

KUNSTSTOFFXTRA



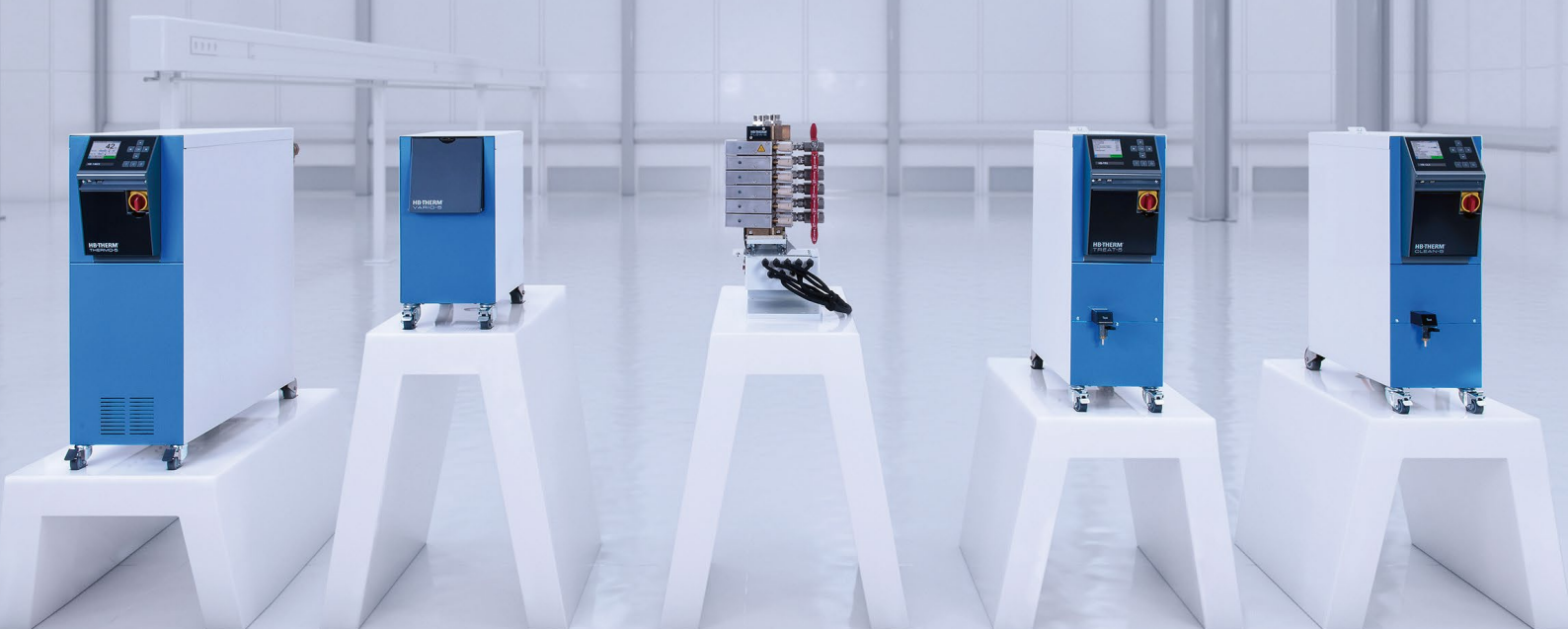
SONDERDRUCK

OFFIZIELLES ORGAN VON SWISS PLASTICS + swiss plastics

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR WERKSTOFFE – VERARBEITUNG – ANWENDUNG

HB-THERM[®]

Temperature Control Technology



› Variotherm temperieren mit unterschiedlichen Heizverfahren

Hohe Bauteilqualität bei optimaler Zykluszeit

Für die Schweizer Temperierspezialisten der HB-Therm AG ist seit langem klar: Bei hochqualitativem Spritzgießen hat die Werkzeugtemperierung entscheidenden Einfluss auf die Bauteilqualität und die wirtschaftliche Effizienz der Produktion. Das Variotherm-Verfahren, mit dem sich HB-Therm seit langen beschäftigt, gewinnt dabei zunehmend an Bedeutung.

