



Methoden der Impulstemperierung

Gesamtkonzept. Die Umsetzung der patentierten Impulstemperierung beim Spritzgießen ermöglicht einfache Werkzeugkonzepte, kürzere Zykluszeiten, niedrigere Energiekosten und eine höhere Produktqualität. Die prozessrelevanten Temperaturen der Werkzeugwand, des Temperiermediums, des Heißkanals und des Werkzeugrahmens werden präzise geregelt. Eine Software visualisiert dies in einer gemeinsamen Bedienoberfläche.

WERNER KOTZAB

Das Rechenmodell „Energiebilanz des Spritzzyklus“ [1] zeigt, dass der gesamte Wärmehaushalt des Werkzeugs betrachtet werden muss, um einen Spritzgießprozess zu beherrschen. Unter dem Oberbegriff Impulstemperierung ist die Regelung der Temperaturen im Werkzeug zusammengefasst, die im Spritz-

gießprozess eine wichtige Rolle spielen. So weit nicht aus der Literatur bekannt, wurden die Verfahren vom Autor neu definiert und die relevanten Werkzeugtemperaturen benannt. In Bild 1 sind die Geräte-Module und darunter symbolhaft die Arbeitsweisen der Temperiermethoden aufgeführt, die die Impulstemperierung mit dem System von Wieder bietet. Bild 2 zeigt die Temperaturen im Werkzeug, die bei der

Impulstemperierung überwacht und geregelt werden können. Möglich ist die präzise Regelung der Temperaturen der Werkzeugwand (MWTC, Mould Wall Temperature Control), des Temperiermediums (MMTC, Mould Medium Temperature Control), des Heißkanals (MHTC, Mould Hotrunner Temperature Control) und des Werkzeugrahmens (MFTC, Mould Frame Temperature Control).

Die Grenzen der Impulskühlung

Die konventionelle Impulskühlung wird erfolgreich eingesetzt, wenn der Betrag der Restwärmeenergie (Q_R) – das ist die Differenz aus der Summe der aus der Schmelze (Q_M) und fremden Quellen (Q_F) zugeführten Wärmeenergie und der durch den Austausch mit der Umgebung abgeführten Energie (Q_U) – größer Null ist. Bei der Impulskühlung wird in der Regel die Werkzeugwand durch Warmspritzen auf Betriebstemperatur gebracht. Bei der Verarbeitung teurer Kunststoffe kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, vor dem tatsächlichen Produktionsstart oder nach einer Produktionsunterbrechung die Kühlkanäle mit Warmwasser zu durchströmen, um die gewünschte Solltemperatur zu erreichen. Das Gleiche gilt sinngemäß für den Einsatz elektrischer Heizelemente, die dem Aufheizen des Werkzeugs dienen.

Sobald die Starttemperatur erreicht ist, schaltet das System bei der Impulskühlung auf den Betrieb mit rückgekühltem Wasser oder kalter Luft um. Wenn jedoch im laufenden Betrieb die Wärmeenergie der Schmelze und die Fremdenergie aus dem Heißkanal nicht dafür ausreichen, die Werkzeugwandtemperaturen auf dem benötigten Niveau zu halten, kann kein Werkzeug mit Impulskühlung betrieben werden [2].

Impulsheizen ersetzt Mehrkreistemperierung

Wenn z. B. aufgrund langer Nebenzeiten der Maschine das Spritzteil beim Erreichen der Entformungstemperatur nicht ausgeworfen werden kann und als Folge der Wärmeverlust an die Umgebung größer ist als die Wärmezufuhr durch die Schmelze, muss zusätzliche Fremdenergie (Q_F) in das Werkzeug gebracht werden. Beim Impulsheizen erfasst mindestens ein Fühler in der Werkzeugwand (MWTC) oder im Temperiermedium (MMTC) den zyklischen Temperaturverlauf. Ein Regler bestimmt die Öffnungszeiten der Ventile (Typ: FloValve, siehe Seite 35), die einen präzisen zyklischen Temperatenausgleich herbeiführen. Bei

