



◀ Innenbeheizte Düse.

Mehr Leistung an der Düsenspitze beim Spritzgießen

Innenbeheizte Düsen stabilisieren den Prozess

Eine neue Art **innenbeheizter Düsen** für Spritzgießmaschinen **reduziert die Störanfälligkeit** im empfindlichsten Bereich der Plastifiziereinheit. Diese herstellerunabhängig nachrüstbare

Entwicklung eines Start-Ups und eines mittelständischen Familienunternehmens ermöglicht eine **stabilere Temperaturführung** und einen zuverlässigeren Maschinenbetrieb. Anstelle

eines Heizbandes wird eine **Heizpatrone in die Düse eingelassen** und nach außen gegen Überspritzungen abgedichtet.

Die Düsentemperierung beim Spritzgießen mag trivial erscheinen. Ein Heizband umschließt den Düsenkörper von außen und heizt ihn auf die Solltemperatur. Was auf den ersten Blick unproblematisch erscheint, ist in der Praxis oftmals mit lästigen Komplikationen verbunden. Wird beispielsweise mit anliegender Düse gefahren, kann ein kaltes Werkzeug zum Einfrieren der Düsenspitze führen, insbesondere dann, wenn der Prozess kurzzeitig unterbrochen wird oder kritische Materialien zum Einsatz kommen. Zu lang ist die Regelstrecke des Systems, zu schwach die Leistung des Heizbandes, um auf diese starke Störgröße effektiv reagieren zu können. Hat sich erst einmal ein fester Pfropfen im Massekanal gebildet, kommt es zu

Ausfallzeiten und unnötigem Personalaufwand. Der Einrichter entfernt den Pfropfen mechanisch und erhöht dabei möglicherweise die Düsentemperatur und den Spritzdruck. Es entsteht eine Gefährdungssituation durch ausspritzenden, heißen Kunststoff. Nicht umsonst schreiben die Maschinenhersteller in ihren Handbüchern bei derartigen Arbeiten das Tragen eines Gesichtsschutzes vor.

Beschädigung des Düsenheizbandes vermeiden

Ein anderes Phänomen, das jeder Einrichter kennt, ist das Überspritzen der Düse, zu dem es etwa bei Undichtigkeiten zwischen Düse und Werkzeug kommen kann. Mit jedem Schuss wächst der Schmelzekuchen, der sich

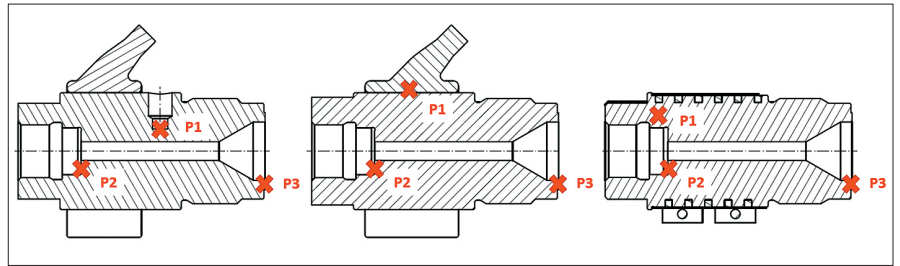
langsam seinen Weg über die Düse in Richtung Plastifizierzylinder bahnt und allzu oft trotz der Möglichkeit der Massepolsterüberwachung unentdeckt bleibt. Auch wenn das komplette Überspritzen des Aggregats die Ausnahme darstellt, so kommt es doch häufig zur Beschädigung des Düsenheizbandes, das infolge der Überspritzung ausgetauscht werden muss. Dieses Schadensbild führt zu Produktionsausfall, Wartungsaufwand und Ersatzteilkosten.

Derartige negative Randerscheinungen gilt es beim Spritzgießen aus ökonomischen und aus Gründen des Arbeitsschutzes zu verhindern. Das junge Unternehmen Inmex, Sankt Augustin, setzt dafür auf eine in die Düse integrierte, nach außen hin geschützte Beheizung, welche die Temperaturfüh-

rung entscheidend verbessern und Wartungskosten minimieren soll. Zu diesem Zweck wird in die Oberfläche des beheizten Düsenbereichs eine spiralförmige Nut gefräst, in welche form-schlüssig eine längliche Heizpatrone eingewickelt wird.