› Philipp Geisser¹

Unter dem Variotherm-Verfahren versteht man einen sogenannten «erzwungenen dynamischen Temperaturverlauf» im Werkzeug während eines Spritzzyklus. Einfacher gesagt: Wann müssen ein Werkzeug oder seine formgebenden Partien heißer und wann kälter sein, um das Produkt in bestmöglicher Qualität herstellen und entformen zu können? Die jeweils richtige Werkzeugtemperatur in den jeweils richtigen Zyklusphasen ist hier der entscheidende Schlüssel – also die sogenannte variotherme Werkzeugtemperierung.

In welchen Fällen variotherm?

Das Variotherm-Verfahren hilft also, ungewollte Auswirkungen für Spritzgießer zu verhindern. Verglichen mit der «normalen» Temperiertechnologie kann die variotherme Temperiertechnik bei der Lösung anspruchsvoller Aufgaben in diesem Bereich effektiv helfen. Mit höheren Temperaturen steigt z. B. die Bauteilqualität, dafür werden aber längere Zykluszeiten notwendig. Dieser Zusammenhang beeinflusst betriebswirtschaftlich die Stückkosten. Somit wird die Wahl der richtigen Werkzeugtemperatur immer zu einer Abwägung zwischen Qualität und Wirtschaftlichkeit. Dies trifft besonders dann zu, wenn entweder extrem kleine Fließquerschnitte sehr hohe Einspritzdrücke bedingen, Einfallstellen bei extremen Wandstärkenverhältnissen vermieden werden oder eine perfekte Oberflächenqualität bei geschäumten und faserverstärkten Teilen entstehen soll. Aber



Zum variothermen Temperieren von Werkzeugen kommen bei HB-Therm zwei Temperiergeräte Thermo-5 zum Einsatz, die über die Umschalteinheit Vario-5 mit Maschine und Werkzeug verbunden sind.

auch die vollständige Abformung feinsten Strukturen oder das Erreichen einer hohen Konturtreue (z. B. bei optischen Linsen, Mikro- oder Nanostrukturen, Klavierlack usw.) sind Einsatzfälle, bei denen variotherm temperiert werden sollte. Bei bestimmten Spritzgussteilen besteht zudem die Anforderung, Bindenähte oder andere visuelle Beeinträchtigungen im Sichtbereich zu vermeiden.

Wie funktioniert variotherme Temperierung?

In zahlreichen Anwendungsfällen soll die Formnestoberfläche im Werkzeug beim Einspritzvorgang «warm» und in der Abkühlphase «kalt» sein. Das Werkzeug oder auch nur der kavitätsnahe Bereich werden eine bestimmte Zeit aufgeheizt und anschließend wieder gekühlt. Über eine variotherme Temperierung lässt sich die Temperatur an der Formnestoberfläche innerhalb des Spritzzyklus aktiv verändern, es wird also über ein Heiz- und ein Kühlsystem zyklisch beheizt bzw. gekühlt. Die Ansteuerung der Temperierung läuft dabei absolut synchron

zum Prozesstakt. Während zur Kühlung (also zur Wärmeabfuhr) ausschliesslich kaltes oder niedrig temperiertes Wasser verwendet wird, bieten sich für das Auf- und Beheizen unterschiedliche Verfahren und Medien an: zum Beispiel flüssig beheizt (mit den Medien: Wasser, Öl, CO₂), elektrisch beheizt (mit den Medien Widerstand, Induktion, Strahlung wie Infrarot oder Laser) oder dampfbeheizt.

Flüssige Beheizung

Bei der flüssigen Beheizung kommen zwei Temperiergeräte und eine Umschalteinheit zum Einsatz. Die Umschalteinheit schaltet dabei wechselweise im von der Maschine vorgegebenen Takt zwischen dem auf hoher und dem auf tiefer Temperatur arbeitenden Temperiergerät hin und her. Nicht mit dem Verbraucher verbundene Geräte werden jeweils auf Bypass geschaltet, damit die Wärmeübertragung im Gerät auch in dieser Phase erhalten bleibt. Als Fluid kommen Wasser, Öl oder unter bestimmten Voraussetzungen auch CO₂ zum Einsatz. Die Wirkung hängt bei dieser Technik stark von der Gestaltung des Verbrauchers sowie des Anwendungsprozesses ab. Voraussetzungen für einen erfolgreichen Betrieb sind:

- geeignete Werkzeugkonstruktion (möglichst geringe Masse),
- kleine Temperierkanalabstände und hohe Zykluszeiten,
- geeignete Ansteuerung der Umschaltventile im gewünschten Verhältnis und Takt der Maschine. Die erreichbaren Temperaturen an der Verbraucheroberfläche (z. B. der Formnestoberfläche) richten sich dabei nach den Temperaturbereichen der Temperiergeräte, des angeschlossenen Verbrauchers sowie der Zykluszeit.