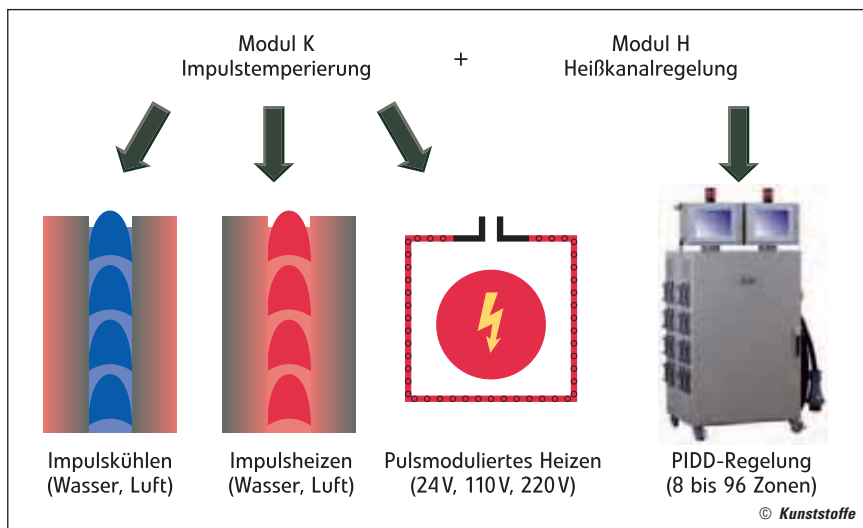


Bild 1. Die verschiedenen Module der Impulstemperierung und deren Arbeitsweise (Bilder: Wieder)

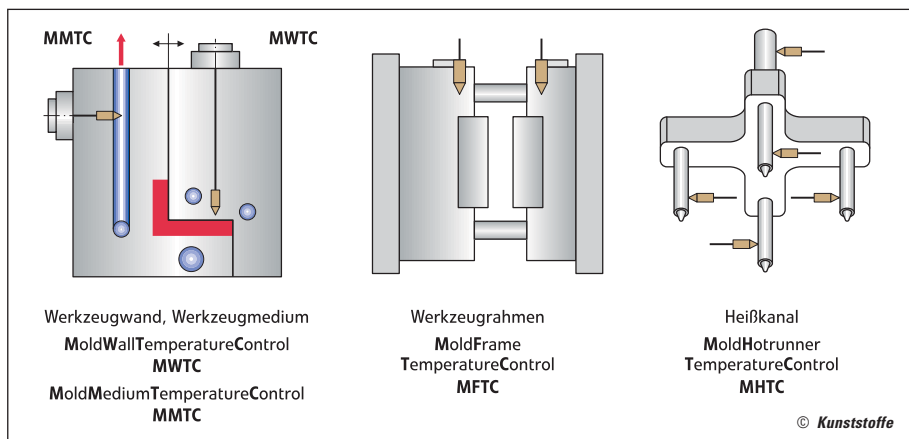


Bild 2. Die bedeutsamen Stellgrößen im Spritzgießwerkzeug sind die Temperaturen der Werkzeugwand (MWTC), des Temperiermediums (MMTC), des Heißkanals (MHTC) und des Werkzeugrahmens (MFTC)

der Impulstemperierung wird durch ein Wasser-Heizgerät für eine oder mehrere Maschinen eine Vorlauftemperatur genutzt, die um etwa 10 °C höher sein sollte als die gewünschte Höchsttemperatur im Werkzeug. Vergleicht man den aufwändigen Aufbau konventioneller Temperiergeräte mit der Hardware der Impulstemperierung, so zeigt sich, dass die Investitionskosten bei der Impulskühlung erheblich niedriger ausfallen. Für den laufenden Betrieb lassen sich als weitere Vorteile eine verbesserte Produktqualität und reduzierte Energiekosten anführen. Die Praxis zeigt, dass für die Wartung und Re-

paratur konventioneller Temperiergeräte hohe Kosten anfallen, hingegen arbeitet die Impulstemperierung mehrere Jahre wartungsfrei. Dies ist vor allem der einfachen Hardware der Impulstemperierung geschuldet, die nur wenige Verschleißteile beinhaltet.

Sehr vorteilhaft kann Impulsheizen auch bei Werkzeugen mit einer konturnahen Kühlkanalanordnung eingesetzt werden. Ein ToolMaster K besteht aus einem WPC (Wieder Industrie-PC) im Schutzgehäuse, einer Regeleinheit und sechs FloValve Regelventilen. In der Praxis kann solch ein Einzelgerät eine kon-