Diese Konstruktion sorgt für einen optimierten Wärmeübergang vom Heizelement auf den Düsenkörper, sodass wesentlich schneller aufgeheizt und auf Störgrößen reagiert werden kann. Die eingepresste Heizpatrone wird nach außen hin entweder von einer Blechmanschette oder einem Edelstahlrohr umschlossen, sodass kein Kunststoff in den Bereich des Heizkörpers gelangen kann. Schwachpunkt dieser Konstruktion ist das Anschlusskabel der Heizpatrone, das noch einmal gesondert geschützt werden kann.

Grundsätzlich erscheint es wegen möglicher Beschädigungen sinnvoll, möglichst wenige Kabel von der Düse wegführen zu müssen. Daher ist in der Neuentwicklung oftmals eine Heizpatrone mit integriertem Thermoelement verbaut. Die Spitze der Patrone, welche gleichzeitig für die Temperaturerfassung zuständig ist, wird dabei in eine Bohrung nahe der Düsen Spitze eingelassen. Die Bedeutung der Temperaturerfassung ist dabei nicht zu unterschätzen. Befindet sich der Fühler auf der Düsenoberfläche, kann die Kerntemperatur der Düse stark abweichen. Sitzt er zu weit von der Düsen Spitze entfernt, erkennt er werkzeug-seitige Störgrößen gegebenenfalls zu spät und die Düse friert ein. Zudem geht bei teils eingesetzten Fühlern mit



▲ Messpunkte (Schnitt, jedes Heizband mit dargestellt), links HZBe, mittig HZBi, rechts iD.

Bajonettverschlüssen wertvolle, beheizbare Fläche verloren. Der am vorderen Düsenende eingelassene Messpunkt erscheint daher sinnvoll.

Tests mit der innenbeheizten Düse

Um die innenbeheizte Düse zu testen, führten die Ingenieure der Inmex mehrere Versuchsreihen durch. Dabei wurden drei verschiedene Düsenbeheizungen hinsichtlich ihrer Performance beim Aufheizen, ihrer radialen und axialen Durchwärmung und ihrer Reaktion auf werkzeugseitige Störgrößen kritisch untersucht:

- ▶ Heizband (310 W) mit externem Thermoelement der Firma Arburg („HZBe“)
- ▶ Heizband (550 W) mit integriertem Thermoelement eines Drittanbieters („HZBi“)
- ▶ Heizpatrone (550 W) mit integriertem Thermoelement Firma Inmex („iD“)

Bei dem zu beheizenden Düsenkörper handelt es sich um eine offene Düse, passend für Maschinen des Herstellers Arburg, Loßburg, mit 25 mm Schneckendurchmesser, hergestellt

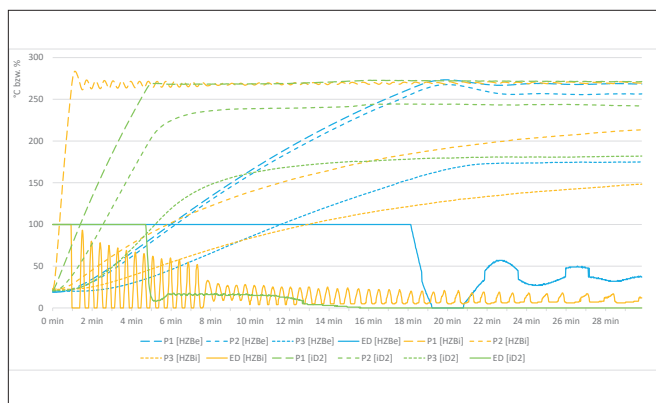
von Groche Technik, Kalletal. Das Heizband des Drittanbieters verfügt über eine höhere Heizleistung als die Arburg-Variante, da durch den integrierten Fühler, der anstelle des Bajonettverschlusses zum Einsatz kommt, eine größere Auflagefläche zur Verfügung steht.

Das Aufheizen der Düsen wurde zunächst auf einem Holzprüfstand mit möglichst geringen äußeren Einflussfaktoren vorgenommen. Ausgehend von einer Raumtemperatur von knapp über 20 °C wurden die einzelnen Düsen auf eine Temperatur von 270 °C erhitzt. Da die regulären Messpunkte (P1) bei allen drei Varianten unterschiedlich sind, wurden zwei weitere Referenzmesspunkte festgelegt, welche die Temperaturen am Anschluss der Düsen Spitze (P2) und des Zylinders (P3) zeigen. In allen Fällen fand der Aufheizprozess mit identischen Regelparametern statt und wurde über einen Zeitraum von 30 min mitgeschrieben.

