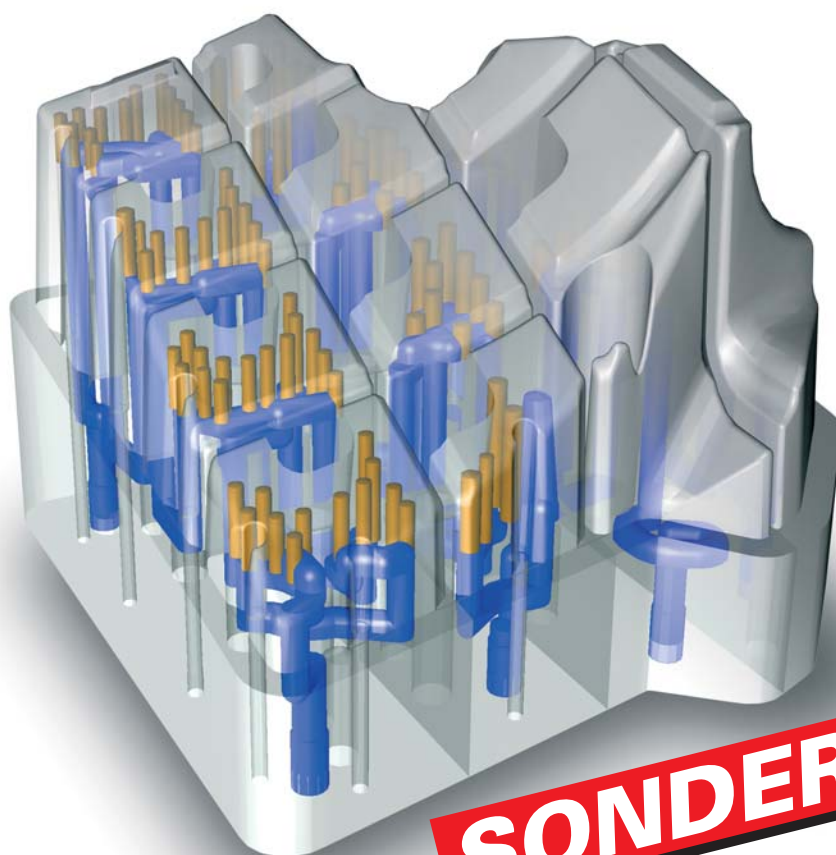


Kunststoffe

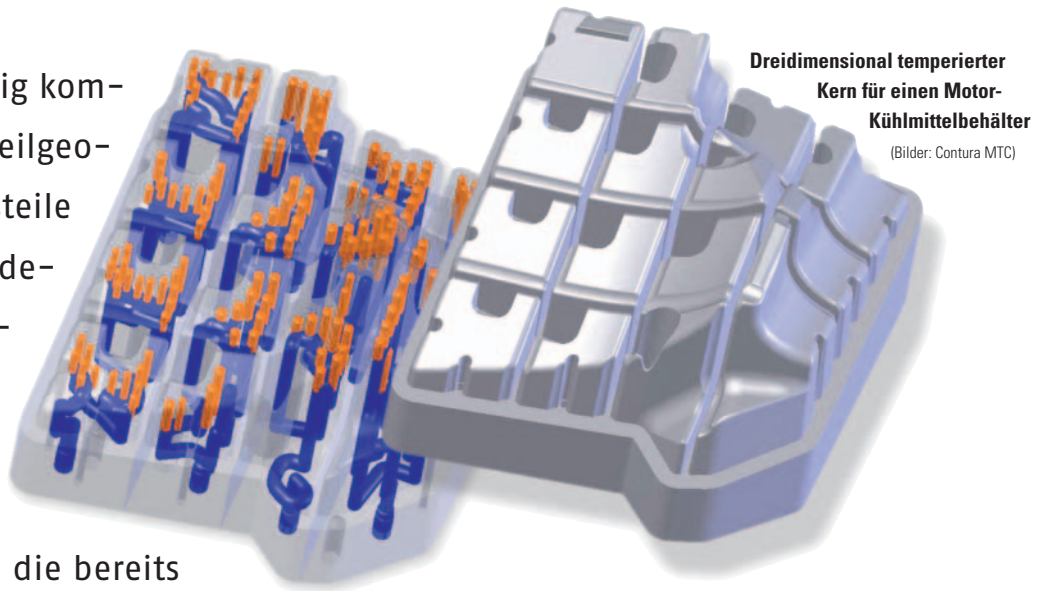
Werkstoffe ■ Verarbeitung ■ Anwendung

Konturfolgende Temperierung auf dem Vormarsch!



SONDERDRUCK

Wärmehaushalt. Stetig komplexer werdende Bauteilgeometrien der Spritzgussteile sowie steigende Anforderungen an deren Maßhaltigkeit setzen die Spritzgießbetriebe massiv unter Kostendruck und verschärfen die bereits akuten Machbarkeitsprobleme. Die konturfolgende, segmentierte Werkzeugtemperierung ist eine entscheidende Schlüsseltechnik, diesem Druck zu begegnen.



Konturfolgende Temperierung auf dem Vormarsch

REINER WESTHOFF

Der erfahrene Spritzgießer kennt drei Techniken, um dem Wärmestrom im Werkzeug dreidimensional zu begegnen. Doch wo liegen eigentlich die Probleme bei der Auslegung der Werkzeugtemperierung?

Zentrales Problem beim Temperieren

Das Hauptproblem beim Temperieren von Spritzgießwerkzeugen ist der Wärmeleitwiderstand des Formenstahls. Je nachdem, welche Stahlqualität eingesetzt wird, liegen typische Wärmeleitwerte bei 25 W/mK und sinken in Abhängigkeit des Anteils an Legierungszuschlägen auf Werte von 12 bis 15 W/mK. Werkzeugstähle sind also eher schlechte Wärmeleiter, vergleicht man sie mit Kupferbasislegierungen oder gar reinem Kupfer, das eine Wärmeleitfähigkeit von etwa 390 W/mK aufweist.

Bild 1 veranschaulicht die thermische Situation eines im Produktionsprozess befindlichen Werkzeugs mit konventioneller Temperierung. Obwohl der Abstand des Temperierkanals zur Formnestwand nur 22 mm beträgt, steigt die Werkzeug-