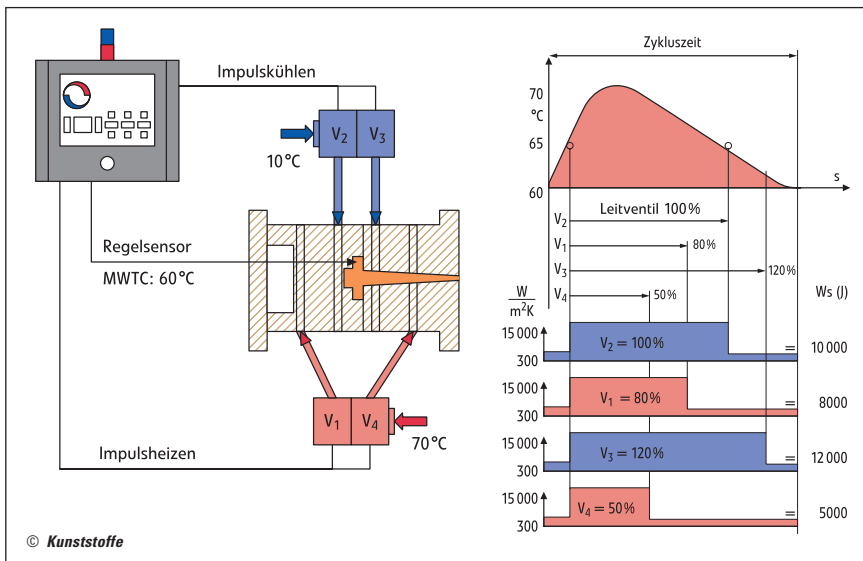


Bild 3. Links: Funktionsweise der kombinierten Impulstemprierung. Rechts: Temperaturverlauf an der Werkzeugwand (oben); Auswirkungen der Ventilöffnungszeiten auf den Wärmeübergang (unten)

ventionelle Mehrkreistemperierung mit sechs Temperiergeräten ersetzen. Dabei ist eine Reduzierung der Zykluszeit nur bedingt möglich. Um bei diesem Werkzeugkonzept eine zu schnelle Wärmeableitung zu vermeiden, sind relativ hohe Mediumstemperaturen erforderlich, auch um ungleiche Temperaturen in den Kavitäten zu vermeiden.

Pulsmoduliertes Heizen und eine vorteilhafte Kombination

Das pulsmodulierte Heizen hat sich vor allem bei hohen Werkzeugtemperaturen bewährt und wird auch für die Regelung der Werkzeugrahmentemperatur (MFTC) eingesetzt. Sowohl das Modul K mit Sensoren des Typs NTC und Pt 100 als auch das Modul H mit Thermoelementen des Typs J bieten diese Technik (Bild 1). Elektrische Heizelemente mit 24 V, 110 V und 220 V stehen zur Auswahl. Für den Außenbereich des Werkzeugs bietet Wieder Plattenheizer und Rahmenheizkörper an, für den Innenbereich Rohrheizkörper und Heizpatronen. Das pulsmodulierte Heizen kann auch dann vorteilhaft eingesetzt werden, wenn im Werkzeug eine partiell erhöhte Temperatur erreicht werden soll; dadurch erhält die Schmelze in der Kavität eine Art Fließhilfe, um z. B. eine Bindenaht zu verlegen oder diese soweit zu reduzieren, dass sie zumindest nicht mehr sichtbar ist.

Die Kombination von Impulskühlen und Impulsheizen bietet völlig neue Möglichkeiten der Temperaturführung im Werkzeug [3, 4]. Wie Bild 3 veranschaulicht, wird, um die Wärme schnell aus der Kavität abzuleiten, die Impulskühlung mit

einer Vorlauftemperatur von 10 °C eingesetzt. Um einen hohen Wärmeverlust an die Umgebung zu kompensieren, wird gleichzeitig das Impulsheizen mit einer Vorlauftemperatur von 70 °C genutzt. Bei der Impulstemprierung können Impulskühlung und Impulsheizung mit ein und demselben Temperaturfühler geregelt werden. Der Regelsensor korrespondiert mit einem Leitventil, dessen Öffnungszeiten für die Regelung von bis zu sieben Folgentilen genutzt werden. Auch eine Kombination des pulsmodulierten Heizens mit der Impulskühlung bringt vor al-

lem bei hohen Werkzeugtemperaturen Vorteile, wobei zur Ableitung der Wärmeenergie vorzugsweise Luft als Kühlmedium zum Einsatz kommt.

