

Effiziente Prozessketten für die Gießereiindustrie

Überführung von Potentialen aus der Forschung und Entwicklung auf die vor- und nachgelagerten Prozesse moderner Gussprodukte

Von Dr.-Ing. Edgar Fries, Sascha Reinkober und Johannes Mankiewicz

Eine ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette bei der Einführung von modernen Gussprodukten bietet umfangreiche Potentiale zur Effizienzsteigerung. Diese reichen vom Design und der Simulation über den Formenbau bis hin zu Nachbearbeitungs- und Reinigungsstrategien für Werkzeuge und Produkte. So birgt insbesondere die Kombination von verschiedenen neuartigen, aber auch etablierten Fertigungslösungen die Möglichkeit zu Einsparungen über den gesamten Produktionsprozess. Für die Nachbearbeitung von additiv hergestellten Teilen eignen sich beispielsweise Strahlverfahren mit Kohlenstoffdioxid ebenso wie Schleifen und Polieren mittels Strömungstechniken.

1 Design und Auslegung

Mithilfe der verfügbaren Rechner- und Softwaretechnik erfolgt die Produktbewertung bereits innerhalb des Produktentstehungsprozesses, noch bevor der erste Prototyp gefertigt ist. Durch simulationsgestützte Methoden werden Produktionsfehler und Ausfallzeiten bereits frühzeitig vermieden und reduziert, sowie Prozessketten schon im Stadium der Produktplanung optimiert und verkürzt. Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin nutzt im Zuge seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeiten modernste Simulationstools, um Materialeinsparungen sowie Gewichtsoptimierungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der mechanischen, thermischen und materialwissenschaftlichen Anforderungen an das Bauteil zu bestimmen (Abb. 1). Als Nebeneffekt wird die Zuverlässigkeit und Performance der Bauteile gesteigert.

Weiterhin wird die Simulation genutzt, um die Zugänglichkeit von Funktionsoberflächen für die spätere Nachbearbeitung durch Trennen, Fräsen, Schleifen oder andere Sichtverfahren der Reinigungs- und Oberflächentechnik zu verifizieren. Diese Anwendung ist insbesondere im Bereich des Formenbaus mittels additiver

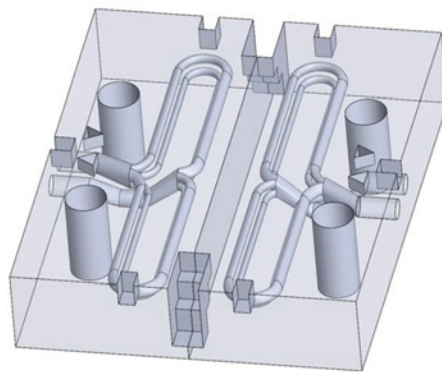


Abb. 2: Design und Umsetzung von komplexen Kühlgeometrien in Gussformen mittels additiver Fertigungsverfahren

Fertigungstechnologien von zunehmender Bedeutung.

2 Individuelle und komplexe Gusswerkzeuge durch additive Fertigungsverfahren

Die additiven Fertigungsverfahren sind nicht nur für die Herstellung von geometrisch komplexen Dauerformen oder Gusskernen, wie sie unter anderem für den Kunststoffspritzguss zunehmend nachgefragt werden, von Bedeutung (Abb. 2). Insbesondere bei der Realisierung von individuellen Kühlkonzepten können durch

additive Fertigungsverfahren, wie dem Selektive-Laser-Melting (SLM), leistungsfähige und prozessoptimierte Formen hergestellt werden, welche die Betriebswirtschaftlichkeit und Effizienz in der Produktherstellung entscheidend verbessern können.

In aktuellen Entwicklungsprojekten werden so mittels additiver Fertigungsstrategien Gusskonturoberflächen nahe Kühlgeometrien umgesetzt, die auf fertigungstechnischem Wege nicht realisierbar wären. Auf diese Weise realisierte Kühlstrategien tragen zu einer Reduktion der Zykluszeiten um bis zu 30 % bei. Die konturnahe Kühlung der Formen erlaubt darüber hinaus das definierte Aufwärmen und Abkühlen der Oberflächen, wie sie bei der Herstellung von komplexen Gussteilen mit unterschiedlichen Wandstärken benötigt werden.

