

Christopherus Bader

Das kleine Einmaleins der Werkzeug-Sensorik



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

Sonderdruck

Eine neue Generation von Sensoren ermöglicht eine reproduzierbare Messung des Werkzeuginnendrucks bei kleinsten Abmessungen der Sensoren (Bilder: Priamus)



Prozessregelung. Im Gegensatz zu Maschinensignalen, die vom eigentlichen Prozess der Formteilbildung abgekoppelt sind, eignen sich Druck- und Temperatursensoren in der Kavität eines Spritzgießwerkzeugs hervorragend zur Überwachung und Steuerung des Verfahrens. Weitaus weniger klar ist die Antwort auf die Frage, worauf der Anwender beim Einsatz von Werkzeugsensoren achten sollte, und wie sie sich in ihrem Nutzen unterscheiden.

Das kleine Einmaleins der Werkzeug-Sensorik

CHRISTOPHERUS BADER

Jedes Spritzteil erkaltet in der Kavität und schwindet in Abhängigkeit der Prozessbedingungen und Materialeigenschaften zu seiner endgültigen Dimension. Die Schmelze im Heißkanal oder in der Düse der Spritzgießmaschine erkaltet jedoch nicht, sondern bleibt viskos.

Werkzeuginnendruckmessung – Stand der Technik

Deshalb ist es mit einer Druckmessung in der Düse oder im Heißkanal nur bedingt möglich, auf die Schwindung der Spritzteile oder auf die endgültige Formteilqualität rückzuschließen. Ebenso wenig können Ausschusskriterien wie die unvollständige Füllung eines Spritzteils anhand einer Druckmessung in der Düse oder gar anhand von Maschinensignalen festgestellt werden. Aus diesem Grund werden

seit über 30 Jahren Werkzeuginnendrucke zur Prozessoptimierung und -überwachung [1, 2] direkt in der Kavität gemessen. Jede Veränderung in der Einstellung der Maschinenparameter spiegelt sich im Kurvenverlauf des Werkzeuginnendrucks wider.

An der Art der verwendeten Sensoren hat sich im Verlauf der Jahrzehnte kaum etwas geändert (Bild 1). Aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen Eigenschaften werden in der Regel piezoelektrische Werkzeuginnendruck-Sensoren verwendet, die in der Kavität möglichst angussnah eingebaut werden und das Spritzteil bzw. die Kunststoffschmelze unmittelbar berühren. Die wesentlichen Vorteile dieses Messprinzips liegen in der freien Wahl des Messbereichs, in der Langzeitstabilität und Temperaturbeständigkeit der Sensoren und nicht zuletzt in der Möglichkeit zur Bearbeitung der Sensorfront, um die Sensoren so an die Oberfläche des Spritzteils anzupassen.

Die Hülse schützt den Sensor, in dem die Empfindlichkeit gespeichert ist

Die wichtigste Anforderung an jede Messung des Werkzeuginnendrucks ist die Reproduzierbarkeit des Messsignals – unabhängig von Einbau, Messbereich und Umgebungstemperatur des Sensors. Die Reproduzierbarkeit eines Messsignals ist deshalb abhängig von sensorspezifischen Eigenschaften wie Empfindlichkeit und Linearität, jedoch sehr viel stärker von der tatsächlichen Einbausituation.

Berührt die empfindliche Sensorspitze die Bohrungswand, erfolgt ein so genannter Kraftnebenschluss, und der Sensor verliert deutlich an Empfindlichkeit (Bild 2). Dieser Einfluss wird um so größer, je kleiner der Sensor ist, da die geforderten Toleranzen sich bei sehr kleinen Bohrungen nur schwer einhalten lassen. Das Ergebnis sind deutlich unterschiedliche Messsignale, die sich je nach

Einbausituation des Sensors ändern können.