Regelung der wichtigen Temperaturen

Heißkanalregelung (MHTC): Der Einfluss der Fremdenergie aus dem Heißkanal auf den gesamten Wärmehaushalt wird bei der Verarbeitung von kleinvolumentigen Teilen deutlich. Dabei übersteigt die Fremdenergie aus dem Heißkanal oftmals die Wärmeenergie der Schmelze. Die Impulstemprierung und die Heißkanalregelung in einem Gerät zusammenzufassen, war deshalb eine logische Konsequenz [5]. Der ToolMaster mit Modul H bietet eine PID-Heißkanalregelung, die sich auch in der Praxis bewährt hat. Der von Anwendern erhobenen Forderung nach einem offenen Softwarekonzept hat Wieder mit der neuen Generation des ToolMasters entsprochen. Der ToolMaster, der mit dem Betriebssystem Windows XP läuft, wird über einen Touchscreen WPC bedient. Dank des Multitasking-fähigen Betriebssystems und der Möglichkeit zur Kommunikation über ComPort oder Ethernet können auch Fremdfabrikate in die Heißkanalregelung integriert werden. Zur Prozessvisualisierung dient für alle angeschlossenen Module und das Fremdfabrikat der Bildschirm des gemeinsamen WPC. ▶

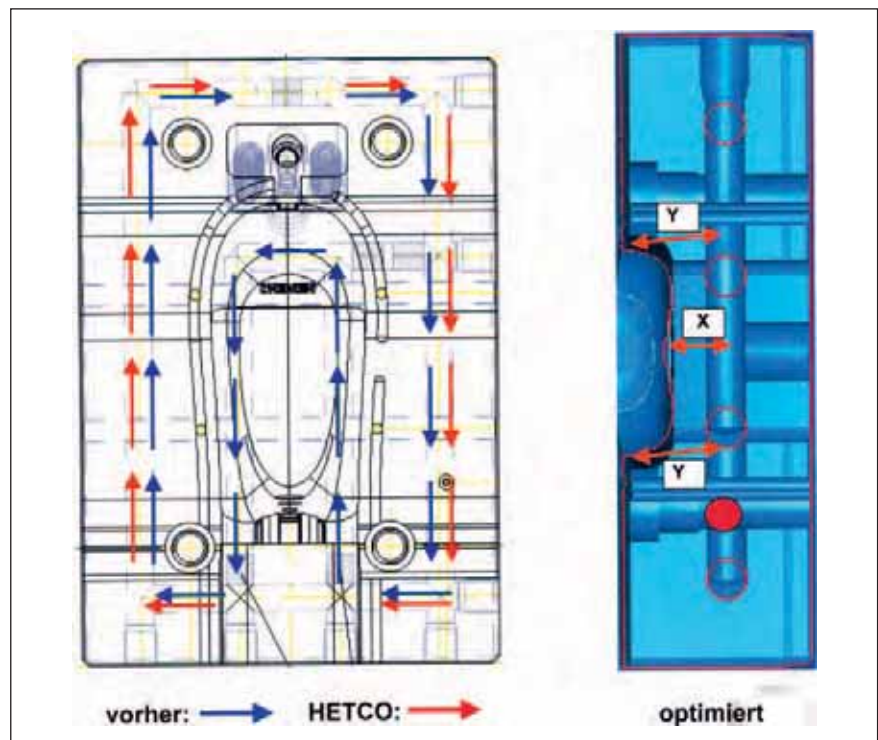


Bild 4. Vergleich der Anordnung der Kühlkanäle vor und nach der Optimierung mit C-Hetco

Werkzeugwandtemperatur (MWTC) und Werkzeugmediumtemperatur (MMTC): Das Hauptaugenmerk bei der Verfahrensentwicklung war zunächst auf die Regelung der Werkzeugwandtemperatur gerichtet, wobei sich als Instrument zur dynamischen Temperaturmessung ein 2,5 mm hinter der Kavität platzierter Sensor durchgesetzt hat. Die Regelung der Mediumtemperatur hat sich vor allem bei Altwerkzeugen und bei der Verarbeitung von Polyolefinen bewährt. Mit neuen verbesserten Sensoren und Regelschritten der neuen Reglergeneration von 0,1 °C ist jetzt auch bei kleinvolumigen Teilen eine zyklische Wärmeableitung sichergestellt.