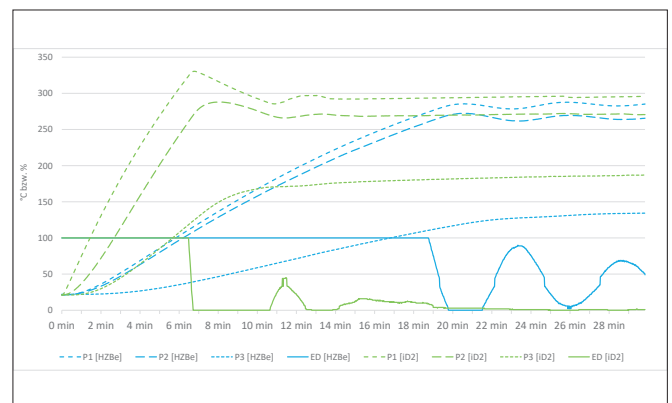
Auf die Fühlerposition kommt es an

Die Ergebnisse der ersten Messungen zeigen, dass das Heizband mit integ-

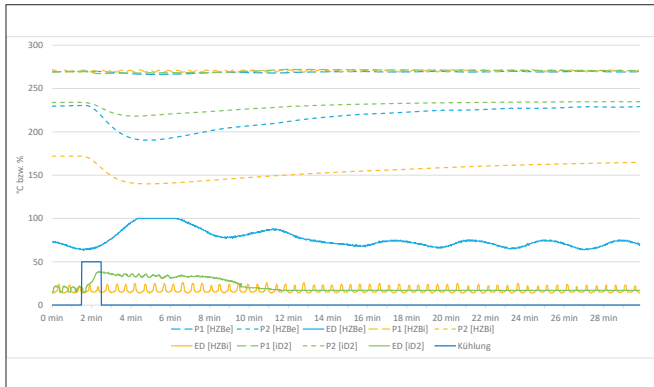
Bilder und Grafiken: alle Inmex



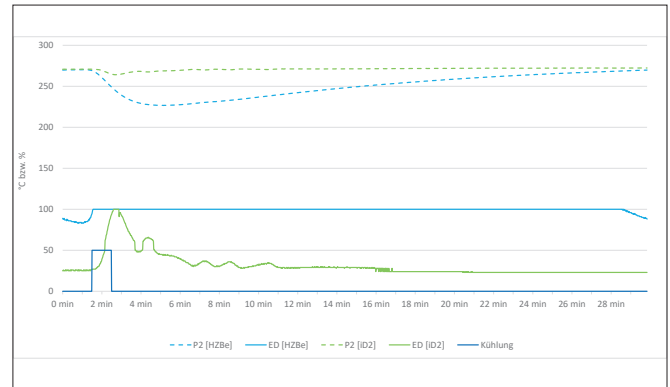
▲ Aufheizen nach P1



▲ Aufheizen nach P2



▲ Reaktion auf Störgröße nach P1



▲ Reaktion auf Störgröße nach P2

riertem Fühler (im Folgenden „HZBi“) am schnellsten auf den Sollwert steigt, was ohne Zweifel daran liegt, dass der integrierte Fühler unmittelbar auf die Erwärmung des Heizbands anspricht. Doch dieses Verhalten, das dem Bediener am Maschinenbildschirm möglicherweise positiv auffallen würde, wird zum Dilemma. Denn sobald die Solltemperatur formal erreicht ist, sinkt die Einschaltdauer des Heizbandes ab. Damit schreitet die tatsächliche Durchwärmung der Düse nur sehr langsam voran, wie die Referenzmesspunkte offenbaren.

Genau umgekehrt verhält es sich bei dem Heizband mit externem Fühler (im Folgenden „HZBe“). Die Solltemperatur steigt vergleichsweise langsam an, da der Fühler tief in der Düse und damit weit entfernt vom Heizband misst. Die Durchwärmung der Düse schreitet in den Anfangsminuten der Messung aufgrund der geringeren Heizleistung etwas langsamer voran als beim HZBi, nimmt dann jedoch rapide zu und liegt nach 30 min auf einem viel höheren Niveau.