Um diesen Einfluss zu eliminieren, hat die Priamus System Technologies AG das Messprinzip Priasafe entwickelt und zum Patent angemeldet. In diesem Fall wird der eigentliche Werkzeuginnendruck-Sensor zunächst sicher in eine Hülse eingebaut, die mit sehr niedrigen Toleranzen gefertigt ist. In einem zweiten Schritt wird der Sensor quasi im eingebauten Zustand kalibriert und der so ermittelte Empfindlichkeitswert als Code im Sensor selbst gespeichert (Bild 3). Beim Einbau in das Werkzeug ist der Sensor durch die Hülse geschützt, so dass ein Kraftnebenschluss ausgeschlossen ist und die Messsignale reproduzierbar sind.

Durch das Speichern der Sensorempfindlichkeit direkt im Sensor wird die Handhabung piezoelektrischer Messsysteme vor allem im industriellen Umfeld wesentlich erleichtert. Die angeschlossene Elektronik liest den Empfindlichkeitswert aus und stellt die Verstärkung automatisch ein. Ebenfalls automatisch wird

verwendet, da sich die Information ja im Sensor befindet. Eine Beschädigung des Werkzeugs zum Beispiel infolge falscher Werte zum Umschalten auf Nachdruck ist ausgeschlossen. Diese Technik bezeichnet Priamus als Priasafe-Prinzip („Priamus Sensitivity Detection“).

Innendruck-Sensoren im Kleinformat

Der Einsatz von Werkzeuginnendruck-Sensoren ist vor allem bei sehr kleinen Spritzteilen durch die Größe des Sensors begrenzt. Hierbei liegt die Beschränkung oft nicht nur im Durchmesser der Sensorfront, sondern in der Größe und Länge des gesamten Sensorkörpers. Aus diesem Grund entwickelte Priamus eine neue Generation von Sensoren (Typ 6007B), die die oben beschriebene Priasafe-Technik mit kleinsten Dimensionen verbindet.

Trotz des sehr kleinen Durchmessers der Sensorspitze von 1,8 mm sind die Sensoren durch eine Hülse geschützt und somit unempfindlich beim Einbau. Vor

allem Durchmesser und Länge der Sensoren wurden konstruktiv auf ein Minimum reduziert. Völlig neu ist das Konzept zur Fixierung der Sensoren. Zum ersten Mal wurde, entkoppelt vom eigentlichen Messelement, ein Gewinde zur Befestigung am Sensor selbst angebracht. Auf diese Weise entfällt der sonst übliche Baulänge des Sensors deutlich verkürzt [3]. Eine zweite Baureihe (Typ 6006B) wird ohne Gewinde gefertigt und mit Distanzhülse befestigt; dies ermöglicht einen sehr kleinen Durchmesser am Sensorkörper (Bild 4).

Position der Schmelze exakt wiedergeben

Immer häufiger werden Werkzeugwandtemperatur-Sensoren zum Steuern und Regeln des Spritzgießprozesses verwendet. Die Anwendungen reichen vom automatischen Umschalten auf Nachdruck über schmelzpositionsabhängige Kernzüge und Entlüftungen bis hin zum automatischen Öffnen der Verschlussdüsen beim Kaskadenspritzgießen. Wichtige

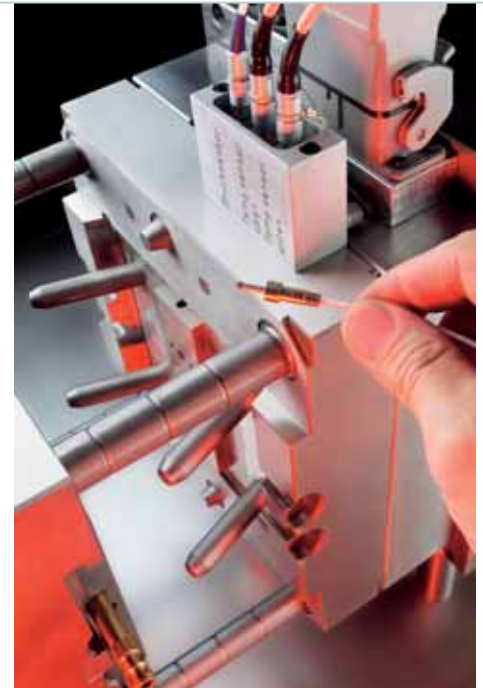


Bild 1. Seit vielen Jahren werden piezoelektrische Werkzeuginnendruck-Sensoren dazu verwendet, die Qualität eines Spritzteils zu optimieren und zu überwachen