Werkzeugrahmentemperatur (MFTC): Temperaturmessungen an Heißkanalwerkzeugen während des Auf-

heizens bestätigen, dass bis zu 30 % der Nennleistung der elektrischen Heizelemente eines Heißkanals dem Werkzeug als Wärme zugeführt werden. Bei geöffnetem Werkzeug bleibt die Wärme auf der Düsenseite. Bei laufender Produktion, also während das Werkzeug geschlossen ist, wird ein Teil dieser Energie in die Auswerferseite geleitet. Dies hat vor allem bei einer Unterbrechung zur Folge, dass die Temperatur auf der Düsenseite ansteigt und somit von der Temperatur der Auswerferseite abdriftet. Bei einem Werkzeug mit einem Abstand zwischen den Führungssäulen von 600 mm löst bereits ein Temperaturunterschied von 12 °C eine maßliche Veränderung von 0,07 mm aus. Die Folge ist Verschleiß, nicht nur in den Führungse-

i	Hersteller
<p>Wieder GmbH International Paul-Klee-Straße 16 D-97403 Schweinfurt Tel. +49 (0) 97 21/4 27 33-0 Fax +49 (0) 97 21/4 48 49 E-Mail: info@wieder.biz</p>	

menten, sondern auch an den Tauchkanten und in den Führungen der formbildenden Kerne. Dieses allgemein bekannte Problem wird mit MFTC ursächlich gelöst, indem zur Überwachung und Regelung Temperaturfühler im Werkzeugrahmenbereich gesetzt werden. Durch ein entsprechendes Triggern elektrischer Heizelemente wird die fehlende Wärmeenergie ausgeglichen. Auch wenn bei einer Unterbrechung das Werkzeug offen steht, bleibt ein Abdriften der Temperaturen als Ursache für einen Werkzeugverschleiß ausgeschlossen.

Anwendungsbeispiel 2K-Handyschale

Eine Analyse des für die Maguro-Handyschale (Siemens) entworfenen Spritzgießwerkzeugs mit dem Programm C-Hetco zeigt das Potenzial auf, die Zykluszeit um über 65 % zu reduzieren. Um ein homogenes Temperaturprofil in der Kavität sicherzustellen, wird die Anordnung der Kühlkanäle nach der C-Hetco-Methode optimiert [6], wobei nur ca. 50 % der vorhandenen Kühlkanäle genutzt werden. Das Bild 4 zeigt links die Kühlkanäle vor und nach der Optimierung. In der Darstellung rechts steht „X“ für den berechneten Abstand zwischen der Werkzeugwand und dem Kühlkanal, der gewährleistet, dass der Wärmedurchgang von Q_R in den Kühlkanal zeitgleich mit dem Wärmeübergang aus der Schmelze in die Werkzeugwand abläuft und vor dem Auswerfen beendet ist. Um heiße Stellen im Werkzeug zu vermeiden, wird der maximale Abstand „Y“ zwischen der Werkzeugwand und dem Kühlkanal bestimmt, mit dem der Wärmedurchgang von Q_R in das Kühlmedium am Ende des Zyklus abgeschlossen ist.

Schließlich wird die Fertigungsanlage mit einem ToolMaster ausgestattet – in diesem Fall ein Modul K Impulskühlen für MWTC und Impulsheizen mit elektrischen Heizelementen für MFTC sowie ein Modul H mit acht Zonen PID-Heißkanalregelung MHTC im IP54-

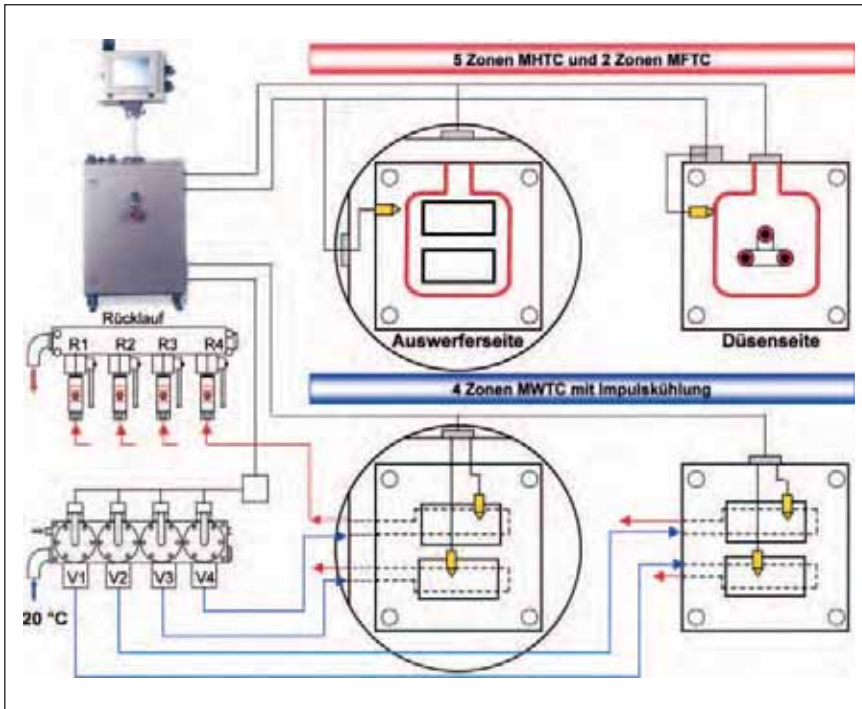


Bild 5. Das Funktionsschema der Hardware für das Anwendungsbeispiel einer 2K-Handyschale