wandtemperatur im Vergleich zur Basis der Kühlmediumstemperatur um etwa 19 °C an. Stellt man sich nun eine Einbausituation im Werkzeug vor, bei der der Temperierkanal wesentlich weiter von der Werkzeugwand entfernt liegt oder gar ein dünnwandiger Formstahlbereich komplett von Kunststoff umschlossen ist, so erreicht in diesen Fällen die Differenz zwischen den Temperaturen des Temperiermediums und der Werkzeugwand häufig Werte von 60 °C und mehr.

Solche so genannten Hot Spots sind die Ursache für erheblich verlängerte Zykluszeiten und wirken sich zudem negativ auf die Formteilqualität und die Prozessfähigkeit aus. Diesem Problem ist also offensichtlich nur beizukommen, indem die Temperierkanäle konturparallel angeordnet oder in engen Formbereichen hoch wärmeleitende Werkstoffe in den Formenstahl implementiert werden.

Drei konturfolgende Herstellverfahren

Grundsätzlich unterscheidet man drei verschiedene Verfahren zur Herstellung von Werkzeugeinsätzen mit konturfolgender Temperierung. Die wohl älteste

und bekannteste Methode nutzt Füge-techniken wie das Diffusionsschweißen oder das Vakuum-Hochtemperatlöten. Bei der Anwendung dieser Verfahren wird der Werkzeugeinsatz zunächst am Computerbildschirm in einzelne Schichtelemente zerlegt. In jedes dieser Schichtelemente wird nun mit konventioneller Bohr- und Frästechnik ein an die Formteilkontur adaptiertes Temperierkanallayout eingebracht. Im letzten Schritt werden

