



Fraunhofer Demonstrationszentrum
Formen für die
Kunststoffverarbeitung

FoKus - Newsletter

Ausgabe 3/2001



Inhalt

Wir stellen uns vor

Das Fraunhofer IPK im Profil 2

Aktuelles im FoKus

News, Veranstaltungen und Termine 3

Berichte aus der Industrie

Türinnenverkleidung in der
One-Shot Technologie 6

Ceramic Injection Molding - CIM 8

Projekte im FoKus

Rotationsformen mittels Mikrowellen 11

Oberflächenbehandlung für Spritzguss-
und Presswerkzeuge zur Verarbeitung
von NAWARO 13

Multiassistentensystem für den
Werkzeug- und Formenbau – MAS 16

FoKus Service

Trends und Perspektiven für das Hart-
fräsen im Werkzeug- und Formenbau 18

Impressum 22

Die Institute des FoKus 23

Das Produktionstechnische Zentrum Berlin PTZ umfasst das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der Technischen Universität Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Die Struktur des Doppelinstituts ermöglicht zum einen schnelle Detaillösungen, zum anderen bietet die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Fachleute die Gewähr für umfassende Systemlösungen, wie sie bei der Einführung neuer Technologien erforderlich sind.

Das Fraunhofer IPK betreibt angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten zukunftsorientierter Technologien für den Produktionsprozess in Fabriken. Darüber hinaus werden zunehmend neue Anwendungsfelder in den prosperierenden Bereichen Medizintechnik, Servicerobotik, Verkehrsmanagement, Management der Globalisierung, Virtuelle Produkt- und Prozessentwicklung, Produktherstellung, Prozessführung und -optimierung sowie Sicherheits- und Prüftechnik erschlossen. Zu den wesentlichen Aufgaben des Fraunhofer IPK gehört es, für industrielle und öffentliche Auftraggeber Basisinnovationen in funktionsfähige Anwendungen zu überführen. Ein besonderes Anliegen besteht darin, neuartige kostengünstige und umweltfreundliche Lösungen auch kleineren und mittelständischen Betrieben anzubieten. Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten stehen Methoden und Verfahren zur Produktivitätssteigerung bei der Entwicklung und Herstellung von Produkten und deren Umsetzung in Systemlösungen. Hierzu gehören auch die Konzeption und Realisierung von intelligenten Produktionsmitteln sowie deren Integration in komplexe Produktionsanlagen.

Aus dem Fraunhofer IPK ist der Bereich Produktherstellung im Demonstrationszentrum »FoKus« involviert. Die Schwerpunkte des Bereiches Produktherstellung liegen vor allem bei Entwicklungsaufgaben mit Bezug auf die Bearbeitungsprozesse Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide, abtragendes Funkenerodieren sowie generative Fertigungsverfahren, der Optimierung von Anlagen, Werkzeugen, Technologien und Bearbeitungsstrategien mit der Zielsetzung, die Bauteilqualität zu erhöhen und die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu verbessern. Die technologischen Neuentwicklungen von Verfahren und Anlagen werden dabei in einem umfangreich ausgestatteten Produktionsumfeld erprobt und prototypisch demonstriert. Neben diversen Produktionsanlagen stehen eine Vielzahl von Mess- und Analysegeräten zur Erforschung, Überwachung und Auswertung zur Verfügung.

Das Fraunhofer IPK setzt im Rahmen des Demonstrationszentrums »FoKus« einen Schwerpunkt im Bereich der Entwicklung eines Multiassistentensystems (MAS) zur softwareunterstützten Technologieplanung. Das MAS soll Hilfestellung bei der Kalkulation,

Konstruktion, Auslegung, Fertigung und Erprobung von Formen für die Kunststoffverarbeitung leisten und seinen Anwendern Wettbewerbsvorteile durch Reduzierung der Werkzeugherstellungszeiten und -kosten ermöglichen. Es soll wissensbasiert sein und die relevanten Tätigkeiten im Formenbau erleichtern. Geplant ist es als Expertensystem, das den Entscheider berät, ihm Lösungsvarianten vorschlägt, ihm aber auch Freiräume für vorschlagsfremde Handlungsalternativen bietet. Voraussetzung für die Entwicklung des MAS ist eine von den am Demozentrum teilnehmenden Fraunhofer-Instituten ICT, IPT, IPK und dem IKV der RWTH Aachen durchgeführte Unternehmensbefragung. Das Ziel dieser Unternehmensbefragung ist es, unter den führenden deutschen Unternehmen die wesentlichen Anforderungen an künftige Systeme zur Softwareunterstützung bei Herstellung und Einsatz von Formen für die Kunststoffverarbeitung zu ermitteln.

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Marcus Brücher
Telefon 0 30/39 00 6-1 47
E-Mail bruecher@ipk.fhg.de



Versuchsfeld des PTZ

Fraunhofer ICT auf der K' 2001

Neue Materialien, neue Verfahren, neue Werkzeuge, neue Produkte, neue Recyclingkonzepte: Mit integrierten, industrieorientierten Lösungen für die Produktion von morgen präsentiert sich das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT zusammen mit dem Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde der Universität Stuttgart IKP auf der K' 2001. Im Mittelpunkt steht dabei die Spritzgussverarbeitung von Flüssigholz – als Beispiel für neue Werkzeug- und Verfahrenstechnologien. Das thermoplastisch verarbeitbare Lignin, auf der Euromold 2000 mit dem Golden Award ausgezeichnet, wurde ebenfalls am Fraunhofer ICT entwickelt. Der online auf der Messe hergestellte Lignin-Kreisel symbolisiert die im Demozentrum auf den Bereich Werkzeugtechnik und Formenbau fokussierten Kompetenzen.

Einen weiteren Schwerpunkt des Fraunhofer ICT liegt auf dem Gebiet der Direktformgebungsverfahren von thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen, in der Entwicklung der innovativen Werkstoffe und deren Kreislaufführung. Als Beispiel zeigt das Institut die von der JEC preisgekrönte recyclebare Fußstütze für den Kleinwagen SMART.

Aus dem Entwicklungs- und Demozentrum »Kreislauffähigkeit neuer Werkstoffe – LOOP« mit Sitz am Fraunhofer ICT kommen Kreislaufführungskonzepte für Naturfaser-Verbundwerkstoffe mit duromerer Matrix und Untersuchungen zur Kreislaufführung von Mobiltelefongehäusen. Weitere Themen am Stand des Fraunhofer ICT sind mikrozelluläre Schäume, EPP-Schaum-Verbundteile, Mikrowellenanwendungen in der Kunststoffverarbeitung und Werkzeugtechniken wie das

Sprengprägen von Werkzeugoberflächen. Außerdem präsentiert das Institut seine Material- und Verfahrensentwicklung für Brennstoffzellen-Bipolarplatten auf Basis elektrisch leitfähiger Polymere sowie NIR-Sensoren zur Inline-Schmelze-Charakterisierung während der Kunststoffextrusion.

Sie finden das Fraunhofer ICT auf der K' 2001 in der Halle 8.2, Stand 846.

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bernd Bader
Telefon 07 21/46 40-4 08
E-Mail bba@ict.fhg.de

Euromold 2001

Auch in diesem Jahr ist das Fraunhofer-Demonstrationszentrum Fokus wieder auf der Weltmesse für den Werkzeug- und Formenbau, der Euromold in Frankfurt, vertreten. Die letzte Woche im November ist in den letzten Jahren immer mehr zum Standardtermin der Branche geworden. Vom 28. November bis zum 1. Dezember präsentiert sich das Demozentrum »FoKus« daher zur Halbzeit seiner insgesamt fünfjährigen Laufzeit mit den Ergebnissen aktueller Forschungsprojekte auf dem großen Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping in Halle 8.

Die Themen umfassen die Bereiche Fertigungs- und Werkzeugtechnik. Zu den Schwerpunkten im Bereich Werkzeugbau zählen u.a. aktuelle Anwendungen im Bereich Rapid Prototyping/ Rapid Tooling, die HSC-Hartbearbeitung, die Fräsbearbeitung hochwärmeleitender Leichtmetalllegierungen für den Einsatz im Kunststoffspritzgießformenbau sowie die Laseroberflächen-

behandlung von Werkzeugen zur Verschleißreduzierung. Darüber hinaus werden neue Ansätze zur integrativen Werkzeugtechnik oder der Direktformgebung von Glasfaser-Sandwichstrukturen vorgestellt. Das Spritzgießen von Lignin als Alternative zum klassischen Kunststoff stellt ein weiteres Highlight im Rahmen der FoKus-Aktivitäten dar. Einer der Hauptschwerpunkte der institutsübergreifenden Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines sogenannten Multiassistentensystems (MAS). Hiermit soll der Branche ein Mittel an die Hand gegeben werden, welches in intuitiv zu bedienender Weise den gesamten Prozess von der Angebotserstellung über die Auslegung und Konstruktion bis hin zur Fertigung von Spritzgusswerkzeugen unterstützt. Das System arbeitet mit datenbankbasiertem, erweiterbarem Expertenwissen sowie der integrierten Verknüpfung der einzelnen, an der Werkzeugentwicklung und -herstellung beteiligten CAx-Systeme. Der aktuelle Stand der Entwicklung wird auf der diesjährigen Euromold präsentiert. Weitere Informationen zum MAS finden Sie in der vorliegenden Ausgabe des »FoKus - Newsletter« ab der Seite 16.

Nicht zu vergessen ist allerdings auch die traditionell am ersten Messeabend stattfindende große Fraunhofer-Party, zu der wir alle unsere Kunden und Interessenten ebenfalls herzlich einladen. Wie schon in den vergangenen Jahren bietet sich hier die Möglichkeit, in entspannter Atmosphäre mit Livemusik alte Kontakte zu pflegen und neue Kunden kennen zu lernen.

