhand des Temperaturverlaufs in den einzelnen Kavitäten kann nun eine sichere Unterscheidung zwischen voll und nicht

vollständig ausgespritzten Teilen getroffen werden. Während es für die automatische Balancierung und Überwachung der Formfüllung zwingend erforderlich ist, einen Werkzeugwandtemperatur-Sensor in jeder Kavität zu haben, reicht es zur besseren Beurteilung und zur Überwachung des gesamten Prozesses aus, einen Werkzeuginnendruck-Sensor in nur einer Kavität einzusetzen; dies deshalb, da bei ausbalancierter Füllung die Druck-

i	Hersteller
<p>Priamus System Technologies GmbH Postweg 13 D-73084 Salach Tel. +49 (0) 71 62/93 06 04 80 Fax +49 (0) 71 62/93 06 04 81 www.priamus.com</p>	

verläufe in jeder Kavität nahezu identisch sind. Unterschiede in der Druckhöhe sowie im Druckanstieg treten nicht mehr auf, vielmehr wird das gesamte Innendruckniveau gesenkt, da Druckspitzen aus den zuerst gefüllten Kavitäten, wie sie von unbalancierten Werkzeugen bekannt sind, nicht mehr vorkommen. Dies wiederum ist schonender für das Werkzeug. Der Werkzeuginnendruck-Sensor wurde in einer Kavität angussnah platziert, um den Prozess möglichst vom Beginn der Einspritzphase an transparent zu machen.

Ein Mehrkanalverstärker, an dem der Druck- und die Temperatur-Sensoren an-

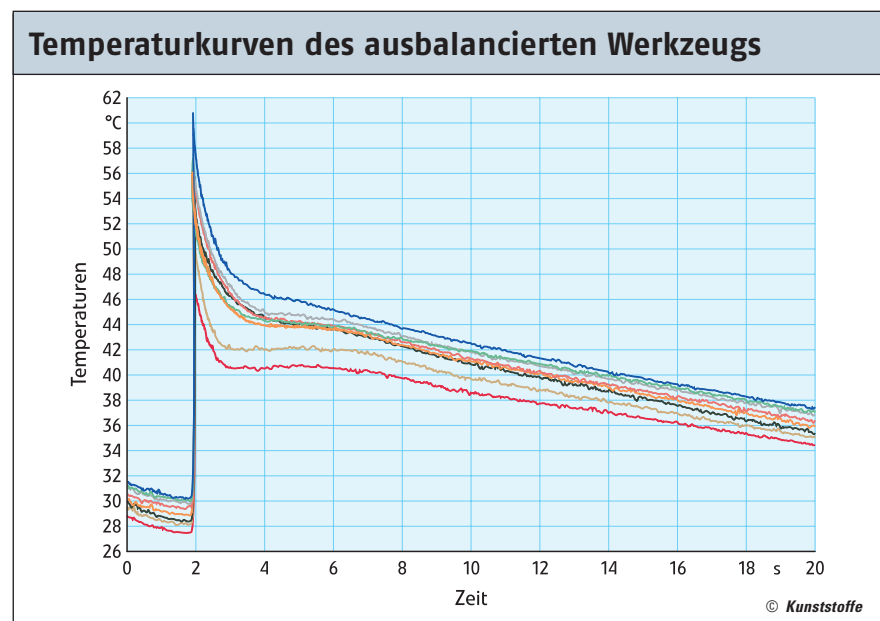


Bild 5. Die automatische Balancierung der acht Kavitäten über das Regelsystem verhindert, dass unvollständig gefüllte Teile produziert werden



Bild 6. Die Fertigungszelle für einen Unterbodenspoiler arbeitet mit der Heißkanalregelung Priamus Fill

geschlossen werden, wird mit der Spritzgießmaschine über eine standardisierte PDDI-Schnittstelle (Priamus Digital Data Interface) verbunden, damit das Regelsystem die Steuersignale sowie die Einordnung als Gut- und Schlechteile übertragen kann. Die Verbindung zwischen dem Mehrkanalverstärker und dem Regelsystem – in diesem Fall ein separates Heißkanalregelgerät der Gammaflux Europe GmbH, Wiesbaden – erfolgt über eine RS 485-Schnittstelle mit dem Protokoll Euromap 17.

Um möglichst wenige unvollständig gefüllte Teile zu produzieren, werden die acht Kavitäten automatisch über das Regelsystem ausbalanciert (Bild 5). Der Temperaturanstieg am Fließwegende zeigt an, welche Kavitäten zu früh und welche zu spät gefüllt sind. Die Schmelzeviskositäten in diesen Kavitäten werden nun dadurch angeglichen, dass die Temperaturen der jeweiligen Heißkanaldüsen automatisch entsprechend erhöht oder erniedrigt werden. Ein Abdriften des Prozesses ist damit ausgeschlossen, was die Ausschussquote und die Prozesskosten entsprechend reduziert.