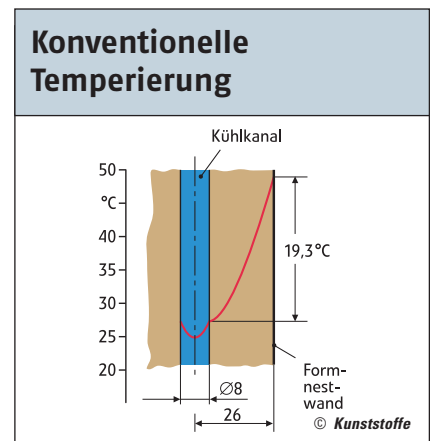


Bild 1. Die Werkzeugwandtemperatur steigt im laufenden Spritzgießprozess im Vergleich zur Basis der Kühlmediumstemperatur deutlich an

die einzelnen Schichten mit Hilfe der zuvor genannten Fügeverfahren vollflächig verbunden und in der Regel im gleichen Verfahrensschritt vergütet (Bild 2). Es ist davon auszugehen, dass weltweit einige tausend Spritzgießwerkzeuge mit dieser Art der Temperierung ausgestattet sind und täglich ihren Dienst tun.

Relativ neu am Markt und doch in aller Munde ist das direkte Laserformen. Dieses Verfahren generiert, häufig mit einem original Formenbau-Werkstoff wie dem DIN Nr. 1.2343, einen Werkzeugeinsatz aus einem Metallpulverbett. Feinstes Metallpulver befindet sich in einer geheizten Kammer auf einem absenkbaaren Tisch. Ein Laser schmilzt direkt aus dem mit einem Schieber geglätteten Pulverbett nach einem 3D-Modell die Bauteilkontur in dünnen Lagen auf und verbindet das Pulver zu einem später massiven Werkstück mit einer Endhärte von etwa 52 Rockwell C (Bild 3). Je nach Dicke der einzelnen erschmolzenen Lagen entsteht eine sehr feine oder auch etwas gröbere Oberflächenstruktur. Der Stahl hat in dieser Form eine Dichte von annähernd 100 %.

Bringt man nun ein beliebiges, der Formteilkontur eines Kunststoffteils angepasstes Kühlkanalbild in den 3D-Datensatz ein, so wird dieses genau so als dreidimensionaler Kanal im späteren Werkzeugeinsatz abgebildet. Der Vorteil gegenüber dem zuvor genannten Herstellungsverfahren ist die völlige Designfreiheit beim Erstellen der Kanäle, während beim Hochtemperaturlöten durchaus verfahrensbedingte Restriktionen bestehen.

Die dritte Möglichkeit besteht darin, hoch wärmeleitende Materialien in den Werkzeugstahl einzubringen. Die Methode zeichnet sich zwar nicht dadurch aus, dass das Temperiermedium durch kon-

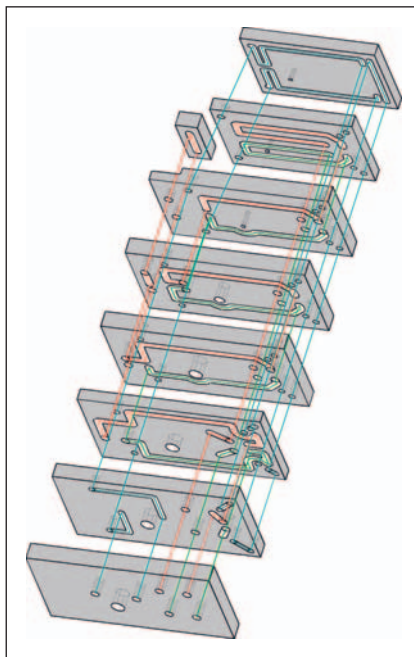


Bild 2. Herstellung einer konturnahen Kühlung durch Fügen einzelner Schichten, in die Temperierkanäle mit konventioneller Bohr- und Frästechnik eingebracht werden