¹ Philipp Geisser, Head of technology
HB-Therm

**Elektrische Beheizung:
Drei Alternativen**

Die Grundidee der elektrischen Beheizung lautet: die aufzuheizende Masse sollte so gering wie möglich sein. Darüber hinaus sollten die separaten Kühlkanäle adäquat untergebracht werden können. Für die elektrische Beheizung bieten sich hauptsächlich drei Möglichkeiten an: Widerstand (Keramik, Dünnschicht), Induktion sowie Strahlung (Infrarot, Laser).

Widerstandsheizung

Eine als elektrisches Heizelement ausgebildete Keramikplatte ist nahe der Formnestoberfläche im variothermen Bereich angebracht. Die hohe spezifische Heizleistung ermöglicht hohe Heizgradienten. Die Kühlkanäle liegen hinter dem Heizelement. Dank der relativ hohen Wärmeleitfähigkeit der Keramikplatte ist die Kühlwirkung noch genügend gross. Zur gleichen Kategorie zählen Verfahren, bei denen die Heizenergie über eine als elektrischen Wi-

derstand gestaltete Beschichtung der Kavität erfolgt.

Induktionsheizung

Wird an einem magnetischen Stahlkörper ein magnetisches Wechselfeld hoher Frequenz angelegt, dann erwärmt sich dessen Oberfläche. Ursache sind die induzierten Wirbelströme. Induktionsspulen können theoretisch von aussen in das offene Werkzeug eingefahren werden. Nach erfolgter Erwärmung, die eventuell nur wenige Sekunden kurz sein kann, fährt die Spule wieder aus, bevor das Werkzeug schliesst und der Spritzprozess beginnt. Weil die Temperatur an der Oberfläche nach Abschalten wieder sehr rasch abnimmt, muss unter Umständen stark übererwärmt werden, was zu Werkzeugschäden führen kann. Aus diesem Grund ist die Integration der Induktionsspule in das Werkzeug weiter verbreitet, auch wenn der Aufwand für das Einbringen der Schlaufen in das Werkzeug sehr viel kostspieliger ist.

Eine weitere Möglichkeit variothermer Temperierung bietet eine um das Werkzeug angebrachte Hochfrequenzspule.

Heizung über Strahlung

Treffen elektromagnetische Strahlen auf eine Oberfläche, dann wird diese je nach Frequenz, Intensität und Reflexionsvermögen erwärmt. Matte schwarze Oberflächen erhitzen sich dabei viel stärker als polierte weisse, weil deren Emissionsfaktor bedeutend grösser ist. In der Praxis wird die Strahlenquelle in das offene Werkzeug eingefahren. Nach Erreichen der gewünschten Temperatur fährt diese wieder aus, das Werkzeug schliesst und der Spritzprozess beginnt. Die polierten Oberflächen von Stahlwerkzeugen sind bezüglich des Absorptionsvermögens nicht besonders vorteilhaft. Versuche mit unterschiedlichen Beschichtungen haben gezeigt, dass sich damit der Emissionsfaktor verbessern lässt und sich so akzeptable Temperaturgradienten erzielen lassen.