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Carsten Freyer
Telefon 02 41/89 04-1 24
E-Mail freyer@ipt.fhg.de

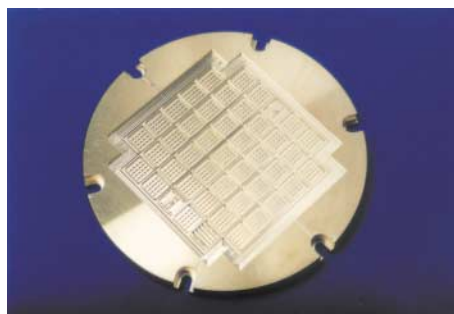
Heißprägen von Mikrostrukturen am Fraunhofer IPT

Beim Heißprägen handelt es sich um ein Verfahren, bei dem mit Hilfe von Abformwerkzeugen thermoplastische Kunststoffe präzise umgeformt werden können. Das als Folie oder dünne Platte zugeführte Halbzeug wird hierbei in einer evakuierten Prozesskammer erhitzt, so dass das Werkzeug in einem angepassten Druck-Zeit-Profil in das Substrat eingeprägt werden kann. Der Prozessablauf wird durch den anschließenden Kühlvorgang sowie das Entformen beendet. Im Gegensatz zum Spritzgießen ist das Heißprägen ein Verfahren, bei dem sowohl das Werkzeug als auch das Substrat auf Bearbeitungstemperatur erhitzt werden. Die Temperatur wird dabei im Erweichungsbereich des Werkstoffes gewählt, wodurch die Viskosität des Materials noch weit über der beim Spritzgießen liegt. Ergebnis sind langsame Umformgeschwindigkeiten, mit denen Aspektverhältnisse bis zu 500 und eine aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten äußerst exakte und detailgetreue Abformung erzielt werden können. Aufgrund der translatorischen Werkzeugbewegung liegt in der Formgebung eine Begrenzung auf zweieinhalb-dimensionale Geometrien vor. Die erreichbaren Genauigkeiten sowie die minimale Strukturgröße der prägbaren Geometrien sind jedoch ausschließlich durch das eingesetzte Werkzeug begrenzt. Als Fertigungsverfahren zur Werkzeugherstellung sind z. B. die Ultrapräzisionsbearbeitung auf Werkzeugmaschinen, die Lasermikrobearbeitung oder auch die LIGA-Technik geeignet. Aus dem Prozess ergeben sich dabei vergleichsweise geringe Anforderungen an die Werkzeuge, da niedrige Fließgeschwindigkeiten und relativ geringe Flächenpressungen sowie Drücke vorherrschen. Werkzeuge aus Buntmetallen lassen sich somit sehr gut einsetzen, wodurch

die Herstellungskosten stark gesenkt und die erzielbaren Genauigkeiten deutlich erhöht werden. Am Fraunhofer IPT werden zunächst die mikrostrukturierten Abformwerkzeuge mit spanenden Fertigungsverfahren hergestellt. Anschließend können diese am Fraunhofer IPT direkt in Kunststoff durch das Heißprägeverfahren abgebildet werden. Ein Beispiel für ein heißgeprägtes Bauteil ist die im Bild gezeigte Grundplatte eines Fasersteckers aus PMMA. Auf die ca. $70 \times 60 \text{ mm}^2$ große Platte wurden 688 Löcher mit einem quadratischen Querschnitt von $110 \mu\text{m}$ Kantenlänge zur Aufnahme von Lichtleitfasern geprägt. Das Heißprägen stellt somit ein Verfahren dar, welches vor allem zur Abformung von großflächigen Mikrostrukturen hervorragend geeignet ist. Auch im Prototypenstadium liefert es schnell und günstig sehr gute Ergebnisse. Das Fraunhofer IPT kann mit dieser Technologie die Fertigungskette von der Herstellung der Abformwerkzeuge bis hin zum geprägten Kunststoffbauteil bereitstellen.

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Christian Peschke
Telefon 02 41/89 04-2 53
E-Mail peschke@ipt.fhg.de



Abformwerkzeug

Termine

- K'-Messe
25. Oktober bis 1. November
<http://www.k-online.de>
Düsseldorf
- Praxisforum
»Virtual Reality -
Instrumente des Erfolgs«
15. November
Fraunhofer IPT
Aachen
- 9. Internationales Kolloquium
Sprengtechnik
7. November bis 10. November
Budapest, Ungarn
- Euromold
28. November bis 1. Dezember
<http://www.euromold.com>
Frankfurt
- SAE (Konferenz und Messe)
4. März bis 8. März 2002
Detroit, USA



Fräsen

Türinnenverkleidung in der One-Shot Technologie

Die Firma Deuschle Modell- und Formenbau GmbH & Co. KG hat in den vergangenen Jahrzehnten mehrfach wegweisende Werkzeuglösungen erarbeitet, mit der primären Zielsetzung, oft notwendige Folgearbeitgänge in ein Spritzgieß- oder Presswerkzeug zu integrieren bzw. Werkzeugtechniken zu kombinieren. In vielen Kraftfahrzeugen setzt sich eine Türinnenverkleidung aus sehr vielen Teilen zusammen, die dann in Folgearbeitgängen komplettiert werden, z. B. Träger, Kartentasche, Insert und Brüstung. Diese einzelnen Teile werden sehr oft in einem Materialmix hergestellt. In einer Machbarkeitsstudie wurde nachgewiesen, dass es möglich ist, auf einer herkömmlichen Spritzgießmaschine in einem Arbeitsgang eine komplette Türinnenverkleidung herzustellen. Grundlage für die Untersuchung war die bestehende Türinnenverkleidung des Golf A4 2-Türer, Fahrerseite.

Werkzeugkonzeption

Um die Machbarkeitsanalyse durchführen zu können, wurde ein Werkzeugkonzept gewählt, bei dem nach Durchführung der Mold Flow-Analyse ein Heißkanalwerkzeug mit Kaskadensteuerung gebaut wurde. Die Formtrennungen wurden mit Trennschiebern vorgenommen, wobei das Spaltmaß bei ca. 2,5 mm liegt. Der Prägehub der vorhandenen Spritzgießmaschine bei der Deuschle Kunststofftechnik GmbH wurde berücksichtigt. Sämtliche beweglichen Teile wurden durch Losteile realisiert.

Eingesetzte Materialien

- Spritzgießmaterial für Träger, Brüstung und Insert: Keltan TP 6607

- Folie für die Brüstung: TEPEO-SF 703730 IT der Fa. Benecke-Kaliko, versehen mit einem Vlies der Firma Lantor
- Hinterspritzter Stoff Deckmaterial: Polyester (Polositzmaterial)
- Schaum: PP-Schaum
- Vlies: PP/Polyester-Vlies

Vorgehensweise

Es zeigte sich, dass es sinnvoll ist, Brüstung und Insert vorzuformen. Als geeignetes Verfahren wurde das Thermoformen gewählt, denn durch das Tiefziehen konnten keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden. Beim Thermoformen wurde die nicht sichtbare Seite von Stoff und Folie mit einer Trennfolie versehen, um den Temperaturen in den genannten Prozessen widerstehen zu können.

Die einzelnen Komponenten (Stoff, Granulat, Folie) müssen produktteilbezogen und prozessbedingt aufeinander abgestimmt werden, insbesondere gilt dies für Temperaturen und Werkzeuginnendrucke. In das Spritzgießwerkzeug wurden die Vorformlinge eingelegt und durch ein Vakuum-System positioniert und festgehalten.

Erkenntnisse

Die Versuche haben gezeigt, dass diese Technologie anwendbar ist, allerdings gilt es, eine Reihe von Anforderungen für einen Serieneinsatz zu erfüllen:

- Die Maschinensteuerung der Spritzgießmaschine muß dem Werkzeugprozess angepasst werden.



Sichtseite der Golf A4 Tür

- Der zu verwendende Roboter muss mit schwenkbarer Y-Achse zum Einlegen der Inserts und Brüstungen sowie zum anschließenden Entnehmen des fertigen Teils ausgestattet sein.
- Die Spritzgießmaschine muss mit einer kaskadierbaren Steuerung der Werkzeugverschlußdüsen ausgerüstet sein, wobei, so zeigt es sich in der Machbarkeitsstudie, 12 Düsen individuell ansteuerbar sein müssen.
- Es sind geeignete Wechselrahmen für die Aufnahme der Inserts und Brüstungen zum passgenauen Zuschneiden der Teile notwendig.
- Die zugeschnittenen Insert- und Brüstungsteile müssen nicht nur genau, sondern auch reproduzierbar sein.
- Es empfiehlt sich, Anspritzdüsen für den Trägerbereich fernzuhalten, die außerhalb des Teiles liegen, um Druckspitzen an der Dichtkante der Folie und des Inserts zu vermeiden.
- Geometrisch müssen die Teile so gestaltet sein, dass keine Hinterschnitte vorhanden sind oder diese auf der Sichtseite verlegt werden.
- Brüstung und Insert sollten über Vakuum gehalten werden, jedoch nicht über einen Spannrahmen oder Nadeln, denn hierfür wird in der Regel im Werkzeug kein Platz vorhanden sein. Bei einer Vakuumhaltung ist es erforderlich, dass sowohl Stoff als auch Folie mit entsprechenden Sperrschichten versehen werden.
- Zwingende Voraussetzung für das Verfahren ist eine optimale Passform der Einlege-teile.

- In den verwendeten Materialien dürfen keine Materialdickenunterschiede vorhanden sein.
- Vor der Fertigung eines Serienwerkzeugs sollten in der Entwicklungsphase für schwierige Bereiche Versuchswerkzeuge gefertigt werden.