turnahe Kanäle fließt, sie stellt jedoch durch die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Materials einen ausreichenden Wärmetransport sicher. Wärmeleitstifte z. B. aus Reinstkupfer erreichen eine Wärmeleitfähigkeit von etwa 390 W/mK. Lötet oder sintert (durch Diffusion-Bonding) man solche Reinstkupferelemente nun in zuvor in den Werkzeugeinsatz eingebrachte Kavitäten ein, so fällt die durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit des neu entstandenen Stahl-Kupfer-Verbunds im Vergleich zum herkömmlich verwendeten Formenstahl erheblich höher aus. Solche Stahl-Kupfer-Elemente erzielen je nach dem konstruktiven Aufbau des Formeinbausatzes Wärmeleitfähigkeitswerte, wie

sie gewöhnlich nur die ebenfalls im Formenbau verwendeten Kupferbasislegierungen erreichen, oder übertreffen diese sogar. Die Nachteile der bekannten Kupfer-Basis-Legierungen wie geringe Biegesteifigkeit (bedingt durch einen geringeren E-Modul), geringere Härte und häufig teurere maschinelle Bearbeitung haben die Stahl-Kupfer-Verbundlösungen nicht. Hier arbeitet der Werkzeugbauer, wie er es von herkömmlichen Werkzeugstählen gewohnt ist (Bild 4).

Ein begeisterndes Potenzial

Techniken wie die oben beschriebenen sind im Werkzeugbau und in der Spritzgießindustrie weitgehend bekannt. Sie sind nicht nur bekannt, sie begeistern auch. Sie begeistern, weil Temperierprobleme, die gestern noch unlösbar schienen, heute und in Zukunft beseitigt werden können. Auch rein monetär betrachtet, schlummern gewaltige Einsparpotenziale in diesen Techniken. Bei einer durchschnittlich erreichbaren Zykluszeitverkürzung von 30 % und gleichzeitig wesentlich stabileren Spritzgießprozessen mit niedrigerer Ausschussrate lässt sich eine Senkung der Stückkosten um 15 % bei Spritzgießprodukten schnell erreichen. Woran liegt es also, dass diese

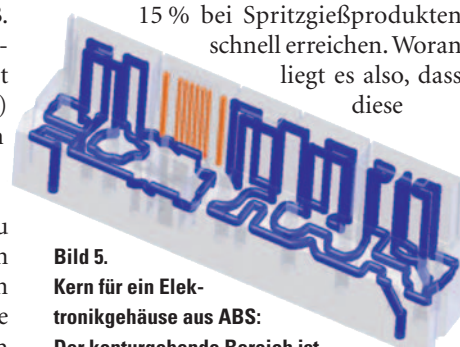


Bild 5. Kern für ein Elektronikgehäuse aus ABS: Der konturgebende Bereich ist mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Temperierkanälen unterlegt

Techniken der konturfolgenden Werkzeugtemperierung, die nun über zehn Jahre am Markt sind, noch immer keine echte Akzeptanz finden?

Wie bei allem Neuen, so dominiert auch hier die Skepsis: Ob der Werkzeugeinsatz die Prozessverbesserung tatsächlich hält, die er verspricht? Wie sieht es mit der Festigkeit und Lebensdauer aus? Sind die Druckverluste nicht zu hoch? Was passiert, wenn eine Konturänderung im Werkzeug umgesetzt werden muss? Nicht zuletzt stellt sich mancher Mitarbeiter die Frage, wie er sich mit seiner begrenzten Zeit auch noch um das konturfolgende Temperiersystem kümmern soll. Häufig fehlt einfach die Zuweisung der Zuständigkeit oder aber die nötige Kom-