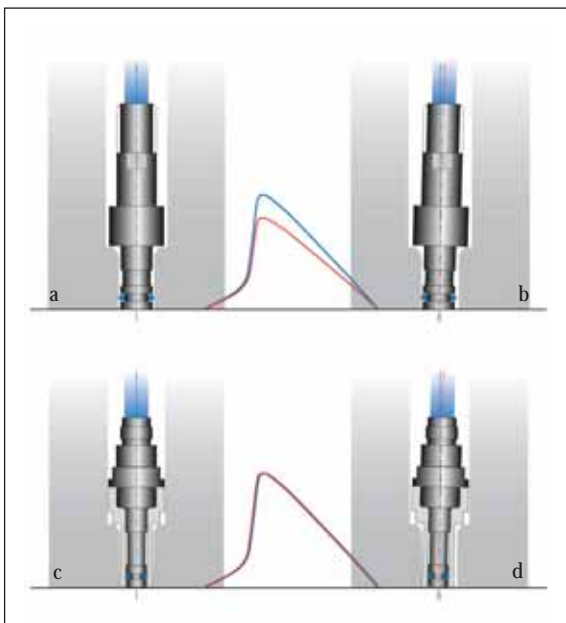


Bild 2. Ein störender Kraftnebenschluss tritt auf, wenn die empfindliche Sensorspitze die Bohrung berührt. Diesen Messfehler vermeidet das Priasafe-Messprinzip. Standard-Sensor (a) optimal eingebaut und (b) mit Kraftnebenschluss; Priasafe Sensor (c) optimal eingebaut und (d) trotz Fehlstellung ohne Kraftnebenschluss

abhängig vom gemessenen Signal der passende Messbereich eingestellt, so dass immer die bestmögliche Signalauflösung gewährleistet ist. Eine manuelle Einstellung an der Maschine oder am Messsystem ist damit hinfällig. Selbst im Falle eines Austausches oder der Reparatur eines defekten Anschlusskabels wird mit Sicherheit wieder die korrekte Empfindlichkeit

Anwendungsgebiete sind auch das automatische Balancieren von Heißkanalsystemen [4, 5] und das schmelzfrontabhängige Steuern von Bindenähten.

Für alle diese Verfahren werden Werkzeugwandtemperatur-Sensoren verwendet, weil sie mit Hilfe einer intelligenten Elektronik und im Gegensatz zu Werkzeuginnendruck-Sensoren die Position der Schmelze exakt ermitteln. Zum Vergleich: Im Fall eines Drucksensors wird eine Schaltschwelle definiert (z. B. 10 bar), bei der ein Schaltvorgang, z. B. zum Öffnen einer Verschlussdüse, ausgelöst wird. Je nach Viskosität der Schmelze kann sich die Schmelzefront jedoch an völlig unterschiedlichen Positionen befinden, sie ist somit nicht steuerbar. Im Fall des Werkzeugwandtemperatur-Sensors wird sofort ein Schaltsignal generiert, wenn die Schmelze auf den Sensor trifft. Die Position der Schmelzefront ist somit bekannt und kann gezielt für Steuerungszwecke verwendet werden. Der Prozess, z. B. das Verschieben von Bindenähten, lässt sich durch das Programmieren von Verzögerungszeiten optimieren.

Werkzeugwandtemperatur-Sensoren und ihre Eigenschaften

Werkzeugwandtemperatur-Sensoren sind in der Regel speziell konstruierte Thermoelemente, die genauso wie Werkzeuginnendruck-Sensoren das Spritzteil berühren und hinsichtlich ihrer Reaktionsgeschwindigkeit optimiert wurden.

Werkzeugwandtemperatur-Sensoren, die aufgrund ihrer Bauform zu träge sind, können nicht für Steuerungszwecke eingesetzt werden (Bild 5). Da die Größe des Sensors für das Reaktionsverhalten mitverantwortlich ist, ergibt es nur wenig Sinn, Temperatursensoren in die vergleichsweise großen Sensorkörper eines Drucksensors einzubauen: Das Signal reagiert viel zu langsam und die Signalamplitude fällt deutlich geringer aus.