Sinnvoller Einsatz der One-Shot Technologie

Die Versuche im Hause Deuschle haben gezeigt, dass die One-Shot Technologie dann sinnvoll zum Einsatz kommt, wenn von vornherein feststeht, dass primär bei Stoff und Folie keine Wandstärkenveränderungen vorgenommen werden.

Weiterhin muß das Produktteil den Rahmenbedingungen des Prozesses

angepasst werden. Nur so kann eine wirtschaftliche Fertigung möglich sein. Grundvoraussetzung jedoch ist, dass ein Team diese Aufgabe wahrnimmt. Dieses Team besteht aus den Entwicklungspartnern aus der Automobilfirma, einem Systemlieferanten und aus den verschiedenen Materiallieferanten sowie dem Werkzeugbauer.

Das Produktteil kann auf der diesjährigen K'-Messe in Düsseldorf in der Halle 1 auf dem Stand B23 der Otto Deuschle Modell- und Formenbau GmbH & Co. KG besichtigt werden.

Ihr Ansprechpartner

Alfred Scharrenberg
 Fa. Otto Deuschle
 Modell- und Formenbau GmbH & Co.
 Telefon 0 71 53/3 00 0-0
 E-Mail zentrale@deuschleform.de



Rückseite der Türinnenverkleidung

Wissenschaft und Technik stehen in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess. Dabei führt der Weg zu immer anspruchsvolleren, intelligenteren Technologien. Mit derselben Dynamik steigen auch die Anforderungen, welche an die zu verwendenden Werkstoffe gestellt werden. Kriterien wie Qualität, Lebensdauer, Energie-, Gewicht- und Materialeinsparungen und natürlich Verbesserungen der Funktion sind maßgebend. Darüber hinaus sollen die Werkstoffe wiederverwertbar oder wenigstens umweltverträglich sein. Last but not least spielt das Preis-Leistungsverhältnis eine entscheidende Rolle.

Zukunftsorientierter Werkstoff

Keramische Werkstoffe haben für diesen Innovationsprozess bislang einen wichtigen Beitrag geleistet. So befinden sich technische Keramiken weiterhin auf ungebremsstem Wachstumskurs. Das Jahr 2000 brachte das bisher beste Ergebnis überhaupt. Schneidstoffe z. B. weisen zweistellige

Wachstumsraten bei einem Umsatzvolumen von derzeit 63 Mio. Euro in Westeuropa auf, ebenso der Markt für keramische Membrane bei einem Umsatz von 15 Mio. Euro. Verglichen mit anderen Industriegütern sind das weiterhin niedrige Beträge, jedoch mit großer Wirkung. Allein in Deutschland sollen Keramiken maßgeblichen Einfluss auf die Funktion von Produkten im Wert von 1 Mrd. DM haben. Dahinter steckt das besondere Eigenschaftsprofil des Materials: Anwendungen, die eine hohe Härte, große Verschleißfestigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit und gute Hochtemperaturstabilität – verbunden mit niedrigem spezifischen Gewicht – erfordern, sind prädestiniert für Hochleistungskeramiken.

Die neuen High-Tech-Werkstoffe erreichen hohe Festigkeiten. Ihre Werte sind vergleichbar mit den Werten von Metallen (Stahl, Guss, Nichteisenmetalle) und sie übertreffen fast alle Polymere, auch die faserverstärkten Materialien. Die bislang gängigen Verarbeitungsverfahren für Hochleistungskeramiken,

- Trocken- und Nasspressen,
- Isostatisches-, Axial- und Unaxialpressen,
- Extrudieren, Strangpressen sowie
- Schlickergießen und Niederdruckgießen

werden zunehmend von einem weiteren Verfahren ergänzt.

Das Spritzgießen

Das nach seiner englischen Bezeichnung Ceramic Injection Molding allgemein mit den Buchstaben CIM abge-

kürzte Produktionsverfahren wird die Herstellung von Keramikprodukten in den kommenden Jahren mit Sicherheit revolutionieren. Denn nicht nur die betriebswirtschaftlichen und technisch-qualitativen Aspekte sprechen eine eindeutige Sprache: Auch bei der Teilengeometrie und dem visuellen Design liegen alle Vorteile auf der Seite von CIM.

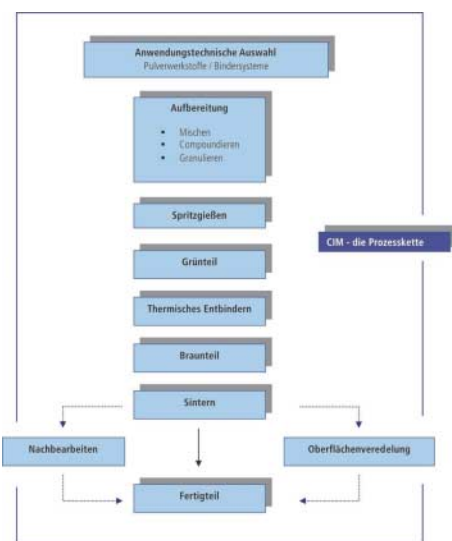
Verarbeitung von Mischkeramiken

Schon das Verfahren »Spritzgießen« bietet Vorteile: Ein Formgebungsschritt, variable Gestaltungsmöglichkeiten wie z. B. Innen- und Außenverzahnung, Hinterschneidungen, Hohlräume, Quer- und Schrägbohrungen, Rippen oder Sicken, sind günstig und reproduzierbar herzustellen. Darüber hinaus ermöglicht nur das Spritzgießen die Verarbeitung von Mischkeramiken.

Kombiniert mit den materialspezifischen Vorteilen definiert sich CIM als eine günstige, reproduzierbare Serienfertigung von komplexen, hochbelastbaren Bauteilen, deren Materialrezeptur anwendungsspezifisch entwickelt ist.

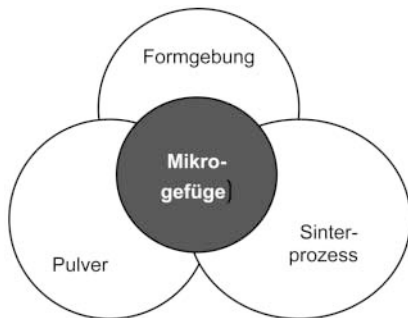
Wie werden CIM-Teile hergestellt?

Bei der Produktion von CIM-Teilen werden zunächst keramische Pulver mittels der Zugabe eines Binders auf Wachs- oder Kunststoffbasis zu einem spritzfähigen, körnigen Granulat verarbeitet. Diese Masse wird in einer modifizierten Spritzgießmaschine verspritzt. Das daraus resultierende weiche Zwischenprodukt, der Grünling, muss anschließend entbindert werden. Bei diesem exakt definierten thermischen Prozess, der zwischen 30 und 40 Stunden dauern kann, wird der zuvor eingebrachte Kunststoffanteil wieder entfernt. Das hieraus resultierende Produkt, der



Schematische Darstellung Prozess

Braunling, wird gesintert und erhält dabei die endgültige Festigkeit und Abmaße.



Was sich so einfach anhört, ist absolute Produktionshochtechnologie: Bereits im Engineering und Formenbau bedarf es verfahrens- und materialspezifischer Kenntnisse, um keramikgerechte Formen herstellen zu können. Keramik ist hoch abrasiv und beeinflusst so die Materialwahl der Spritzform.

Darüber hinaus hat Keramik die Eigenart, von der Werkzeugform bis zum gesinterten Produkt um ca. 18 bis 26 % zu schwinden. Je nach Struktur und Morphologie des Gefüges ist diese Schwindung unterschiedlich groß und beeinflusst somit direkt die Werkzeugkonstruktion und -konzeption. Leicht erkennbar wird die Bedeutung bei Maßtoleranzen von Präzisionsteilen. Die Maßtoleranz beträgt bei idealem Anspritzpunkt max. 0,5 % des genannten Abmaßes.

Adaptierbare Pulvermischungen

Dass Keramik heute nichts mehr mit der zerbrechlichen Tasse von einst zu tun hat, beweist eine Demonstration: Im Dauertest wurde eine 20 cm lange und 0,2 mm starke Platte mehr als 500 000 mal um ca. 4 cm durchgedrückt, ohne Ermüdung oder Verschleiß zu zeigen.

Ob starr oder elastisch, ob hochdicht bis definiert infiltrativ. Die grundsätzlichen Eigenschaften eines keramischen Bauteiles werden durch die ausgewählten Rohstoffe und das Herstellungsverfahren beeinflusst. In dem komplexen Herstellungsprozess bestimmen Pulver, Formgebung und Sinterprozess gemeinsam die Ausbildung der entscheidend wichtigen Mikrogefüge und erst damit die gewünschten Eigenschaften des Endproduktes. Mit der Spritzguss-

technologie wurde das Verarbeiten von Mischkeramiken möglich. Das Material kann dabei auf die unterschiedlichsten Eigenschaften bereits im Vorfeld adaptiert werden. Dazu gehört etwa die Temperaturbeständigkeit bei maximaler Belastung bis 1200 °C oder die Biegefestigkeit bzw. Bruchzähigkeit, die von spröde und extrem hart bis dauerelastisch biegebar reicht, wie es z. B. zur Herstellung von Spiralfedern oder Pinzetten notwendig ist.

