

Intelligente Werkzeugtechnik - Harmonisieren der Temperatureinflüsse

Kochan, Detlef; Zaft e.V/ HTW Dresden.; Dietrich, Jochen; Fertigungsverfahren/ HTW Dresden ; Otto, Christian; Fertigungsmittel/ HTW Dresden; Zehe, Karl Heinz; Pro Forma GmbH

© 2009 Detlef Kochan; Lizenznehmer RTejournal, weitere Informationen sind zu finden unter:

<http://www.dipp.nrw.de/service/dppl/>

AbstractDE

Der Schlüssel zu Produktivität und Qualität in zahlreichen abformenden Prozessen ist eine optimale Temperierung, die bedingt, dass die Kühl- und Heißkanäle der Oberfläche angepasst sind. Eine Hauptrolle um Durchlaufzeiten und Werkzeugkosten zu senken und die Qualität zu steigern spielt die wirtschaftliche Erwärmung und Kühlung der Teile. Konventionelle Arten der Temperierung können diesen Anforderungen nicht gerecht werden.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit zwei neuen Prozesskombinationen:

- a) Intelligente Werkzeugtechnik mit erfolgreicher industrieller Anwendung, hauptsächlich für Spritz- und Druckgusswerkzeuge.*
- b) Neue Prozessketten für Formen mit geöffnetem Formstück oder RTM (englisch: Resin Transfer Moulding) mit Verwendung der inkrementellen Blechumformung.*

AbstractEN

The key to high productivity and high quality for injection moulding, die casting and laminating processes is an optimized surface tempering. With the aim to reduce the cycle time and total tool costs while simultaneously striving for a better quality an economic tempering of the tool components becomes an essential need. Conventional tempering principles cannot meet these high requirements.

a) The following article gives an outline of two new process chains:

- a) „Intelligente Werkzeugtechnik“ with its successful industrial application, mainly for injection moulding and die casting tools.*

New process chain for open moulds or RTM (resin transfer moulding) with the utilization of the incremental sheet forming process.

Einleitung

Die aktuelle und zukünftige Werkzeugsituation ist geprägt durch zunehmende Verschärfung der Wettbewerbssituation. Die Nachfrage nach neuen Lösungen, die Formen und Werkzeuge noch effektiver und „intelligenter“ zu fertigen, charakterisiert den fortgeschrittenen Stand der Technik.

Die gezielte Kühlung und Erwärmung sind der Schlüssel zur Produktivität und Qualität in zahlreichen abformenden Prozessen. Eine optimale Temperierung bedingt, dass Kühl- und Heißkanäle exakt der Oberfläche angepasst sind. Die wirtschaftliche Kühlung und Erwärmung der Teile spielen eine Hauptrolle um die Durchlaufzeiten und kompletten Werkzeugkosten zu senken und Qualität zu steigern [1] [2].

Bei dem industriell weit verbreiteten Verfahren dem Kunststoffspritzgießen sind folgende Abläufe kennzeichnend:

- Anlaufphase – möglichst gleichmäßiges und schnelles **Erwärmen** der Funktionsbereiche (Kavitäten) der Werkzeuge.
- Prozessphase – möglichst gleichmäßiges und schnelles **Abkühlen** der Funktionsbereiche (Kavitäten) der Werkzeuge.

Das trifft in erhöhtem Maße für das Druckgießen zu.

Dagegen sind zum Beispiel für die Laminier Techniken für Faserverstärkte Kunststoffe sowohl die Anlauf und die Prozessphase durch eine möglichst gleichmäßige Wärmezufuhr gekennzeichnet.

Die konventionelle Art der Temperierung (Kühlung und Erwärmung) der Formoberfläche bei Druckguss- und Spritzgießwerkzeugen ist dadurch charakterisiert, dass nach der Herstellung der kompletten Oberfläche aus dem vollen Material, die Kühlung durch Bohren einzelner Kühlkanäle eingebracht wird.

Optimales Kühlen durch ein flächiges Verbreitern der Bohrungen ist nicht möglich und umso länger die Bohrungen werden, desto komplizierter und aufwändiger wird die Bearbeitung.