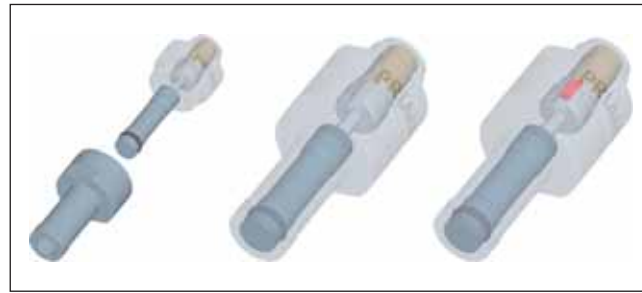


Bild 3. Der Werkzeuginnendruck-Sensor wird in eine Hülse eingebaut und in quasi eingebautem Zustand kalibriert. Die Sensorempfindlichkeit wird im Sensor als Code gespeichert

Werkzeugwandtemperatur-Sensoren einbaukompatibel zu Werkzeuginnendruck-Sensoren zu gestalten, ist auch aufgrund der unterschiedlichen Messprinzipien wenig sinnvoll: Die Messung des Werkzeuginnendruckes beruht auf der Druckweiterleitung in der Schmelze und sollte angussnah erfolgen, um ein möglichst starkes Signal zu erhalten.

Die Werkzeugwandtemperatur wird dann gemessen, wenn die Schmelze am Sensor eintrifft. Es bietet sich deshalb an, diese Sensoren in der Nähe des Fließwegendes oder für Steuerungszwecke in der Nähe von Verschlussdüsen zu positionieren.

Ein zusätzlicher Nutzen der Messung der Werkzeugwandtemperatur liegt in der Überwachung und Regelung der effektiven Werkzeugtemperatur an der Oberfläche der Kavität. Ebenso können viskositätsbedingte Schwankungen der Fließ-

geschwindigkeiten in der Kavität anhand des zeitlichen Temperaturanstiegs automatisch erkannt und überwacht werden.

Sämtliche Priamus Werkzeugwandtemperatur-Sensoren werden nach Herstellung kalibriert und mit einer Seriennummer versehen. Auf diese Weise kommen nur die Sensoren zum Einsatz, deren Reaktionsgeschwindigkeit und Amplitude innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen.

Neueste Entwicklung ist ein Miniatur-Werkzeugwandtemperatur-Sensor mit einem Frontdurchmesser von nur 0,6 mm, der bei Spritzteilen mit kleinsten Abmessungen, z. B. in der optischen Industrie, seine Anwendung findet [6].



Bild 4. Abgebildet sind die neuen Baureihen der Werkzeuginnendruck-Sensoren (Priasafe) mit deutlich kleinerem Sensorkörper sowie der neue Miniatur-Werkzeugwandtemperatur-Sensor mit 0,6 mm Frontdurchmesser

Optimierte Anschlusstechnik

Nicht nur die Sensoren, auch die Verbindungsleitungen zur Elektronik müssen

den hohen Anforderungen an die Handhabbarkeit und Resistenz gegenüber Störeinflüssen wie EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) genügen. Ein von Priamus zum Patent angemeldetes Kon-