Direktes Laserformen

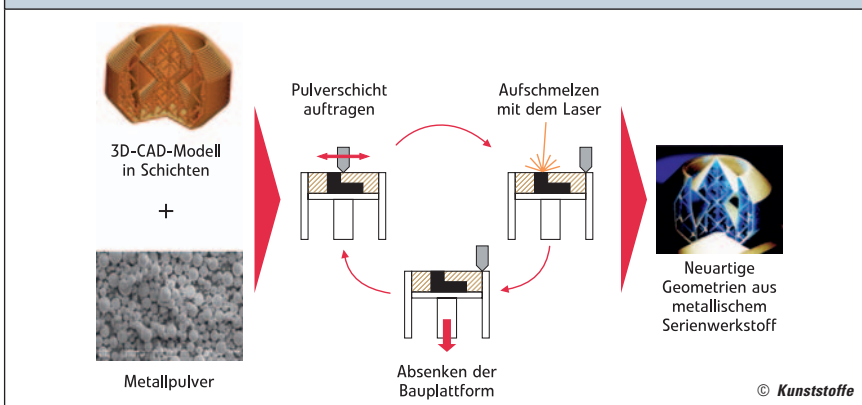


Bild 3. Ein Laser schmilzt direkt aus dem Pulverbett nach einem 3D-Modell die Bauteilkontur in dünnen Lagen auf und verbindet die Schichten zu einem massiven Werkstück (Grafik: Inno-Shape)

petenz, um die ingenieurtechnische Auslegung der konturfolgenden Temperierkanalkonzepte schlüssig umzusetzen.

Diese Verantwortung beginnt mit der mechanischen Auslegung der Kanalbahnen, die dem jeweiligen Herstellverfahren gerecht werden muss. Lage und Form der Kanäle müssen aus kunststofftechnischer Sicht bestimmt, und ebenso muss eine sinnvolle Segmentierung einzelner Kanalsegmente festgelegt werden. Diese Segmentierung ist besonders bei großflächigen Bauteilen unabdingbar, da das Werkzeug später in der Regel mit unterschiedlichen Temperaturen betrieben wird – so wie es die verschiedenen Bereiche des Bauteils erfordern. Das bedeutet, die Werkzeugtemperaturen werden an den spezifischen Wärmehaushalt des Formteils angeglichen. Eine solche Segmentierung der konturfolgenden Kanäle hilft beim Spritzgießen, mit unterschiedlichen Wasservorlauftemperaturen die Schwindung einzelner Formteilbereiche aktiv zu beeinflussen und zu steuern. Die Berechnung des Druckverlustes in den Kanälen gehört ebenso zu den Methoden, die der Konstrukteur solcher Systeme beherrschen sollte, wie eine Wärmebilanzrechnung für das jeweilige Werkzeug.

Effizienz steigern, Zykluszeit herausholen

Die Werkzeugtemperierung ist also tatsächlich nichts, was die Verantwortlichen in der Phase der Werkzeugkonstruktion „so nebenbei“ mitlaufen lassen sollten. Die Werkzeugtemperierung, besonders die konturfolgende, ist auf Basis der oben geschilderten Techniken zu einem eigenen Produkt herangereift, das einige Spezialisten am Markt als solches auch anbieten. Was die Komplexität eines konturfolgenden Temperierkanalsystems betrifft, ist der Vergleich zu einem Heißkanalsystem durchaus angebracht.

Ein Beispiel aus der Automobilindustrie für eine konturnahe Kühlung zeigt Bild 5. Der Kern für ein Elektronikbauteil aus ABS ist etwa 300 mm lang, 50 mm breit und etwa 100 mm hoch. Der kom-

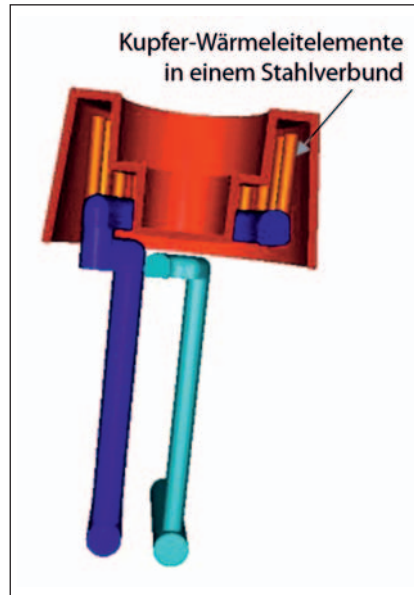


Bild 4. Konturkühlung mit einem Stahl-Kupfer-Verbund, der die Wärme schneller abführt als ein herkömmlicher Werkzeugstahl