Eine Anzahl verschiedener Grundsätze sind sehr gut bekannt, jedoch durch die geometrische Vielfalt gibt es keine einheitliche Lösung auf dem Markt. Verschiedene Einflussfaktoren erfordern verschiedene Prozessketten.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit zwei neuen Prozesskombinationen:

a) Intelligente Werkzeugtechnik mit erfolgreicher industrieller Anwendung, hauptsächlich für Spritz- und Druckgusswerkzeuge.

b) Neue Prozessketten für Formen mit geöffnetem Formenstück oder RTM (englisch: Resin Transfer Moulding) mit Verwendung der inkrementellen Blechumformung.

Stand der Werkzeugtechnik und Erfordernisse für Innovationen

Die vorgestellten Ergebnisse resultieren aus einer langjährigen kooperativen Forschungszusammenarbeit von Hochschullehrern der HTW-Dresden mit verschiedenen Partnern aus der Industrie, insbesondere mit der pro forma GmbH-Radeburg. Einige erste Forschungsprojekte sind aus einer sehr speziellen Idee entstanden:

Umgießen spezifischer Temperiersysteme mit Werkzeugstahl (1.2343) [3]

Diese erste Annäherung war in der Tat eine technische Herausforderung, da es zwei unterschiedliche Schmelzpunkte zu realisieren gab.

- Schmelzpunkt von Werkzeugstahl mit 1600°C
- Schmelzpunkt von rostfreiem Stahl mit etwa 1550°C

Unter Berücksichtigung der physikalischen Regeln und Verwendung von speziellem KNOW-HOW durch Gießereien, die spezielle Stahlsorten herstellen – Werkzeugstahl mit einbegriffen – war es möglich die ersten industriellen Anwendungen zu realisieren.

Ergebnisse wurden erzielt wie z.B.:

- Spritzgießen (LKW-Schalthebel, Umspritzen einer kugelförmigen Geometrie mit 8 mm Kunststoff-Wandstärke).

Druckgießen eines kleinen Wasserpumpengehäuses mit bemerkenswert guten Resultaten

[3] wie z.B.:

- 10 bis 20 % geringere Durchlaufzeit während des gesamten Prozesses.
- Verbesserte Teilequalität.
- Gefährliche Risse auf der Oberfläche wurden in Verbindung mit der verbesserten Innenkühlung reduziert.

Aus verschiedenen technologischen und auch logistischen Gründen (zu lange Realisierungszeiten) wurden diese Untersuchungen nicht weiter geführt.

Ein wichtiges Teilergebnis des Forschungsprojektes EKFT [3] (endkonturnahe Fertigung und konturbezogenes Temperieren) war mit der Verfügbarkeit von 3D-CAD Daten von unterschiedlichen Werkzeuggeometrien für nachfolgende Untersuchungen mit neuen Lösungsansätzen gegeben. Auch mit ähnlichen experimentellen Lösungsansätzen wie

- DMD (Direct Metal Deposition) [8]
- WESPRO [4]
- MELATO [6]

sind keine industriellen Anwendungen bekannt.

Industrielle Fortschritte sind in den vergangenen Jahren mit verschiedenen Prinzipien erreicht worden:

- Contura Prinzip [9]
- SLS und SLM [8] und
- Funktionsoptimierung [5]

Neues Herangehen durch Funktions-Optimierung

Beginnend mit einer kleinen Übersicht über die neuen Denkansätze, die durch das Verwenden von nachfolgenden Dingen gekennzeichnet sind.

- Die Benutzung modernster 3D CAD/ CAM Technologie um Druck- und Spritzgießwerkzeuge zu designen und zu konstruieren.
- Die Benutzung von FEM (Finite Elemente Methode), thermischer Software und thermographischer Techniken für die Werkzeugauslegung.
- Konstruktive Gestaltung bezüglich der Geometrie und Wandstärke des Werkzeugeinsatzes, die dem Rückraum exakt angepasst wird.
- Durch die Benutzung der „FEM (Finite Elemente Methode) – Simulation“ ist es möglich die Wanddicke entsprechend dem Prozess anzupassen.
- Die Entwicklung des Temperiersystems in Abhängigkeit von der Konstruktion des angepassten Rückraumes aus Kupferrohr.
- HSC (High Speed Cutting) – Fräsen der Formen unter Berücksichtigung des Temperiersystems.
- Durch Vergießen der Mineralstoffe im hinteren Bereich der Einlage und dem Fixieren durch Schließen mit einer Abschlussplatte.