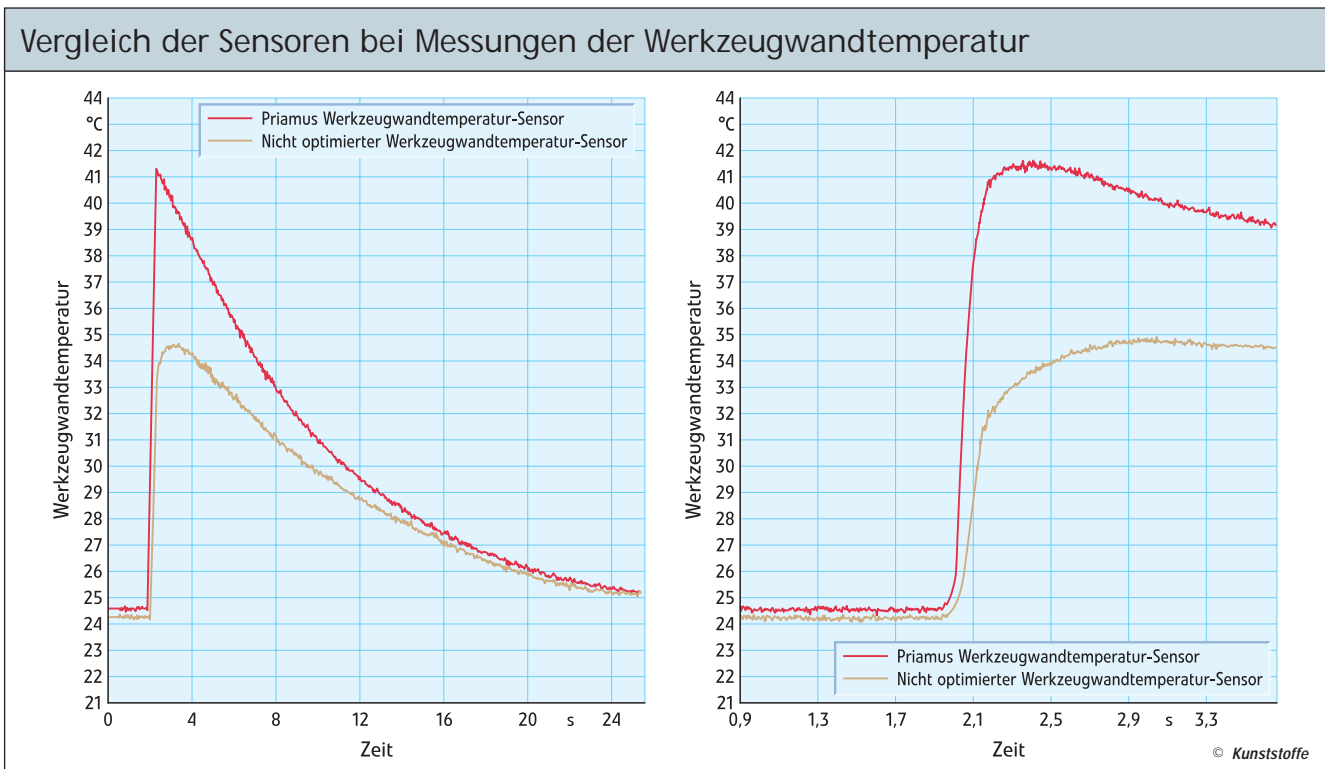


Bild 5. Aufgrund des schnellen Anstiegs und der hohen Amplitude des Signals können Priamus Werkzeugwandtemperatur-Sensoren vielseitig für Steuerungen und Regelungen eingesetzt werden. Die Grafik zeigt einen typischen Verlauf der Werkzeugwandtemperatur während eines Spritzzyklus. In der Teilansicht rechts ist zur Verdeutlichung die Abszisse aufgezoomt und die Zeitskala somit gedehnt

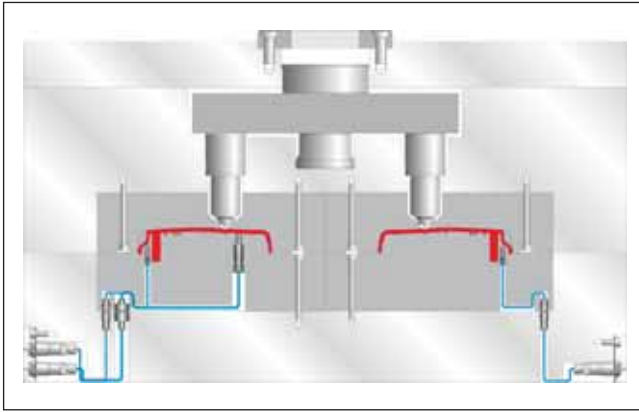


Bild 6. Schnellkupplungen für Werkzeuginnendruck- und Werkzeugwandtemperatur-Sensoren ermöglichen einen schnellen und automatischen Austausch von Werkzeugeinsätzen