3 Hochleistungsfertigungsverfahren für den modernen Formenbau

Für die Bearbeitung und Formgebung von Gussformen mit hoher Standzeit aus

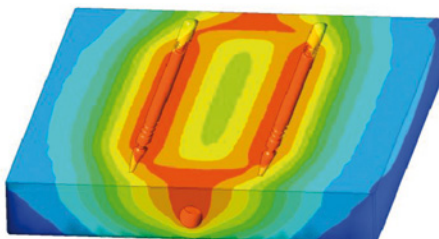


Abb. 1: Simulationsgestützte Auslegung der Kühlgeometrien in Spritzgusswerkzeugen zur Verkürzung der Taktzeiten

gehärtetem oder vergütetem Werkzeugstahl werden leistungsfähige Werkzeug- und Maschinensysteme benötigt. In diesem Zusammenhang bieten Fräswerkzeuge mit CBN-Schneidplatten und teilweise keramische Fräswerkzeuge ein erhebliches Einsparpotential. Die Applikation dieser Werkzeuge führt zur deutlichen Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit sowie der Senkung von Durchlaufzeiten und ist Bestandteil der Forschungsschwerpunkte am Fraunhofer-IPK in Berlin (Abb. 3).

Im Vergleich zu konventionellen Fräswerkzeugen werden so das bis zu dreifache Zeitspannungsvolumen erzielt und Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1000 m/min erreicht. Voraussetzung hierfür sind stabile Aufspannsituationen in Verbindung mit geeigneten CAM-Bearbeitungsstrategien, die auf Basis der langjährigen Erfahrungen ermittelt werden. Darüber hinaus nutzt das IPK simulationsgestützte Entwicklungsroutinen, um die Aufspannungen bedarfsgerecht auszulegen. So konnten für einzelne Bearbeitungsfälle signifikante Reduktionen der Schwingungen und Oberflächengeschwindigkeiten erzielt werden, wodurch sich insbesondere die Oberflächenqualität verbessert.



Abb. 3: HSC-Bearbeitung einer Testform aus gehärtetem Material mit CBN-Werkzeugen

4 Mechanische Nachbearbeitung komplexer Geometrien und Oberflächen

Handhabungsroboter haben sich zu einem fertigungsfähigen Maschinensystem weiterentwickelt. Die Basis für eine fertigungstechnische Anwendung ist dabei der Einsatz von verschiedenen Bearbeitungswerkzeugen wie Fräsern oder Polierwerkzeugen über eine konventionelle Werkzeugmaschinenspindel am Fertigungsroboter. Der Roboter besticht dabei sowohl durch seine Flexibilität als auch durch seine robuste

und reproduzierbare Arbeit am Bauteil rund um die Uhr. Das hilft, den Menschen zu entlasten und schafft eine Erhöhung der Produktivität und Produktqualität. Im Gegensatz zur klassischen CNC-Bearbeitung mit beschränktem Bauraum unterliegen robotergestützte Fertigungsprozesse lediglich der maximalen Auslegung des Gesamtsystems und bieten sich damit für die Nachbearbeitung von großen Gussformen und Bauteilen an.

Das Fraunhofer-IPK erprobt in seinem Versuchsfeld die Anwendbarkeit von robotergeführten Bearbeitungslösungen anhand von kundenindividuellen Problemstellungen. Ein Teilaspekt ist dabei die Rekonturierung von Presswerkzeugen sowie die finale Formgebung und Kantenbearbeitung an Gussbauteilen. Im Rahmen der Forschungsprojekte werden so aktuell Kraft-Momenten-Sensoren und nachgiebige Spindeln eingesetzt, um die verschiedenen Nachbearbeitungsprozesse der Anwender zu automatisieren sowie zu optimieren.

Das Potential einer robotergestützten Nachbearbeitung wird dabei insbesondere am Beispiel der mechanischen Vorbearbeitung von komplexen Gussformen oder der Nachbearbeitung von Gussprodukten deutlich (Abb. 4), welche aufgrund ihrer Größe oder Geometrie nicht mehr maschinell gehandhabt werden können. Das Entgraten, das Entfernen von Gussresten sowie die Bearbeitung von Funktionsflächen mittels Schleif- und Fräsköpfen bietet hierbei das größte Potenzial zur Automatisierung.