Das Ergebnis der industriellen Ersterprobung war eine Griffschale für ein Stellelement eines Autositzes eines Serienherstellers. Die konventionelle Fertigung war mit sehr hohem Ausschussanteil verbunden (10-15 %) und benötigte eine relativ lange Durchlaufzeit für

einen Spritzvorgang von rund 60 sec [7].

Das Beispiel der Griffschale wird im Vortrag anschaulich vorgestellt. Darüber hinaus werden erste Erfahrungen im Gebiet Druckgießen vorgestellt [5].

Neue Prozesskette für Verbundwerkstoffe

Die zunehmende Bedeutung der Verbundwerkstoffe für den Leichtbau, vor allem im Fahrzeugbau, erfordert für den weit verbreiteten Handlaminierprozess neue Überlegungen. Die Qualität der Verbundbauteile wird dabei wesentlich durch den Prozess der Beheizung beeinflusst. Gegenwärtig sind die Werkzeuge dazu durch folgende drei Arten gekennzeichnet:

1. Vollformblockwerkzeug (meist Al oder St.) und mit geradlinig gebohrten Kanälen für die Temperierung (i.R. mit Wasserdampf). Die Werkzeuge haben eine hervorragende Oberflächenqualität (Klasse A) und sind für Stückzahlen > 1000 einsetzbar.
2. GFK-Arbeitsformen, die homogen beheizt werden können, aber nur für geringe Stückzahlen geeignet sind.
3. GFK-Arbeitsformen ohne eigene Erwärmung, d.h. die abschließende Beheizung der Teile erfolgt teilweise über viele Stunden in speziellen Wärmeöfen/ Autoklaven.

Ausgehend von den Erfahrungen mit den Spritzgießwerkzeugen wurde die folgende neue Prozesskette für Handlaminierwerkzeuge (Bild 7) entwickelt und beispielhaft erprobt.

Die 3D-CAD-Daten dienen unmittelbar zur Herstellung einer metallischen Schale, die der Werkzeugoberfläche entspricht. Dabei kommt das Verfahren inkrementelle Blechumformung (IBU) zur Anwendung. Eine nähere Erläuterung des IBU-Verfahrens erfolgt anschließend. Diese Schale wird auf der Rückseite mit einer elektrischen Heizmatte zur homogenen Erwärmung ausgerüstet und auf einem Rahmen fixiert. Falls festigkeitsmäßig erforderlich, erfolgt ein Ausgießen des Rahmens mit Mineralguss oder ähnlichen Materialien. Im letzten Schritt erfolgt die Überprüfung des homogenen Temperiersystems mittels Thermografieaufnahme.

Der wesentlich neue Schritt zur Ermöglichung einer homogenen Temperierung besteht in der Herstellung einer metallischen Schale durch IBU, deshalb einige Erläuterungen zu diesem Verfahren. Das IBU-Verfahren ist für die Herstellung von Blechprototypen, Einzel- und Kleinserien in der Automobilfertigung bekannt [10], [11], [12], [13], da es die Fertigung von Teilen mit wesentlich geringerem Aufwand als beim Tiefziehen ermöglicht. Im Bild 8 ist das Verfahren IBU mit Gegenhalter dargestellt.

Die 3D-CAD Daten der gewünschten Schale werden unmittelbar in Drückwerkzeugbewegungen programmiert und z.B. auf einer 3-Achs-CNC-Fräsmaschine umgesetzt. Das Ausgangsblech wird dazu in einen beweglichen Rahmen gespannt und stufenweise gegen

einen Gegenhalter (z-Vorschub ca. 0,2 mm) umgeformt. Bei Beachtung der Grenzbedingungen der elastischen Verformungen und der Parametereinflüsse auf die Oberflächenqualität sind Werkzeugschalen in kurzer Zeit hergestellt. Die erste Erprobung der neuen Prozesskette erbrachte folgende Ergebnisse:

- Kosteneinsparung von ca. 19 % (Werkzeug-, Zeit und Prozesskosten).
- Homogene Erwärmung.
- Reduzierung des Energieverbrauchs (im Vergleich zum Beheizen im Ofen).
- Verbesserung der Bauteilqualität durch Steuerung der Temperatur.
- Verringerung des Gewichts der Werkzeuge (Vergleich zu den Massivmetallwerkzeugen).

Weitere Untersuchungen sind vorgesehen, um das Konzept auch für RTM-Werkzeuge zu nutzen.