Positive Erfahrungen bei einem Automobilzulieferer

Kurz vor Inbetriebnahme der automatischen Heißkanalbalancierung im Werk Weil am Rhein wurden 5,2 % Schlechteile manuell aussortiert. Jedoch ist die Annahme erlaubt, dass aufgrund der fehlenden Prozessüberwachung die tatsächliche Quote höher lag. Die Füllzeitdifferenz zwischen der zuerst und der zuletzt gefüllten Kavität betrug dabei bis zu 0,5 s.

Nach der Systemintegration wurde zunächst beobachtet, dass der Prozess stabiler läuft und die Qualität der Formteiloberfläche zunimmt.

Den objektiven Beleg lieferte die Statistik: Bei 1,5 Mio. gefertigten Teilen/Jahr wurden lediglich 0,8 % Schlechteile automatisch aussortiert. Die Füllzeitdifferenz betrug im Mittel nur noch 0,05 s und wurde mit der automatischen Regelung Priamus Fill um den Faktor 10 verbessert. Da die manuelle Kontrolle entfällt, spart der Betrieb ca. 20 000 EUR Personalkosten pro Jahr ein. Reklamationsaufwand, Materialkosten, Maschinen- und Einrichtzeiten sind hierbei noch nicht berücksichtigt. Seit der Inbetriebnahme des Systems verzeichnete Raymond keine Kundenreklamationen mehr.

Nachdem die Nagelprobe sowohl aus prozesstechnischer als auch wirtschaftlicher Warte bestanden war, beschloss die Produktionsleitung, bei einer Fertigungszelle für Unterbodenspoiler zwei weitere Systeme einzusetzen. Die Fertigungszelle, die zwei Spritzgießmaschinen, Linearroboter und eine optische Prüfstation umfasst (Bild 6), offenbarte ähnliche Fehlstellen am Spritzteil, die über die Bildverarbeitung nicht, mit dem Regelsystem Priamus Fill jedoch sicher erkannt werden können.

Fazit

Werkzeuginnendruck- und Werkzeugwandtemperatur-Sensoren bilden zunehmend die Basis, um Ausschussrate und Kosten in der Spritzgießproduktion gezielt zu reduzieren. Jüngste Entwicklungen wie die beschriebene Empfind-

lichkeitserkennung oder neue Schnellkupplungskonzepte erleichtern die Handhabung der Sensoren enorm.

Intelligente Systeme zur Steuerung und Regelung des Spritzgießprozesses ermöglichen deutliche Verbesserungen in der Qualität und Konstanz der hergestellten Spritzgussteile und gleichzeitig eine hohe Sicherheit beim Aussortieren von Schlechteilen. Vor allem Werkzeugwandtemperatur-Sensoren werden zunehmend zum Erkennen der Schmelzefront eingesetzt, um Prozessvorgänge in Echtzeit zu steuern oder adaptiv zu regeln. ■

DANK

Für die freundliche Unterstützung ist der Autor Dr. Hans-Jürgen Lesser, Direktor für Forschung und Entwicklung der A. Raymond GmbH & Co. KG, Lörach, und Martin Knobloch, Abteilungsleiter Teilefertigung Kunststoff im selben Unternehmen, zu Dank verpflichtet.

LITERATUR

- 1 Priamus: Patentschrift Temperaturabhängige Nachdruckumschaltung EP 1 381 502
- 2 Bader, C.: Flyer Steuern und Regeln mit Priamus. 2006
- 3 Priamus: Patentschrift Schnellkupplungen EP 1 381 502
- 4 Bader, C.; Burkhart, C.; König, E.: Geregelte Verhältnisse. Kunststoffe 94 (2004) 7, S. 58–61

DER AUTOR

DIPL.-ING. (FH) ERWIN KÖNIG, geb. 1964, ist Geschäftsführender Gesellschafter der Priamus System Technologies GmbH, Salach.

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Dynamic Temperature Measurement as a Prophylactic Against Rejects

HOT-RUNNER BALANCING. *The capabilities of modern sensors, together with smart system technology, open up new possibilities for meeting the requirements made on the injection moulding process. Mould wall-temperature-based closed-loop control systems respond in real time to natural fluctuations in the process. As they improve part quality in this way and demonstrably reduce reject quotas, the use of such systems also pays off economically.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103912** on our website at www.kunststoffe-international.com