zept ermöglicht es beispielsweise, sowohl Werkzeuginnendruck- als auch Werkzeugwandtemperatur-Sensoren im Werkzeug mit Hilfe einer Schnellkupplung zu trennen. Auf diese Weise können Werkzeugeinsätze inklusive Sensorik bequem ausgetauscht werden, ohne dabei auf die tatsächliche Sensorposition achten zu müssen (Bild 6). Die sensorgesteuerte Produktion auch kleinerer Stückzahlen ist somit ebenso möglich wie der Austausch von Werkzeugeinsätzen zur Reinigung oder Reparatur.

Eine Zusatzfunktion ermöglicht den Anschluss von bis zu acht piezoelektrischen Leitungen inklusive Empfindlichkeitserkennung in einem Mehrpol-Stecker, ohne dabei Einbußen der Signalqualität, z. B. aufgrund von Abschirmungsproblemen, hinnehmen zu müssen.

Fazit

Piezoelektrische Werkzeuginnendruck-Sensoren haben ihre Berechtigung im Spritzgießprozess längst unter Beweis gestellt. Erst in jüngster Zeit wurden jedoch auch Anstrengungen unternommen, einerseits deren Handhabung zu vereinfachen und andererseits die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messsignale zu gewährleisten.

Werkzeugwandtemperatur-Sensoren spielen erst seit wenigen Jahren eine nennenswerte Rolle im Spritzgießprozess, sie gewinnen jedoch vor allem aufgrund der möglichen Anwendungen im Bereich

Steuerungen und Regelungen rasch an Bedeutung. Die Voraussetzung dafür sind genügend schnelle Reaktionszeiten der Sensoren und eine intelligente Elektronik, um die gemessenen Temperaturanstiege auch als Schaltsignale verwenden zu können. ■

LITERATUR

- 1 Menges, G.: Spritzgießen: Verfahrensablauf, Verfahrensparameter, Prozessführung. Carl Hanser Verlag, München 1979
- 2 Bader, C.: Maschinenunabhängig und flexibel. *Plastverarbeiter* (2005) 8, S. 34-35
- 3 Priamus Datenblätter: Werkzeuginnendruck-Sensor Typen 6006B / 6007B
- 4 Bothur, C.: Hohe Qualität für hohe Stückzahlen. *Plastverarbeiter* (2005) 7, S. 56-57
- 5 Bader, C.; Burkhart, C.; König, E.: Geregelte Verhältnisse. *Kunststoffe* 94 (2004) 7, S. 58-61
- 6 Priamus Datenblatt: Werkzeugwandtemperatur-Sensor Typ 4009A / 4010A

DER AUTOR

CHRISTOPHERUS BADER, geb. 1962, ist seit 2000 Geschäftsführer der Priamus System Technologies AG, Schaffhausen/Schweiz, info@priamus.com

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

The ABC of Mould-sensor Systems

PROCESS CONTROL. *Unlike machine signals, which are not coupled to the actual process by which the moulding is formed, pressure and temperature signals in the cavity of an injection mould are ideal for monitoring and controlling the process. Not so clear-cut is the answer to the questions as to what users of mould sensors must watch out for during use and how the sensors differ in the advantages which they offer.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number PE103589 on our website at www.kunststoffe-international.com

i	Hersteller
Priamus System Technologies AG Bahnhofstraße 36 CH-8201 Schaffhausen, Schweiz Tel. +41 (0) 52/6 32 26 26 Fax +41 (0) 52/6 32 26 27 www.priamus.com	

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

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



Werkzeuginnendruck

- Automatische Empfindlichkeits-erkennung
- Bewährtes PRIASAFE™-Prinzip
- Absolut sichere Messung
- Standard- und Miniatursensoren



Werkzeugwand-temperatur

- Bearbeitbare Sensorfront
- Schnelle Ansprechzeiten
- Hohe Amplitude
- Robuste Handhabung
- Kleine Dimension
- Kostengünstig

Steuern, regeln und überwachen beim Spritzgiessen



Patente angemeldet

PRIAMUS