Die Neuentwicklung der innenbeheizten Düse (im Folgenden „iD“) liegt zwischen den beiden Extremen. Aufgrund des besseren Wärmeübergangs kann die iD zwar wesentlich schneller aufheizen als das HZBe, doch unterliegt die durch den integrierten Fühler in Teilen einer ähnlichen Problematik wie das HZBi: Sobald die Solltemperatur erreicht ist, wird wenig nachgeheizt.

Zu Anfang schreitet die Durchwärmung der iD an den Referenzmessstel-

len deutlich schneller voran, als bei den anderen beiden Varianten. Nach circa 15 min überholt das HZBe die iD an der Messstelle P2. Nach einer Dauer von 30 min haben sich die Temperaturen des Arburg-Heizbands und der innenbeheizten Düse eingeregelt. Das HZBe zeigt eine bessere radiale Durchwärmung an P2 und die iD eine bessere axiale Wärmeverteilung, da P3 einen höheren Wert erreicht. Das HZBi liegt an beiden Referenzmessstellen deutlich zurück. Ein weiterer Versuch,

Web-Tipp

- ▶ Transparenz des Plastifizierprozesses spart Energie
- ▶ Short-URL:
www.plastverarbeiter.de/35815

bei dem die Düsen in eine Plastifiziereinheit eingeschraubt waren, welche ebenfalls mit aufgeheizt wurde, zeigte ähnliche Ergebnisse.

Regelung nach Referenzfühler

An diesen Ergebnissen wird deutlich, dass die Temperaturerfassung eine große Rolle bei der Düsenbeheizung spielt. Um den Einfluss der Fühlerposition zu eliminieren und die reine Leistung der Heizelemente zu vergleichen, wurde in einer zweiten Messung nach dem Referenzfühler P2 geregelt. Auf diese Weise wird der Fall simuliert, dass beide Heizelemente über ein externes Thermoelement angesteuert werden. Das ist beispielsweise bei Ar-

burg-Düsen ab der Spritzeinheitengröße 400 aufwärts der Fall. Dort ist der Fühler nicht außen an der Düse befestigt, sondern wird von der Zylinderseite her schräg eingeführt.

Die Messergebnisse zeigen auch hier, dass die Innenbeheizung der Düse die Wärme wesentlich schneller einbringen kann als ein Heizband. Sie erreicht den Sollwert dreimal so schnell wie das HZBe. Auch in puncto Wärmeverteilung zeigen sich deutliche Vorteile. Nach einer halben Stunde erreicht die iD an P3 eine um 50 K höhere Temperatur als das HZBe. Und das, obwohl das Heizband über diesen Zeitraum eine dreimal höhere Einschaltdauer aufweist.

Im Zuge der nächsten Messung wurde die Düse frontseitig auf einen Stahlblock gespannt, der mit Kühlwasser durchströmt werden kann. Dies soll das Anliegen der Düse am Werkzeug simulieren. Nachdem sich die Düsen- und Blocktemperatur eingeregelt hatten, wurde der Stahlblock bei eingeschalteter Düsenheizung eine Minute lang von Kühlwasser durchflossen. Die dadurch entstehenden Temperaturverläufe geben Aufschluss darüber, wie effizient die Heizelemente auf werkzeugseitige Störgrößen reagieren.

Interessant ist hier schon der Ausgangszustand. Entgegen der Ergebnisse der ersten Messung (vgl. Grafik 1) zeigt die Temperatur der innenbeheizten Düse einen leicht höheren Wert auf P2, als das HZBe. Durch den näher an der Düsen Spitze befindlichen Fühler der iD wird der Einfluss des anlie-

genden Werkzeugs also ausgeglichen. Infolge der Kühlung sinkt die Innentemperatur (P2) der iD um 16 K ab und erreicht nach 13 min wieder den Ursprungswert. Das Arburg-Heizband hingegen fällt auf P2 um 40 K ab und benötigt 24 min, um den Ursprungswert zu erreichen.