Bild 6. Düsenseitiger Formeinsatz für ein dünnwandiges Verpackungsteil mit zwei voneinander unabhängigen Kühlkreisläufen

plette konturgebende Bereich ist mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Temperierkanälen unterlegt. In dem schmalen Kernbereich sorgen Kupferwärmeleitstifte im Stahlverbund für eine ausreichende Wärmeabfuhr.

Selbst im Verpackungsbereich, wo kurze Zykluszeiten ein Muss sind, lässt sich durch eine ausgefeilte Konturkühlung ein deutlicher Zykluszeitgewinn erzielen. Bild 6 zeigt den düsenseitigen Formeinsatz eines dünnwandigen Verpackungsteils. Zwei unabhängige Kühlkreisläufe gestatten dem Spritzgießer, die Werkzeugwandtemperaturen im Schnittbereich und im Flächenbereich des Spritzlings auf die Anforderungen des Formteils abzustimmen. Sehr kurze Zykluszeiten, stabile Prozesse und qualitativ hochwertige Bauteile sind das Ergebnis.

Der im Titelbild gezeigte auswerferseitige Kern eines Motor-Kühlmittelbehäl-

ters zeigt auf eindrucksvolle Weise, wie verschiedene Techniken bei einer hervorragenden Lösung zusammenspielen können. Die dreidimensional angelegten Temperierkanäle versorgen die Kernbereiche nur bis zu einer Ebene, auf der technisch sinnvolle Kanalquerschnitte noch realisierbar sind. In den dann folgenden engeren Kernbereichen sind stoffschlüssig in den Stahlmantel eingebrachte Kupfer-Wärmeleitstifte zu erkennen, die auch aus engsten Konturbereichen die Wärme effizient abführen.

Abschließende Warnung

Die konturfolgende Temperierung des Spritzgießwerkzeugs fristet trotz ihrer Vorzüge immer noch ein Mauerblümchendasein. Erst einige wenige innovative Unternehmen haben die Potenziale dieser Technik erkannt und sparen bereits heute siebenstellige Euro-Beträge jährlich ein. Wer diese bedeutenden Entwicklungen nicht wahrnimmt und vor allem nicht aufnimmt, wird schon in kurzer Zeit gegenüber seinen Wettbewerbern beträchtlich ins Hintertreffen geraten. Da die Weiterentwicklung dieses Bereichs des Formenbaus der Kurve einer quadratischen Funktion gleicht, also zunächst flach und dann exponentiell steiler verläuft, ist es auch für kleine und mittelgroße Betriebe wichtig, hier den Anschluss zu halten. ■

DER AUTOR

REINER WESTHOFF, geb. 1965, hat sich nach Abschluss seines Studiums der Kunststofftechnik 1990 intensiv mit der Vakuum-Hochtemperatur-Löttechnik befasst und entwickelt und baut seit etwa 15 Jahren konturfolgende Spritzgießwerkzeug-Temperiersysteme. Er leitet heute den technischen Vertrieb der Contura MTC GmbH, Menden; westhoff@contura-mtc.de

i	Hersteller
<p>Contura MTC GmbH Körnerstr. 30 D-58706 Menden Tel. +49 (0) 23 73/3 96 46-50 Fax +49 (0) 23 73/3 96 46-70 www.contura-mtc.de</p>	

SONDERDRUCK aus Kunststoffe 8/2006



© Carl Hanser Verlag, München. 2007. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe dieses Sonderdrucks und der Übersetzung behält sich der Verlag vor.

www.kunststoffe.de