Bild 6. Modul der Regelventile „FloValve“ (oben) und Modul der Rücklaufleitungen mit Durchflussanzeigen (unten)



Schaltschrank –, der die Temperatur der Werkzeugwand, des Heißkanals und des Werkzeugrahmens regelt (Bild 5). Als zusätzliche Komponenten werden in das Werkzeug der Oechsler AG, Ansbach, vier Temperaturfühler für MWTC, zwei Temperaturfühler für MFTC sowie zwei Heizrohre in den Werkzeugrahmenbereich eingebaut. Die elektrische Verbindung zu den Temperaturfühlern und zum Heizrahmen für MFTC wird durch die Schleifkontakte des Drehtellers der Polar-Form GmbH, Lahr, geführt. Einen bemerkenswerten Anteil an dem großen Zykluszeitgewinn haben die kurzen Nebenzeiten der Spritzgießmaschine K-Tec 110-2K (Hersteller: Ferromatik Milacron Maschinenbau GmbH, Malterdingen) und die schnelle Teileentnahme des Robotersystems der Ilse Automation, Bremen. Die C-Hetco-Berechnung für Spritzgussteil und Werkzeug wird bestätigt: Unter dem Strich steht eine Reduktion der Zykluszeit von 18,2 auf 5,8 s – bei gleicher Formteilqualität.

Neue Ventilgeneration

Bei der Anwendung für die Maguro-Handyschale wurden die neuen FloValve Regelventile von Wieder eingesetzt. Diese sind aus Metall hergestellt und können daher auch für das Impulsheizen mit hohen Mediumtemperaturen eingesetzt werden (Bild 6). Die Durchflussanzeigen sind in den Rücklaufleitungen eingebaut. Die Schaltzeiten der Ventile sind nun erheblich kürzer, die Präzision der Regelung ist damit größer. Die neuen Ventile können auch zum Ausblasen der Kühlkanäle verwendet werden.

Die Impulstemperierung kann für alle bekannten Kunststoffe eingesetzt werden. Mit ihr rückt für viele Teile eine Null-Fehler-Produktion in erreichbare Nähe. Die Beschreibung einer solchen Fertigungszelle mit integrierter Kameraüberwachung der Formteilqualität folgt in einer der nächsten Ausgaben. ■

LITERATUR

- 1 Kotzab, W.: Der Impuls zum Energiesparen. Kunststoffe 91 (2001) 5, S. 74–77
- 2 Bösche, U.; Gipp, O.: Impulskühlung – Ein Bericht aus der Praxis: Wirtschaftliche Fertigung mit optimierten Temperierungen. SKZ-Seminar, Würzburg 1999

- 3 DE 43 07 347: Verfahren zum Temperieren einer Spritzgießform (1996) Kotzab, W.
- 4 US 5.427.720, UK 2276 017 B, AU 403 856, Japan Hei-6-315 963
- 5 DE 44 44 092: Verfahren und Anordnung zum Temperieren einer Spritzgießform mit wenigstens einer beheizten Düse oder einem Heißkanal (1997) Kotzab, W. (US-Patent 577 2933)
- 6 DE 44 44 197 C2: Verfahren zum Temperieren einer Spritzgießform und Spritzgießform zur Durchführung des Verfahrens (1997) Kotzab, W. (US 582 7 465, UK 229 5 984 A)

KONTAKT

www.wieder.biz, www.wieder.cn
www.pulsecooling.de, www.pulsetempering.de

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Pulse Tempering Methods

OVERALL CONCEPT. *The realisation of patented pulse tempering technology in injection moulding makes it possible to simplify mould designs, shorten cycle times, reduce energy costs and improve product quality. The significant temperatures, i. e. those of the mould wall, cooling medium, hot runner and mould frame, are precisely controlled. The software allows them to be displayed together on the user interface.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103657** on our website at www.kunststoffe-international.com