Das Heizband mit integriertem Fühler liegt hier in einem deutlich schlechteren Bereich. Der Versuch zeigt, dass die werkzeugnahe Temperaturerfassung der innenbeheizten Düse, gepaart mit ihrem optimierten Wärmeübergang, sehr schnell und in einem effizienteren Maße auf die Störgröße der Kühlung reagieren kann, als ein herkömmliches Heizband.

Einfluss von Störgrößen testen

Auch beim Abkühlversuch wurde eine zweite Messreihe mit einer Regelung des Hezelements nach dem Fühler P2 durchgeführt, um den Einfluss der unterschiedlichen Fühler zu eliminieren. Hier fällt der Unterschied noch sehr viel größer aus als zuvor. Die Innentemperatur der innenbeheizten Düse sinkt lediglich um 6 K und erreicht nach 2 min wieder den Ausgangswert. Das HZBe hingegen fällt um 43 K und benötigt 25 min, um wieder auf Soll zu heizen. Die Messungen 3 und 4 wurden ebenfalls mit einer Düse wiederholt, die in einer aufgeheizten Plastifiziereinheit eingeschraubt war. Die Ergebnisse ähnelten stark den hier dargestellten.

Die Messungen offenbaren, welches Potenzial die neuartige Düsenbeheizung birgt, insbesondere hinsichtlich der Reaktion auf Störgrößen und im Falle eines anliegenden Werkzeugs. Durch das Einwalzen der Heizpatrone in die Oberfläche der Düse wird der Wärmeübergang deutlich verbessert, sodass schneller mehr Leistung in den Düsenkörper eingebracht werden kann. Zudem zeigt das System eine gleichmäßigere Wärmeverteilung in Axialrichtung der Düse vor. Hinsichtlich der radialen Durchwärmung liegt es mit dem Standard-Heizband in etwa gleichauf.

Im Unternehmen Huber Kunststoff, Gossau, Schweiz, testete man das System bereits seit einigen Monaten und ist zufrieden.

Den Praxistest bestanden

„Pluspunkt ist für uns ganz klar, dass die Düsentemperatur bei Störungen nicht so stark abfällt. Insbesondere bei anliegender Düse und Polyamid-Anwendungen ergeben sich dadurch zeitliche Vorteile, die man als Anwender unmittelbar erfährt“, resümiert Mitar Tescic, Produktionsleiter bei Huber Kunststoff. „On top kommt, dass die Düsenbeheizung weniger stark aufbaut und wir einfacher und tiefer ins Werkzeug eintauchen können. Dadurch ergeben sich ganz neue Möglichkeiten.“ Bei Inmex geht man davon aus, dass die innenbeheizte Düse besonders für Problemfälle interessant ist, bei denen es häufig zu Maschinenstillstand kommt, etwa bei verlängerten Düsenstippen mit großen Eintauchtiefen.

Aber auch der Faktor der Aufheizzeit spielt hier eine Rolle. So ist bei einer standardmäßigen Plastifiziereinheit die Düse oftmals die schnellste Heizzone beim Anfahren der Maschine. Kommt jedoch ein energieoptimiertes Aggregat des Start-Ups zum Einsatz, so ist die herkömmlich beheizte Düse am langsamsten. Damit ist die Aufheizzeit der Düse nicht nur ein Indikator für den Wärmeeintrag, sondern wird tatsächlich relevant im Hinblick auf die Zeitersparnis beim Aufheizprozess. In der Konsequenz ergänzen die innenbeheizten Düsen die Plastifiziereinheiten des Anbieters optimal. ■

Autor

Axel Ifland

ist Geschäftsführer von Inmex in Sankt Augustin.

Kontakt

► Inmex, Sankt Augustin
info@inmex.de

50 JAHRE
1970-2020

Hochwertige Ersatzteile rund um die Plastifiziereinheit



grochetechnik 

Groche Technik GmbH • Am Lehmstich 12 • 32689 Kalletal • Tel.: +49 5264 65661 0
info@groche.com • www.groche.com

inmex
MORE. EFFICIENT.
PLASTICS.

Energieeffiziente Plastifizierteknik

- 55 % Energieersparnis
- Verbesserte Homogenität
- Schutz gegen Verschmutzung
- Nachrüstbar für jede Maschine



inmex GmbH • Grantham-Allee 2-8 • 53757 Sankt Augustin • Tel.: +49 2241 3972 130
info@inmex.de • www.inmex.de