Weiterhin lassen sich auch die Kenngrößen »Temperaturleitfähigkeit« von hoch isolierend bis wärmeleitfähig ähnlich Kupfer oder Aluminium sowie »Oberflächenbeschaffenheit« beeinflussen. Bestimmte Oberflächencharakteristika wie z. B. elektrische Leitfähigkeit, antistatische Einstellung oder andere gewünschte Effekte können beispielsweise durch Beschichtung mit



Tassen in der Prozesskette

Gold, Silber oder Kupfer erreicht werden. Aber auch die chemische Resistenz oder die Abschirmung des Materials gegen äußere Einflüsse wie z. B. Strahlung lassen sich spezifisch anpassen.

Abrasionsbeständigkeit, Gleitverhalten, Antiadhäsivität und Glanz der fertigen Keramikteile sind über die Oberflächenrauigkeit einstellbar, die bildlich ge-

sprochen von naturbelassen bis glatt wie Glas reicht. Im medizinischen Einsatzbereich ist die Biokompatibilität des Materials, die sich etwa in der Verträglichkeit mit dem menschlichen Gewebe ausdrückt, besonders wichtig. Durch Variation von Partikelgröße und -verteilung kann die mechanische Festigkeit sowie die Oberflächenbeschaffenheit der Keramikteile wesentlich beeinflusst und detailliert eingestellt werden. Für praxisgerechte Maß-

haltigkeit sorgt die Firma Kläger im eigenen Präzisions-Spritzguss, der bis in den hundertstel Millimeterbereich keine Nacharbeit erfordert. Erst im mikroskaligen Bereich empfiehlt sich die nachgeordnete Hartbearbeitung der Fertigteile.

Differenzierbarkeit und Ästhetik der Fertigprodukte lassen sich nachhaltig durch die anpassbare Farbgebung beeinflussen. Die exakt bestimmbare Längenausdehnung (TAK-Anpassung) ist vor allem hinsichtlich der Verbindung etwa mit Metallen von Bedeutung. Dadurch wird es möglich, Verbindungen zwischen Keramik- und Metallkomponenten zu löten, zu kleben oder zu armieren.

Für den Einsatz als Filter-, Infiltrations- oder Adsorptionskeramik, in Gasensensoren oder Öllampendochten ist schließlich die offene Porosität der Keramikmaterialien ein ausschlaggebender Wert. Die Skala reicht hier von hochdicht bis infiltrativ.

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Roland Kläger
Fa. Gerhard Kläger
Engineering - Formenbau - Spritzguss
Hochgerichtstr. 33
72280 Dornstetten
Telefon 07 44 3/96 33-0
E-Mail info@klaeger.de



Rotationsdüsen



Gewindestange

Rotationsformen mittels Mikrowellen

Rotationsformen ist ein Verarbeitungsprozess, der bereits Mitte des letzten Jahrhunderts entwickelt wurde. Damals konnten aufgrund des sehr aufwendigen Prozesses nur wenige Materialien zu einfachen Bauteilen verarbeitet werden. Dabei zeigte es sich, dass das Rotationsformen ideal für die Herstellung von Hohlkörpern vom Pingpong-Ball bis zu Lagertanks mit Volumen von 80.000 Liter geeignet ist. Heute ist das Rotationsformen aber auch ein Prozess, bei dem Körper mit sehr komplexen Formen hergestellt werden können wie beispielsweise ein Ansaugkanal (siehe Bild 1). In den USA und Europa beschäftigen sich etwa 655 Betriebe mit der Technologie des Rotationsformens.

Das Rotationsformen ist im Vergleich zu anderen Kunststoffverarbeitungsverfahren einzigartig, da Heizen, Formen und Kühlen des Materials innerhalb des gleichen Werkzeugs stattfinden und keine Druckerhöhung während der Verarbeitung erfolgt.

Beim Rotationsformen wird ausschließlich die Form mit Hilfe von externen Wärmequellen erhitzt. Das Kunststoffpulver, das sich während der Aufheizphase der Form geschützt in einem Behälter im Werkzeug befindet, bleibt von der Wärme weitgehend unberührt. Erst nach dem vollständigen Erhitzen der Form wird das Kunststoffpulver aus dem Behälter in die Form eingefüllt. Im weiteren Verlauf schmilzt das Kunststoffpulver an der heißen Innenwand der Form, wobei eine mehrachsige Rotation der Form eine gleichmäßige Verteilung des Kunststoffs und damit eine einheitliche Wandstärke sicherstellt. Des Weiteren muss zum Entformen die gesamte Form und das Kunststoffwerkstück abgekühlt werden. Der Prozess des Rotationsformens bedingt somit

ein stetiges Aufheizen und Abkühlen der Form. Diese Temperaturführung des Prozesses ist langwierig und energieintensiv.

Rotationsformen mittels Mikrowellen

Vor diesem Hintergrund wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem ausschließlich das Kunststoffpulver mittels Mikrowellenbestrahlung erwärmt wird, was die Prozessführung hinsichtlich der Temperatur vereinfacht sowie Energie und Zeit spart.

Das Rotationsformen mit Hilfe von Mikrowellen erlaubt es, ausschließlich das Kunststoffpulver zu erhitzen. Die Form besteht aus einem mikrowellentransparenten Material und heizt sich unter Mikrowellenbestrahlung nicht auf. Durch die Rotation wird die gleichmäßige Verteilung der Schmelze sichergestellt. Voraussetzung für das Rotationsformen mit Hilfe von Mikrowellen ist, dass die Kunststoffe Mikrowellen absorbieren.



Bild 1: Ansaugkanal

In Bild 2 ist die Apparatur schematisch skizziert. Die Mikrowellenkavität wurde mit einer maximalen Leistung von 1800 W gespeist. Da es sich bei dieser Apparatur um einen Demonstrator handelt, wurde nur eine Rotationsachse

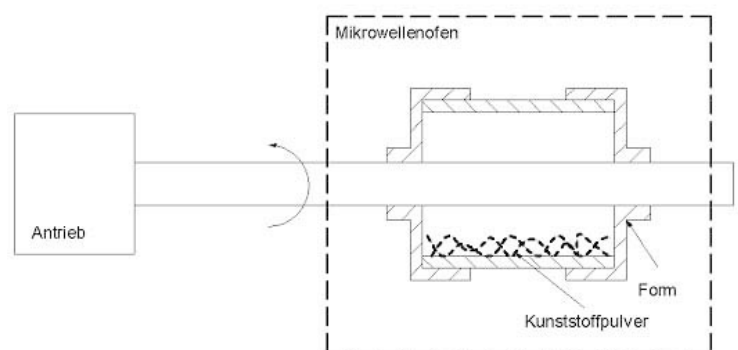


Bild 2: Schematischer Aufbau der Apparatur

vorgesehen. Somit können mit dieser Apparatur ausschließlich Rohre (Bild 3) hergestellt werden. Die Rohre haben einen Durchmesser von 6 cm und eine Länge von 7,5 cm; die Wandstärke beträgt 1,5 mm. Diese Teile wurden in 60 s mit einer Leistung von 1800 W gefertigt.



Bild 3: mit Hilfe von Mikrowellen gefertigte Rohre

Vorteile des Verfahrens

Die wesentlichen Vorteile dieses neuen Verfahrens mit Mikrowellen sind:

- Das langwierige und energieintensive Aufheizen der Form entfällt.
- Die Aufheizzeit mit Mikrowellen ist sehr kurz, daraus resultiert ein geringer Energiebedarf.
- Die Energie wird hauptsächlich zum Aufheizen des Kunststoffpulvers verwendet, die Energieverluste während der Schmelzphase sind daher gering.
- Die Abkühlzeiten verkürzen sich enorm gegenüber dem herkömmlichen Verfahren, da hauptsächlich nur die Kunststoffschmelze abgekühlt werden muss.

Grundlagen der Mikrowellentechnologie

Mikrowellensysteme zur Erwärmung von Materialien bestehen aus bestimmten Komponenten und Modulen, die bei jeder Mikrowellenanlage zu finden sind. Ein typischer Aufbau einer solchen Mikrowellenanlage besteht aus einem Magnetron, das die Mikrowellen erzeugt, einem Zirkulator, der Mikrowellen nur in eine Richtung transmittiert und damit als Weiche dient, einem Tuningelement und einem Einkoppelsystem.

Zur Erzeugung von Mikrowellen finden sogenannte Mikrowellengeneratoren Verwendung. Diese Generatoren bauen durch bewegte elektrische Ladungen, meist Elektronen, ein elektromagnetisches Wechselfeld auf oder verstärken es. Die Ladungsträger nehmen aus einem speisenden elektrischen

Gleich- oder Wechselfeld Energie auf und übertragen sie an das zu verstärkende bzw. aufrecht zu erhaltende Wechselfeld. Auf dem Gebiet der Leistungsmikrowellen in industriellen Anwendungen kommen abhängig von der Frequenz verschiedene Generatoren zum Einsatz. Dazu gehören Klystrons, Gyrotrons und Magnetrons.

Die größte Bedeutung hat das Magnetron, da es die wirtschaftlichste Strahlungsquelle bei den gebräuchlichen Frequenzen von 2,45 GHz oder 915 MHz ist. Magnetronen werden für Frequenzen im gesamten Mikrowellenbereich von 300 MHz bis 300 GHz hergestellt und eignen sich zur Erzeugung großer Mikrowellenleistungen.