Heizverfahren	Grosse Flächen	Konturkomplexität (3D)	Vorhandenes Werkzeug	Aufwand Werkzeug	Aufheizraten	Temperaturverteilung	Überheizen erforderlich	Investitionskosten	Ergonomie	Praxiserprobung
Bewertung: (0-5) 0: erfüllt Anforderung nicht 5: erfüllt Anforderungen vollständig -: nicht zutreffend										
Referenz isotherm (kontinuierlich)	5	5	5	5	-	5	-	5	5	5
flüssiges Medium (wechselweise heiss/kalt)	4	4	4	5	2	4	5	4	5	5
flüssiges Medium mit zwei Kreisen (hinten konstant, vorne getaktet)	4	4	2	4	2	4	5	4	5	4
CO ₂ (wechselweise heiss/kalt)	3	4	3	4	1	4	5	2	2	1
Heissdampf	4	4	2	3	2	4	5	3	5	5
Widerstandsheizplatten (Keramik, in Werkzeug integriert)	2	2	0	2	4	2	5	3	5	5
Widerstandsheizelemente (beweglich, in Werkzeug integriert)	1	3	1	2	4	2	5	3	5	4
Dick- oder Dünnschicht-Heizschicht an Formnestoberfläche	3	2	1	2	4	4	5	3	5	1
Induktionsheizung (Induktor über Handling eingebracht)	3	2	4	5	4	2	1	3	2	4
Induktionsheizung (Induktor im Werkzeug integriert)	5	3	0	2	3	4	5	2	3	4
Induktionsheizung (Induktor um gesamtes Werkzeug)	5	3	2	5	4	4	3	1	2	4
Infrarot-Wärmestrahler	3	2	3	5	2	2	3	3	2	1
Laser (Laserscanner über Handling eingebracht)	1	4	4	5	4	4	2	2	1	1
Laser (Laserstrahl über Lichtleiter in Werkzeug eingeführt)	1	1	0	1	5	4	5	1	3	0
Heissluft (mit Wärmerückführung)	2	3	5	5	4	2	3	4	2	1

Tabelle: Gegenüberstellung von Heizverfahren für variotherme Temperierprozesse. Einschätzung von HB-Therm, Stand 2018.

Dampfbeheizte Temperierung

Bei der Beheizung mit Dampf wird die sehr hohe Verdampfungswärme von Wasser genutzt. Bringt man den in die Temperierkanäle geleiteten Wasserdampf zur Kondensation, dann wird an dieser Stelle viel Wärme freigesetzt, womit sich die Umgebung erhitzt. In der Kühlphase fliesst anschliessend kaltes Wasser durch die Kanäle und kühlt das Werkzeug wieder ab. Auch hier ist wichtig, dass die aufzuheizende und abzukühlende Masse möglichst gering bleibt.

Einsatz des variothermen Temperierverfahrens

Wann sollten Spritzgiesser das variotherme Temperierverfahren einsetzen? Dafür gibt es, wie in so vielen Fällen, keine eindeutige Richtlinie, da diese Verfahren noch nicht sehr stark verbreitet sind. Was man allerdings festhalten kann, ist, dass sie in der Regel aufwändiger sind und speziell dafür angepasste Werkzeugkonstruktionen voraussetzen, was sie gegenüber herkömmlichen Verfahren auch teurer werden lässt. In Bezug auf das Heizsystem hat sich wegen der unterschiedlichen Vor- und Nachteile und deren Entwicklungsstadien ebenfalls noch kein Verfahren etabliert.

Die Tabelle mit den verschiedenen Heizverfahren und deren Anwendungseigenschaften kann bei der Systemauswahl behilflich sein. Details in Bezug auf die Anwendung müssen mit den jeweiligen Systemanbietern abgesprochen werden.

Die variotherme Temperierung von HB-Therm

Das Vario-5-System von HB-Therm basiert auf dem Heizverfahren mit flüssigen Medien, bei dem wechselweise heisses und kaltes Wasser durch den variotherm zu temperierenden Kreis gepumpt wird. Dabei kommen zwei Standardgeräte zum Einsatz, die über die Umschalteinheit Vario-5 dem entsprechenden Temperierkreis zugeschaltet werden und so die Formteilpartie aufheizen oder abkühlen. Die erforderliche Energie für die Temperaturänderungen wird von dessen Verlauf und der Temperierkanalanordnung bestimmt. Sie muss vom heissen und vom kalten Temperiergerät zu etwa gleichen Teilen aufge-

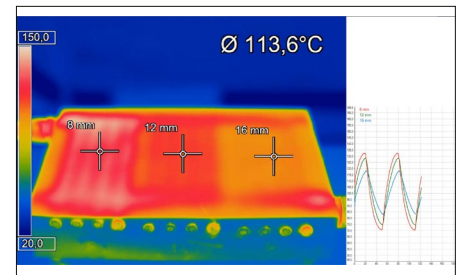
bracht werden und entspricht der variothermen Temperierleistung. Die Dauer von Heizen und Kühlen hängt von den notwendigen Werkzeug- sowie den gewählten Mediumstemperaturen ab. Die Zeiten müssen über Versuche am offenen Werkzeug bestimmt werden.