Literatur

- [1] Michaeli, W., 2006, „Werkzeugtemperierung – Ein Schlüssel zur wirtschaftlichen Bauteilherstellung“, Kolloquium „Werkzeugbau mit Zukunft“, RWTH Aachen
- [2] Kochan, D., 2004, „3D-Erfahrungsforum Werkzeug- und Formenbau Rapid Technologien“, Tagungsband SFM GmbH Dresden
- [3] Kochan, D., Francke, D., 2005, „Endkonturnahe Fertigung und konturbezogenen Temperierung für Spritz- und Druckguss-Werkzeuge“, Fachtagung „Innovation Werkzeug- und Formenbau“, TU Darmstadt
- [4] Behm, I. u. a., 2006 „Intelligente Werkzeuge für die wirtschaftliche Erzeugung seriennaher metallischer Prototypen und Kleinserien für das kokillen- und Druckgießen“, Gießereierfahrungsaustausch 06/2006
- [5] Kochan, D., Otto, Chr., Zehe, K.-H., 2008, „Funktionsoptimierung in der Werkzeugtechnik für das Spritzgießen“, Der Stahlformenbauer H.3
- [6] Techel, A., Nowotny, St., 2004, „MELATO – Metal Laminated Tooling, FhG IWS, 3D-Erfahrungsforum Werkzeug- und Formenbau, Dresden“
- [7] Winkler, J., 2006, „Konstruktive Grundlagen für eine funktionell optimierte Werkzeuggestaltung beim Spritzguss“, Diplomarbeit, HTW-Dresden
- [8] N.N. „Produktdatenblätter und Prospekte“, EOS GmbH München, HEK Lübeck, Concept Laser Lichtenfels, Triumph GmbH Ditzingen
- [9] N.N., Contura – mould temperature control, 2007 (October), www.contura-mtc.de
- [10] Jeswiet, J., Micari, F., Hirt, G., Bramley, A., Duflou, J., Allwood, J., 2005, Asymmetric single Point Incremental Forming of Sheet Metal, Annals of the CRIP, 54/2/, p. 623
- [11] Junk, St., 2003, Inkrementelle Blechumformung mit CNC-Werkzeugmaschinen, Dissertation, Universität des Saarlandes
- [12] J.M. Allwood, 2005, Future Developments in Incremental Sheet Forming, 4th Car Body Colloquium, Chemnitz, p. 189-198

[13] Tschätsch, H., Dietrich, J., 2008; „Praxis der Umformtechnik“, Verlag Vieweg + Teubner, Wiesbaden

[14] Dietrich, J., Kochan, D., Zehe, K. Intelligent Tooling Applications by Harmonization of Temperatures, Conference, RapDASA Blomfontain RSA 14. Nov. 2008

Kontaktangaben

Prof. Dr. sc. techn. Detlef Kochan

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

ZAFT e.V.

Friedrich-List-Platz 1

D-01069 Dresden

Tel.: +49 (0) 351/ 4 62-2555

Fax: +49 (0) 351/ 4 62-2455

E-Mail: detlef.kochan@zaft.htw-dresden.de

WEB: www.htw-dresden.de www.zaft.htw-dresden.de

Prof. Dr.- Ing. Prof. eh. Jochen Dietrich

HTW Dresden (FH)

Lehrgebiet Fertigungsverfahren

Friedrich-List-Platz 1

D-01069 Dresden

Tel.: +49 (0) 351/ 462 2134

Fax: +49 (0) 351/ 462 2170

E-Mail: dietrich@mw.htw-dresden.de

WEB: www.htw-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. Christian Otto

HTW Dresden (FH)

Lehrgebiet Fertigungsmittel

Friedrich-List-Platz 1

D-01069 Dresden

Tel.: +49 (0) 351/ 462 2555

Fax: +49 (0) 351/ 4 62-2455

E-Mail: otto@mw.htw-dresden.de

WEB: www.htw-dresden.de

Dr. Ing. Karl Heinz Zehe

Geschäftsleitung

pro forma

Leistungen für den Werkzeugbau GmbH

Agricolastraße 1

D-01471 Radeburg

Tel: +49 (0) 35208/ 3459-10

E-Mail: K.Zehe@pro-forma-gmbh.de

WEB: www.pro-forma-gmbh.de