Ihre Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Marc Knoblauch
Telefon 07 21/46 40-3 57
E-Mail kno@ict.fhg.de

Jürgen Scharrenberg
Telefon 07 21/46 40-3 31
E-Mail js@ict.fhg.de

Dr. Rudolf Emmerich
Telefon 07 21/46 40-4 60
E-Mail rem@ict.fhg.de

Oberflächenbehandlung für Spritzguss- und Presswerkzeuge zur Verarbeitung von NAWARO

Auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) wurden in den letzten Jahren thermoplastisch verarbeitbare Formmassen entwickelt, die hauptsächlich aus den Komponenten Lignin (Beiprodukt der Zellstoffindustrie) sowie aus Naturfasern bestehen. Unter nachwachsenden Rohstoffen versteht man Substanzen, die im gleichen Zeitraum von der Natur neu gebildet werden, wie sie der Mensch als Rohstoff verbraucht. Jeder Baum und jede verholzende Pflanze besteht zu etwa 30 % aus dem Polymer Lignin, durch welches das natürlich gewachsene Holz seine Festigkeit erhält. Diese neu entwickelten Werkstoffe sind dabei vollkommen frei von synthetischen, auf petrochemischem Wege hergestellten Polymeren. Da der neue Verbundwerkstoff hauptsächlich aus Komponenten eines natürlich gewachsenen Holzes besteht, hat er auch ähnliche Eigenschaften hinsichtlich Wärmeformbeständigkeit und Steifigkeit, wie natürlich gewachsenes Holz. Lignincomposites kann man somit als flüssiges Holz bezeichnen (Handelsname: z. B. ARBOFORM®). Auf der internationalen Messe für Werkzeug- und Formenbau Euromold in Frankfurt erhielt die Fa. Tecnar im Jahr 2000 den Golden Award für den in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ICT entwickelten Werkstoff ARBOFORM®.

Im thermoplastischen Werkstoffbereich lassen sich je nach Anwendung die synthetisch hergestellten Werkstoffe auf Erdölbasis durch Werkstoffe auf nachwachsender Rohstoffbasis substituieren. Weiterhin können neue Designentwürfe, besonders was die Gestaltung von Freiformflächen anbelangt, für den Einsatz des neuen Holzwerkstoffes zu günstigen Fertigungskosten in die Großserie übertragen werden.

Kombinationen mit Echtholz furnier ergeben temperaturbeständige Formteile, ohne eine nachträgliche Rissbildung in der Furnierdeckschicht befürchten zu müssen. Anwendungen sind komplex geformte Trägerformteile für Edelfurniere im Automobilinnenraum, in der Elektronikbranche oder Möbelindustrie.

Verfahrenstechnik

Zur Herstellung der Formteile sind herkömmliche Standardspritzgießmaschinen einsetzbar, wobei eine werkstoffgerechte Werkzeugkonstruktion unter Umständen notwendig ist (Angusslage bzw. -ausführung, Fließfronten). Die Verarbeitungstemperatur ist mit ca. 170 °C vergleichsweise niedrig, wobei auch dünne Wandstärken von bis zu 1,5 mm zu erzielen sind. Allerdings wird bei der Verarbeitung von Lignincompounds mit hohen Einspritzdrücken gearbeitet.



Granulat aus Flüssigholz

Nachfolgend die Verarbeitungshinweise für das Spritzgießen von ARBOFORM®-Granulat:

Zylindertemperaturen:

- Düse: 150 °C ... 170 °C,
- Zone 3: 140 °C ... 160 °C,
- Zone 2: 130 °C ... 150 °C,
- Zone 1: 80 °C ... 120 °C,
- Einzug: 40 °C ... 80 °C.

	Massenkunststoffe				techn. Kunststoff	Holz Buche, quer
	PE (LD, HD, LLD)	PP (unverst.)	PS	ARBOFORM	PA 66 (unverst.)	
Bruchspannung, [N/mm ²]	8 - 30	30 - 40	45 - 65	10 - 22	65	7
Zug-E-Modul, [N/mm ²]	50 - 500	600 - 1700	1200 - 3300	1000 - 6000	2000	1500
Bruchdehnung, [%]	100 - 900	bis 800	3 - 4	0,3 - 0,8	200	
Schlagzähigkeit, [kJ/m ²]	o. Br.	20	13 - 20	2 - 5	o. Br.	
Formbeständigkeit nach Vicat/B, [°C]	40 - 65	110 - 130	78 - 99	80 - 95	200	
lin. Ausdehnungskoeffizient [1/K]	170 - 200x10 ⁻⁶	100 - 200x10 ⁻⁶	70x10 ⁻⁶	18 - 50x10 ⁻⁶	80x10 ⁻⁶	45x10 ⁻⁶

Eigenschaftsvergleich thermoplastischer und natürlicher Werkstoffe

Spezifischer Einspritzdruck:
1000 - 1800 bar

Spezifischer Nachdruck: 500 - 1000 bar

Einspritzgeschwindigkeit:
150 - 450 mm/s

Kühlzeiten:
ca. 20 % höher als bei ungefüllten
Thermoplasten.

Werkzeugtemperatur:
20°C ... 55 °C (je nach Fließweglänge)

Schneckenausführung:
Standard-Schnecke

Düse: offen

Sonstiges:

- Spritzgussmaschine vor der Verarbeitung mit PE-LD auf Verarbeitungstemperatur bringen,
- Material nicht länger als 0,5 Stunden unbewegt in der heißen Maschine stehen lassen,
- Spritzgussmaschine nach der Verarbeitung mit PE-LD spülen,
- Heiße Kunststoffe nicht in Verbindung mit ARBOFORM® liegen lassen, sondern gleich z. B. in Wasser abkühlen; sonst besteht Entzündungsgefahr,
- Qualmentwicklung beim Spritzen ins Freie.

Dies schränkt die Konstruktionsfreiheiten in bezug auf die Fließweglänge erheblich ein.

Dagegen zeichnet sich ARBOFORM® durch einen geringen Formschwund (max. 0,5 %) und eine hohe Maßgenauigkeit aus, wobei auch Wand-

stärkensprünge kein Problem darstellen und in der Regel keine Einfallstellen an der Oberfläche auftreten.

Wegen des geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten (max. 50×10^{-6}) eignet sich ARBOFORM® optimal für einen Verbund mit Holzfurnieren für Sichtoberflächen. Daraus ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten für hochwertige Designs in der Automobil-, Elektronik-, Möbel- und Schmuckindustrie.

Nach weiteren Werkstoffoptimierungen hinsichtlich der Sprödigkeit und der Emissionen ist künftig mit einem deutlich vergrößertem Einsatzgebiet zu rechnen.

Werkzeugtechnik

Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind meist wasserhaltig und nicht ph-neutral. Bei Thermoplastverarbeitungsmaschinen und deren Werk-

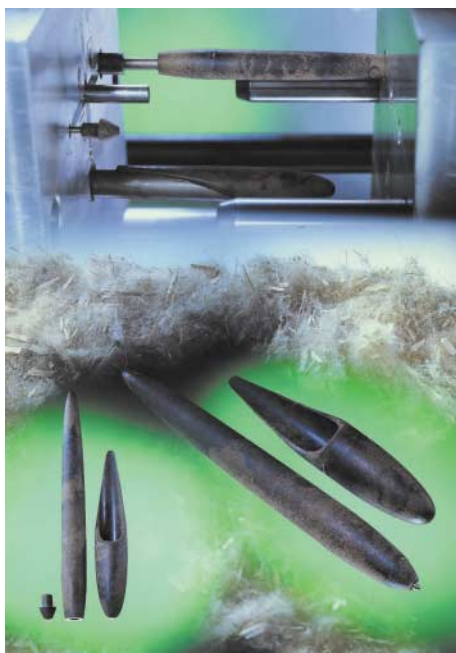
Mechanische Eigenschaften	Norm	Einheit	Wertebereich*
Zugfestigkeit	DIN 53 455	N/mm ²	10 - 22
Reißdehnung	DIN 53 455	%	0,3 - 0,8
Zug-E-Modul	DIN 53 457	N/mm ²	1000 - 6000
Biege-E-Modul	EN ISO 178	N/mm ²	1000 - 6000
Biegespannung	EN ISO 178	N/mm ²	10 - 50
Schlagzähigkeit (Charpy)	EN ISO 179	kJ/m ²	2 - 5
Härte	DIN 53 505	Shore D	50 - 80
Kugeldruckhärte	DIN 53 456	N/mm ²	20 - 70
Thermische Eigenschaften	Norm	Einheit	Wertebereich*
Ausdehnungskoeffizient	DIN 53 752	1/°C	1·10E-5 - 5·10E-5
Vicat-Temperatur	DIN 53 460	°C	80
Martens-Temperatur	DIN 53462	°C	54
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52 612	W/(m·K)	0,384
Glühdratprobe	DIN EN 60669-1	---	650°C bestanden
Elektrische Eigenschaften	Norm	Einheit	Wertebereich*
Leitfähigkeit, Oberfläche	DIN 53 482	G Ω	5
Leitfähigkeit, Durchgang	DIN 53482	G Ω	3
Sonstige Eigenschaften	Norm	Einheit	Wertebereich*
Formschwund	---	%	0,1 - 0,3
Dichte (im Formteil)	---	g/cm ³	1,3 - 1,4
Wassergehalt	---	%	2 - 8
Migration versch. Elemente	DIN EN 71-3	---	bestanden
Speichel- u. Schweißbechtheit	DIN 53 160	---	bestanden
Brandverhalten	DIN 4102-B2	---	bestanden

Werkstoffdaten von ARBOFORM®

zeugen kann dies, insbesondere in hohen Temperaturbereichen, zu Korrosionen führen. Um den Verschleiß an den Werkzeugen zu minimieren und um die Fließeigenschaften positiv zu beeinflussen, müssen geeignete Werkzeugwerkstoffe und Oberflächenvergütungen gefunden werden.

Die Beschädigung sowie Farbunterschiede auf der Materialoberfläche können durch Lichtmikroskopie, Mikroskopie und Elementaranalyse charakterisiert werden. Organische und metallische Reste lassen sich mit den beiden zuletzt genannten Methoden detektieren.