Als wichtige Grösse einkalkuliert werden muss auch der Abstand des Temperierkanals zur Formnestoberfläche. Dieser führt zusammen mit der Distanz zur Ventil-Umschalteinheit zu einer charakteristischen Verzögerung. Wird von Heizen auf Kühlen umgeschaltet, dann steigt die Temperatur an der Formnestoberfläche, je nachdem, wie konturnah temperiert werden kann, zunächst noch weiter an, bis sie nach dieser Verzögerungszeit das Maximum erreicht und danach wieder sinkt. Dasselbe gilt für das Umschalten von Kühlen auf Heizen. Die Verzögerungszeit liegt dabei zwischen 4 und 12 Sekunden.

Möchte man also die höchste Temperatur zum Zeitpunkt «Start Einspritzen» erreichen, dann muss schon um die Verzögerungszeit früher umgeschaltet werden. Je nach Verhältnissen kann das tatsächlich schon vor dem Zyklusstart der Fall sein. Die eigentliche Umschaltung zwischen Heizen und Kühlen erfolgt zeit- oder temperaturabhängig. Umgeschaltet werden kann entweder durch die Maschine oder die variotherme Umschalteinheit.

Für kurze Zykluszeiten und eine effiziente variotherme Temperierung müssen Werkzeug und Prozess entsprechend optimiert werden. Folgende Grundsätze sollten dabei beachtet werden:

- Die Abstände zwischen Temperierkanal und Formnestoberfläche sollten so klein wie möglich sein (konturnahe Temperierung)
- Um den variothermen Bereich klein zu halten, sollten nur Kreisläufe einbezogen werden, die den kritischen Formnestbereich beeinflussen. Wenn möglich sollten Werkzeugeinsätze verwendet werden, die einfach vom Rest des Werkzeugs isoliert werden können.
- Zusätzlich können variotherme Bereiche auch mit Isolation und Freistellungen vom Rest des Werkzeugs getrennt werden.
- Der Anschluss der variothermen Einsätze an das Temperiersystem kann mit freigestellten Rohrstücken erfolgen. Zu-



Die Infrarotaufnahme entstand an einem Versuchswerkzeug. Zu sehen ist ein Temperaturverlauf an einer Testplatte mit unterschiedlichen Temperierkanalabständen.

führungen über Werkzeugplatten, -rahmen sowie Verteil- und Messsysteme sollten aufgrund der erhöhten variothermen Masse vermieden werden.

- In besonderen Fällen können für die variothermen Bereiche auch Einsätze aus Kupferlegierungen oder anderen Materialien mit guten Wärmeleiteigenschaften verwendet werden.
- Durch grosse Temperierkanaldurchmesser oder mehrere Temperierkanäle lassen sich beaufschlagte Flächen vergrössern und damit die Wärmeübertragung verbessern.
- Die Temperierkanäle sollten so gestaltet sein, dass ein möglichst hoher Durchfluss entsteht. Dieser verbessert den Wärmeübergang zum Werkzeug und führt zu kürzeren Ansprechzeiten bzw. schnelleren Temperaturgradienten.
- Schliesslich nehmen variotherm gefahrene Temperierkreise die Temperatur des heissen Geräts schnell an. Dichtungen, Kupplungen und Schläuche sollten deshalb entsprechend ausgelegt sein. Durch die zyklischen Temperaturveränderungen können bewegliche Einsätze wie z. B. Schieber auch klemmen.

Kontakt

HB-Therm AG
 Spinnereistrasse 10 (WU 3)
 CH-9006 St. Gallen
 +41 71 243 6-530
 info@hb-therm.ch
 www.hb-therm.ch