Zur Untersuchung der unterschiedlichen Beschichtungen (Proben von Fraunhofer IST; TiN, DLC, Al₂O₃, SICON®, SICAN, Ti-DLC) wurden Werkzeugeinsätze in Form von Probeplatten aus



Spritzgegossene Teile aus Flüssigholz

Probe	N (%)	C (%)	H (%)
Ti DLC	< 0,2	22,64	4,64
DLC	< 0,2	25,19	4,72
unbeschichtet korrodierter Werkzeugstahl	< 0,2	6,94 6,68	2,75 2,98

Ergebnisse der Elementaranalyse

den verschiedenen Materialien hergestellt. Diese wurden in einem hierfür konstruierten Spritzgießwerkzeug eingesetzt und nach jeweils einer Anzahl von 100 Spritzzyklen mit einer unbeschichteten Referenzprobe verglichen, wobei die Verarbeitungsparameter für alle Versuche gleich waren.

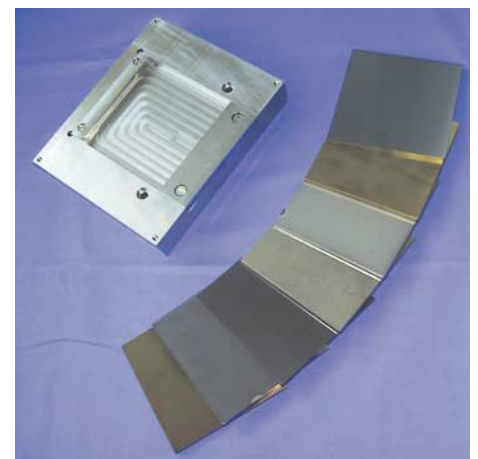
An der unbeschichteten Probeplatte waren starke Korrosionsschäden feststellbar (visuell und durch Mikrosonden-Analyse). Kleine und kleinste Beschädigungen sowie Farbunterschiede auf der Materialoberfläche waren bei der Ti-DLC und DLC-Beschichtung zu erkennen.

An den Ti-DLC und DLC-Beschichtung wurden Elementaranalysen mittels Mikrosonde durchgeführt, um die Beschädigungen genauer zu ermitteln. Organische und metallische Reste (Korrosionssubstanzen) wurden detektiert. Die Proben »Ti-DLC und DLC-Beschichtung« scheinen für den Einsatz für NAWARO's nicht geeignet. Bei den Al₂O₃ und TiN-Beschichtungen waren visuell keine Korrosionsschäden feststellbar, aber ein Film (möglicherweise Abbaumaterialien aus dem Verarbeitungsprozess) erkennbar. Die SICON- und SICAN-Beschichtungen scheinen für die NAWARO's empfeh-

lenswert. Auf der Oberfläche der oben genannten Beschichtungen waren keine Reste oder Filme erkennbar.

Ihre Ansprechpartnerin

Dipl.-Chem. Emilia Inone
Telefon 07 21/46 40-4 27



Unterschiedlich beschichtete Platten und Werkzeugeinsatz zur Aufnahme

Multiassistentensystem für den Werkzeug und Formenbau – MAS

Die C-Techniken nehmen eine Schlüsselfunktion ein, wenn es um die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens geht. Die Nutzung von CAx-Systemen in der Produkt- und Werkzeugentwicklung ist auch bei vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen heute selbstverständlich. Doch trotz hoher Investitionen in Hard- und Software werden die vorhandenen Rationalisierungspotentiale oft nicht erschlossen. Ursachen liegen häufig in Defiziten bei der Systemintegration im Unternehmen. Bisher entstanden insbesondere im Formenbau vorwiegend Insellösungen entlang der Prozesskette von der Produktidee bis zur Serienfertigung. Hochwertige, ausgereifte und prozesssichere Werkzeuge und Formen lassen sich bei radikal verkürzten Entwicklungszeiten nur mit einer ganzheitlichen Systemlösung schaffen.

Zielsetzung von MAS

Somit ist einer der Hauptschwerpunkte der institutsübergreifenden Forschungsarbeit im Rahmen des Demonstrationszentrums »FoKus« die Entwicklung eines »Multi-Assistenten-Systems« (MAS). Ziel der Entwicklung ist ein System, das den Anwender bei allen wichtigen Abläufen unterstützt. Hierzu gehören unter anderem die Angebotserstellung, die Auslegung und Konstruktion und die Fertigung von Spritzgusswerkzeugen. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Verwirklichung einer einfachen und selbsterklärenden Bedienung.

Wichtige Elemente eines solchen Systems sind datenbasiertes, erweiterbares Expertenwissen sowie die integrierte Verknüpfung der verschiedenen CAx-Systeme, die bei der Entwicklung

und Herstellung von Werkzeugen zum Einsatz kommen. Die einzelnen Module sollen den Bediener unterstützen, ihm in seinen jeweiligen Entscheidungen entlang der Wertschöpfungskette assistieren sowie Wettbewerbsvorteile durch Reduzierung der Werkzeugherstellzeiten und -kosten ermöglichen.

Unterstützung der Anwender im Formenbau

Ein wichtiger Wunsch potenzieller Anwender ist eine integrierende Verknüpfung bzw. Datendurchgängigkeit bei der Prozesskette im Formenbau. Ferner besteht sehr häufig die Forderung nach einer Unterstützung bei der Auswahl konkurrierender Fertigungstechnologien, wie sie z. B. durch die Datenbankentwicklung des Fraunhofer IPT in Aachen zur Abgrenzung der Verfahren Fräsen und Erodieren unterstützt wird. Als häufiger und schwerwiegender Fehler wird ebenso der erhebliche Zeitaufwand durch Schnittstellenprobleme (Transfer von CAD-Daten, unzureichende Markierung von Änderungen) genannt. Darüber hinaus zeigen Diskussionen mit potentiellen Anwendern, dass die Anwendung von Simulationssystemen zur Fließ- und Strukturanalyse zur Fehlervermeidung schon bei der Werkzeugkonstruktion als ein vielversprechender Ansatz angesehen wird, jedoch selten konsequente Anwendung findet.

Von den beteiligten Instituten wurden unter Berücksichtigung der oben erwähnten Punkte alle relevanten Softwaremodule und deren Marktreife im Hinblick auf ein MAS-System identifiziert und festgelegt, welche Module unter Berücksichtigung der Kompetenzen der einzelnen Institute weiter zu entwickeln sind. Des Weiteren erfolgte eine Definition der entsprechenden Datenschnittstellen bzw. von

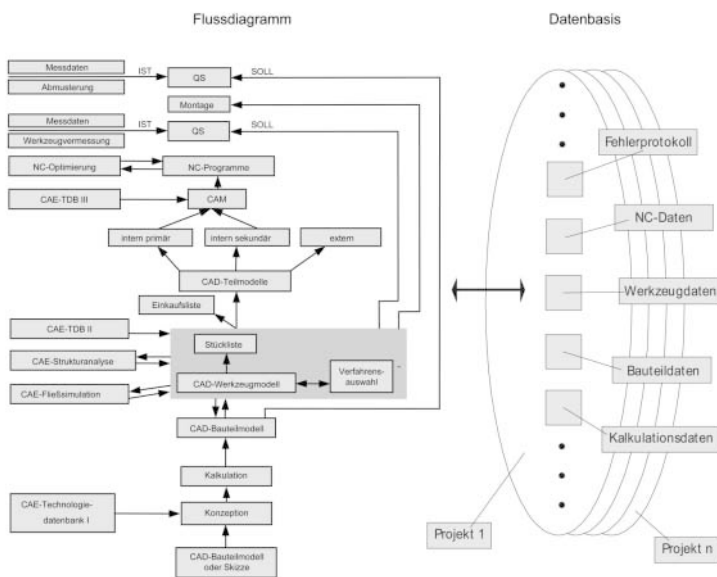


Bild 1: Flussdiagramm und Datenbasis für ein MAS-System

In- und Outputdaten zwischen den Funktionsbausteinen.

Strukturierung eines MAS-Systems

Anhand der Modul- und Schnittstellendefinitionen wurde ein Konzept für den logischen Aufbau eines MAS-Systems unter Berücksichtigung eines integrierten Datenbanksystems als Voraussetzung für die Gesamtprozesskette entworfen (Bild 1). Des Weiteren wurde anhand des erarbeiteten Konzepts eine erste Version eines MAS-Demonstrators in der Programmiersprache Visual C++ entwickelt, um das Einbinden der unterschiedlichen Module der beteiligten Institute zu testen und eine beispielhafte Darstellung der MAS-Prozesskette anhand eines Beispielablaufs darzustellen (Bild 2).

Anforderungen an ein MAS-System

Voraussetzungen für die Einsatztauglichkeit eines solchen systemintegrierenden MAS-Systems ist jedoch die Berücksichtigung folgender Anforderungen:

- Bedienerfreundlichkeit,
- Modultypischer Aufbau mit Integrierbarkeit bestehender Systeme,
- Eingriffsmöglichkeiten entlang der Prozesskette sowie
- Integrierbarkeit unternehmensindividueller Erfahrungen und Kompetenzen.

Um diese Punkte zu erreichen, muss an einer Weiterentwicklung eines MAS-Demonstrators bzw. an einer Darstellung eines in sich geschlossenen MAS-Konzeptes gearbeitet werden. Dabei ist die Integrierbarkeit bestehen-

der Systeme durch eine detaillierte Beschreibung möglicher Schnittstellen und durch Verfahrensanweisungen für einen reibungslosen Datenaustausch zu dokumentieren.

Weiterentwicklungen

Es ergeben sich somit zwei Hauptproblemstellungen. Einerseits muss, wie oben angedeutet, ein Gesamtkonzept bzw. eine Lösung für die Unterstützung eines Anwenders während der gesamten Prozesskette erarbeitet werden. Dies beinhaltet Themen wie Datendurchgängigkeit, Kommunikation der Softwaretools und Überlegungen hinsichtlich eines digitalen Produktdatenmodells. Andererseits sollen von beteiligten Instituten neue Teilmodule entwickelt werden, die heute bestehende Probleme bzw. Defizite entlang der CAx-Prozesskette verbessern und somit die Effizienz der Gesamtprozesskette wesentlich steigern.

Dabei sollen vor allem die Konzeptionsphase, die Kalkulationserstellung, die Werkzeugkonstruktion und

-auslegung anhand einer CAE-Strukturanalyse und CAE-Fließsimulation verbessert werden. Ferner wird eine Verfahrensauswahl und optimierte Prozessauslegung des Fertigungsprozesses mittels einer CAE-Technologie-datenbank angestrebt.

Ausblick

Somit ist eine weitergehende Definition und Detaillierung des Funktionsumfangs des MAS notwendig. Darüber hinaus liegt ein Entwicklungsschwerpunkt bei dem Entwurf eines Produktdatenmodells zur Realisierung einer Prozesskette im Rahmen eines MAS-Systems. Dies beinhaltet ein integriertes Datenbanksystem als Voraussetzung für die Gesamtprozesskette und die Definition der Datenschnittstellen und Verknüpfung der Teilsysteme.

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Edgar Fries
Telefon 0 30/39 00 6-2 96
E-Mail edgar.fries@ipk.fhg.de

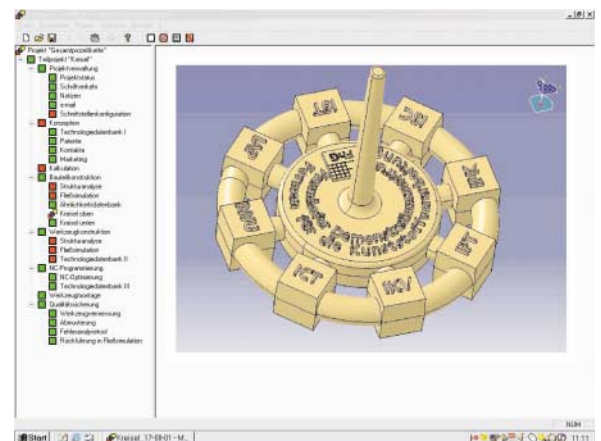


Bild 2: Programmoberfläche des MAS-Demonstrators

Trends und Perspektiven für das Hartfräsen im Werkzeug- und Formenbau

Im Werkzeug- und Formenbau verspricht man sich für die Zukunft vom Hartfräsen kürzere Bearbeitungszeiten und damit Wettbewerbsvorteile. Die komplette Hartbearbeitung erfordert allerdings besondere Anstrengungen, sowohl bei der NC-Programmierung und Umsetzung von Frässtrategien, als auch in der Werkzeug- und Maschinenteknik. Das abgestimmte Zusammenspiel dieser Komponenten begründet den Erfolg fortschrittlicher Werkzeugbaubetriebe, welche die Trends und Perspektiven für die Branche aufzeigen.

Wettbewerbsvorteil Durchlaufzeit

Durch die zunehmende Modellvielfalt in der Automobil- und Konsumgüterindustrie ergeben sich immer kürzere Produktlebenszyklen, die sich in einem stark gestiegenen Bedarf an qualitativ hochwertigen Werkzeugen nieder-

schlägt. Markt- und konkurrenzfähige Preise sind im globalen Wettbewerb verstärkt nur bei anspruchsvollen Werkzeugen und Formen mit hohen Toleranzanforderungen und strengen Terminvorgaben zu realisieren.

Hierin liegt die entscheidende Motivation für das Hartfräsen, denn durch diese Technologie wird es möglich, das Bauteil in günstigen Fällen in einer Aufspannung komplett zu bearbeiten und auf die zeitaufwendige funkenerosive Bearbeitung gänzlich zu verzichten. Kürzere Bearbeitungszeiten und eine teilweise bessere Oberflächenqualität sind ebenso wie reduzierte Einricht- und Handhabungsvorgänge weitere Vorteile einer derartigen Vorgehensweise.

Durch die erhöhte Qualität bei der spanenden Bearbeitung wird zudem die manuelle Handarbeit erheblich

verringert. Erste erfolgreiche Anwendungen dieser Technologie konnten bereits vor zehn Jahren eindrucksvoll bei der Bearbeitung von Schmiedegesenken nachgewiesen werden, wodurch die Funkenerosion dort bereits zunehmend verdrängt wird. Die fortschreitende Entwicklung auf allen Gebieten hat in den letzten Jahren auch bei Spritz- und Druckgussformen neue Potenziale eröffnet.

Technologische Grenzen des Hartfräsens

Aufgrund der hohen Komplexität der Werkzeuge und Formen insbesondere bei Spritz- und Druckgussformen, sind dem Hartfräsen aufgrund der Vielzahl an Versteifungsrippen und kleinen Verrundungsradien bei großen Auskraglängen technologische Grenzen gesetzt. Unter derartig ungünstigen Bedingungen kann eine Fräsbearbeitung selbst bei Härten von 50 HRC bereits Probleme hervorrufen. Demgegenüber sind einfachere Formgeometrien mit Werkstoffhärten von bis zu 64 HRC bei geeigneter Prozessauslegung durch das Fräsen bearbeitbar.

Umfragen zufolge werden für die überwiegenden Anforderungen im Werkzeug- und Formenbau Werkzeugstähle mit weniger als 55 HRC und einer Zugfestigkeit von höchstens 1200 N/mm² eingesetzt. Die Verwendung höherfester Stähle beschränkt sich zumeist auf Einsätze oder Kerne bzw. auf Formen für die Verarbeitung abrasiver Materialien.

Mehr als die Hälfte aller Formen erfordern Fräswerkzeuge mit Auskraglängen von über 100 mm und weisen zudem minimale Verrundungsradien deutlich unter 1 mm auf. Demnach bil-



det die alleinige Berücksichtigung der Werkstoffhärte keine ausreichende Entscheidungsgrundlage für eine Verfahrensauswahl Hartfräsen vs Erodieren. Vielmehr sind im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der Bearbeitungsaufgabe die geometrischen Merkmale einzubeziehen.

Hochleistungs-Schneidstoffe eröffnen Potenziale

Bei der Bearbeitung vergüteter und gehärteter Stähle ist das Verschleißverhalten der Schneidstoffe der limitierende Faktor für die Prozessauslegung. Hochvergütete oder gehärtete Werkstoffe beanspruchen die Schneiden extrem mechanisch und thermisch und schränken die Parameterwahl ein. In der Vergangenheit wurde diesen Anforderungen an den Schneidstoff nur das hochharte kristalline Bornitrid (CBN) gerecht.

Nachteilig wirkt sich jedoch die geringe Zähigkeit sowie die Anfälligkeit gegenüber wechselnden Prozessparametern sowie ungünstigen Eingriffsbedingungen aus. Zudem sind verfügbare Werkzeugdurchmesser auf minimal 3 mm beschränkt. Hinzu kommt ein im Vergleich zum Voll-Hartmetall erheblich höherer Preis.

Ein Durchbruch beim Hartfräsen stellt daher die Entwicklung des leistungsfähigen Feinst- und Ultrafeinstkornhartmetalls sowie spezieller Beschichtungen dar. Die resultierenden Eigenschaften sind durch hohe Zähigkeit, Ermüdungsfestigkeit sowie Schock- und Temperaturbeständigkeit gekennzeichnet. Somit wird auch der Einsatz sehr kleiner Fräser mit einem Durchmesser von bis 0,5 mm bei der Hartbearbeitung möglich.

Den hohen Zerspanntemperaturen bei der Hartbearbeitung sind diese Schneidstoffe jedoch nur mit speziellen Schichtsystemen gewachsen. Eine geringe Wärmeleitfähigkeit dieser Schichten unterstützt die Wärmeabfuhr mit dem Span, was zum einen die Warmfestigkeitsgrenze des Werkzeugs heraufsetzt und zum anderen die Zerspannung wesentlich erleichtert.

Werkzeuggeometrie und -spannsysteme

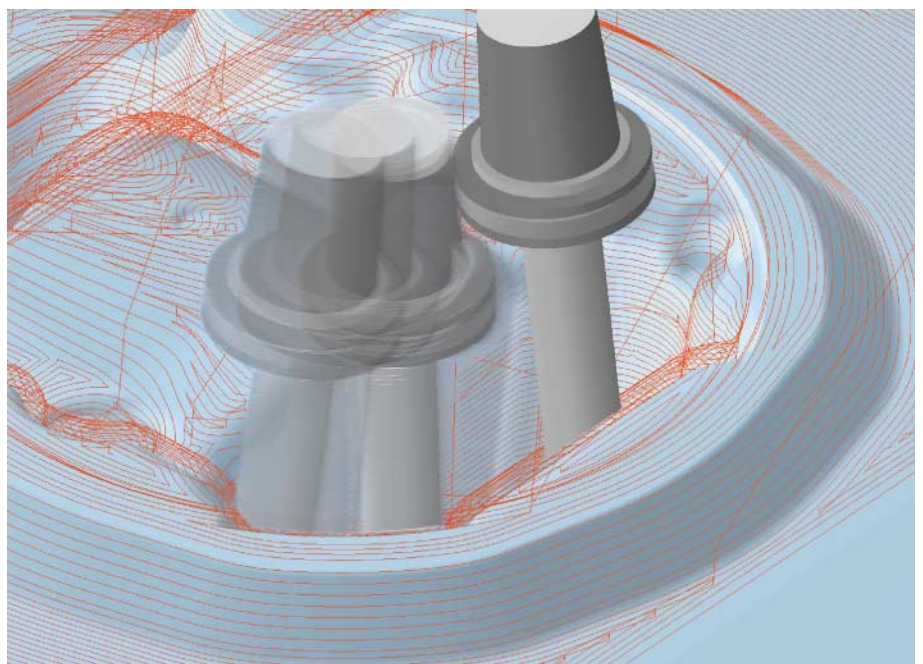
Entscheidendes Kriterium für die Erzielung ausreichender Lebensdauer der Fräswerkzeuge ist deren möglichst steife Gestaltung mittels großer Kerndurchmesser und stabiler Schneidengeometrien. Die Bandbreite der Werkzeugvarianten resultiert in einer äußerst inhomogenen Preisstruktur, wobei insbesondere bei der Hartbearbeitung die aufwendige Herstellung

und Beschichtung der Werkzeuge einen höheren Preis rechtfertigt. Derartige, höherwertige Werkzeuge erlauben trotz des ausgeprägten Belastungskollektivs längere Standwege und sind somit Garant für hohe Prozesssicherheit und ausreichende Bearbeitungsqualität.

Ein weiteres Kriterium bei der Werkzeugauswahl stellt die reproduzierbare Genauigkeit und der Rundlauf dar. Um diese Rundlaufgenauigkeiten der Werkzeuge zu erhalten, haben sich bei der Hartbearbeitung Hydrodehn- und Schrumpfaufnahmen durchgesetzt.

Begrenzte Prozesssicherheit bei der Schruppbearbeitung

Die Schruppbearbeitung hat beim Fräsen allgemein das Ziel eines möglichst hohen Zerspannvolumens. Da



Simultanes 5-Achs-Fräsen eines Schmiedegesenks

bei der Hartbearbeitung nur deutlich reduzierte Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten gegenüber der konventionellen Zerspanung möglich sind, ist ein wirtschaftliches Schruppen meist nur mit Vielzahnfräsern möglich.

Ab einer Härte von etwa 54 HRC nimmt die Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit beim Schruppen zunehmend ab. Das Schruppen bei Werkstoffhärten um 60 HRC erfolgt daher meist nur bei sehr günstigen Randbedingungen.

Handlungsbedarf bei den CAM-Systemen

Selbst wenn aus der Sicht der Fräs- werkzeughersteller die Voraussetzungen für die komplette Hartbearbeitung geschaffen wurden, so besteht derzeit noch ein erheblicher

Handlungsbedarf bei der Umsetzung von angepassten Frässtrategien in den am Markt verfügbaren CAM-Systemen. Die Strategien zur Hochgeschwindigkeits-Fräsbearbeitung lassen sich nicht ohne weiteres auf die Hartbearbeitung übertragen. Insbesondere sind hier spezielle Strategien für die Schruppbearbeitung, die sichere Vermeidung von Nutschnitten und Gegenlaufräsen sowie eine Vorschubanpassung bei kritischen Eingriffssituationen zu nennen. Um möglichst auf die funkenerosive Bearbeitung von Teilbereichen verzichten zu können, sind spezielle Strategien für das belastungsoptimale Fräsen von Hohlkehlen und Nuten notwendig. Gerade bei der Hartbearbeitung sind in der NC-Programmierung die Erfahrungen der Maschinenbediener besonders wichtig, da selbst kleine Fehler in den Programmen zu einem Werkzeugbruch führen können.

Angepasstes Maschinenkonzept

Nicht jede Maschine, die über eine ausreichende Dynamik für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung verfügt, ist auch zum Hartfräsen geeignet. Hohe Bearbeitungsgenauigkeiten sind nur bei einer hohen Steifigkeit der Maschine gewährleistet. Zur Einhaltung möglichst konstanter Schnittbedingungen ist die Beschleunigung der Maschine entscheidend.

Durch die Anpassung der Vorschübe in den NC-Programmen an das Zerspanvolumen und die auftretenden Kräfte mit Hilfe einer speziellen Software kann die Hartbearbeitung oftmals erst ermöglicht werden. Um die Auskraglänge der Fräser auf ein Minimum zu begrenzen ist vielfach eine Anstellung der Werkzeuge notwendig. Daher erweitert eine Maschine mit einer 3+2-Achs-Kinematik die Anwendungsmöglichkeiten des HartfräSENS erheblich, allerdings mit Einschränkungen hinsichtlich der Steifigkeit und Genauigkeit der Fräsmaschine.

Vorteile <ul style="list-style-type: none"> • Komplettbearbeitung in einer Aufspannung • Verkürzung der Prozesskette • Erhöhung der Oberflächenqualität und Geneuigkeit und/oder Verringerung der Bearbeitungszeit 	Einsatzgrenzen <ul style="list-style-type: none"> • Schruppbearbeitung > 50 HRC problematisch • Stabile und möglichst kurze Fräser notwendig • Steifes Maschinenkonzept und robuste Spindeln erforderlich
Stand der Technik <ul style="list-style-type: none"> • Schlichtbearbeitung < 64 HRC sicher möglich (gute Oberflächenqualität, akzeptable Standwege) • Schnittgeschwindigkeiten gegenüber HSC-Bearbeitung deutlich reduziert • Belastungsoptimierte Vorschubanpassung der NC-Programme 	Entwicklungstrends <ul style="list-style-type: none"> • Simultane 5-Achs-Bearbeitung von Gesenken (Hexapoden) • Integration von Hartfrässtrategien in CAM-Systeme • Bearbeitung aufgeschweißter Werkstoffe und pulver-

Zielsetzung und Potentiale beim Hartfräsen

Entwicklungstrends und Perspektiven

Für neue Maschinenkinematiken, wie z.B. die Hexapodstrukturen, ergeben sich mit dem Hartfräsen interessante Anwendungsgebiete. Gerade bei Schmiedegesenken wird eine simultane 5-Achsbearbeitung möglich. Vorteile liegen hier in der optimalen Anstellung der Werkzeuge mit angepassten Frässtrategien auch bei einer flächenübergreifenden Bearbeitung. Weiterhin kann zukünftig durch die Laserintegration in Fräsmaschinen das laserunterstützte Fräsen ermöglicht werden, wodurch deutlich höhere Zerspanvolumen bei den schwer zerspanbaren Stählen möglich sind. Um das Hartfräsen auch bei der

Bearbeitung sehr anspruchsvoller Werkstoffe wirtschaftlich einzusetzen, ist eine Weiterentwicklung der Prozesstechnologie notwendig. Hierzu gehört das Fräsen von reparatur- bzw. aufgeschweißten Formen sowie von pulvermetallurgisch erzeugten Stählen.

Chance zur Kostenreduzierung

Die Hartbearbeitung birgt für den Werkzeug- und Formenbau viele Chancen zu einer Reduzierung von Kosten und Durchlaufzeiten. Die Potenziale sind jedoch bauteilabhängig und erfordern zur Erschließung eine leistungsfähige und abgestimmte Prozesskette.

Bereits bei der Bauteilkonstruktion können wesentliche Hürden für eine komplette Hartbearbeitung vermieden werden. Die erfolgreiche Anwendung dieser Technologie hängt entscheidend von der individuellen Erfahrung der Mitarbeiter und der Abgrenzung Fräsen vs Erodieren ab. Zukünftig wird derjenige Werkzeug- und Formenbau konkurrenzfähig sein, der die neuen Technologien spezifisch einsetzt und Fertigungsfolgen kostenoptimal planen kann.

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Steffen Knodt
Telefon 02 41/89 04-1 21
E-Mail knodt@ipt.fhg.de



Impressum

Impressum

FoKus - Newsletter
Ausgabe 3/2001
Oktober 2001

Herausgeber

Fraunhofer-Demonstrationszentrum
Formen für die Kunststoffverarbeitung
FoKus

Redaktionsanschrift

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnologie IPT
Steinbachstraße 17
D-52074 Aachen
Telefon 02 41/89 04-1 80
Telefax 02 41/89 04-1 98

Redaktion

Dipl.-Ing. Carsten Freyer (verantwortlich)
Ricarda Krause

Graphik, Layout

Ricarda Krause

Photos

Fa. Otto Deuschle
Fa. Gerhard Kläger
Fraunhofer IPK
Fraunhofer ICT
Heidi Peters, Fraunhofer IPT

Druck

Rhiem Druck GmbH, Voerde

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vollständiger Quellenangabe und nach Rücksprache mit der Redaktion. Belegexemplare werden erbeten.

Die Institute des FoKus

Ihre Ansprechpartner

Fraunhofer-Institut für
Chemische Technologie ICT
Dr.-Ing. Bernd Bader
Telefon 07 21/46 40-4 08
E-Mail bba@ict.fhg.de

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnologie IPT
Dipl.-Ing. Carsten Freyer
Telefon 02 41/89 04-1 24
E-Mail freyer@ipt.fhg.de

Beteiligte Institute

Fraunhofer-Institut für
Angewandte Polymerforschung IAP,
Golm

Fraunhofer-Institut für
Produktionsanlagen und Konstruktions-
technik IPK,
Berlin

Fraunhofer-Institut für
Schicht- und Oberflächentechnik IST,
Braunschweig

Fraunhofer-Institut für
Silicatiforschung ISC,
Würzburg

Fraunhofer-Institut für
Werkzeugmaschinen und Umform-
technik IWU,
Chemnitz

Institut für
Kunststoffverarbeitung IKV,
Aachen

Wie Sie uns finden

Fraunhofer-Demonstrationszentrum
Formen für die Kunststoffverarbeitung
Geschäftsstelle
Dr.-Ing. Peter Elsner
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal (Berghausen)
<http://fokus.fhg.de>