5 Mechanische Nachbearbeitung komplexer Innengeometrien

Für gusstechnisch produzierte Hydraulikkomponenten ist die Energieeffizienz der Produkte ein Differenzierungsmerkmal von zunehmender Bedeutung. Eine wesentliche Kenngröße für energieeffiziente Hydraulikbauteile ist ein möglichst geringer Strömungswiderstand, was eine aufwändige Nachbearbeitung von allen hydraulischen Leitungen und Wandbereichen erforderlich macht. Für Gussprodukte werden dazu in der Regel oft noch Bürsten oder Schlichtprozesse eingesetzt. Diese sind jedoch für die zunehmend komplexeren Innengeometrien nur begrenzt einsatzfähig.

Um bei der Nachbearbeitung und Oberflächenkonditionierung von hydraulischen Gussbauteilen den geometrischen Anforderungen gerecht werden zu können, entwickelt das Fraunhofer-IPK



Abb. 4: Robotergestützte Kantenbearbeitung von Aluminiumguss

Bearbeitungsstrategien zum Strömungsschleifen komplexer Innenkonturen mit geringem Aspektverhältnis, welche für konventionelle Nachbearbeitungsverfahren unzugänglich sind (Abb. 5). Für die Bearbeitung der Oberflächen wird eine abrasive Paste, die aus Schleifkörnern und einer viskosen Kunststoffmasse besteht, zyklisch alternierend durch die Innengeometrien gefördert. Je nach Gussmaterial, Innengeometrie und Nachbearbeitungsstrategie ist damit eine Reduktion der Rautiefe um bis zu 90 % möglich; dies macht die Technologie zu einer effizienten Nachbearbeitungsstrategie für komplexe Gussprodukte.

6 Effiziente Strahlverfahren zur Zwischen- und Endreinigung

Für die Zwischen- und Endreinigung von Funktionsflächen und Produkten in der Gussindustrie kommen bereits in unterschiedlichen Bereichen Strahlverfahren mit beständigen und flüchtigen Strahlmedien, wie zum Beispiel die Kohlenstoffdioxid(CO₂)-Strahlverfahren, zum Einsatz. Die Bearbeitungs- und Fertigungsaufgaben reichen dabei von der Formen- und Bauteilreinigung bis hin zum Entgraten und der Oberflächenkonditionierung. Insbesondere die CO₂-Strahlverfahren verfügen diesbezüglich über ein breites Anwendungspotential. Die Verfahrensvarianten des CO₂-Schnee- und Trockeneisstrahlens zeichnen sich durch ihren sekundärabfallfreien Einsatz und ihre hohe Leistungsfähigkeit

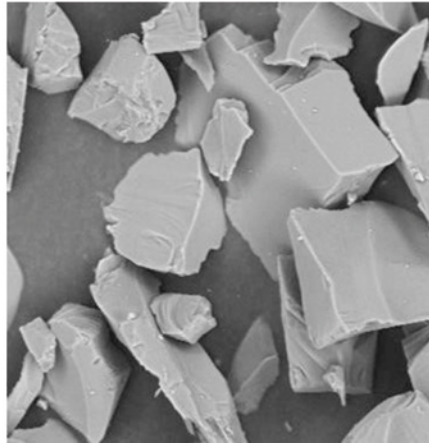


Abb. 5: Viskoelastisches polymeres Trägermedium (links) und vergrößerte Darstellung der darin enthaltenen Silicium-Carbid-Partikel (rechts) für das Strömungsschleifen



Abb. 6: CO₂-Trockeneisstrahlen (links) und CO₂-Schneestrahlen (rechts) zur Formenreinigung

insbesondere bei steigendem Temperaturgradienten zwischen Strahlmedium und kontaminiertem Substrat aus. Die strahlverfahrenstechnische Behandlung von Gussformoberflächen im warmen Zustand unmittelbar nach dem Ausformen der Teile bietet folglich die Möglichkeit zu Einsparungen in verschiedenen Reinigungsprozessen. Die Entfernung von Gussrückständen und Formtrennmitteln (Abb. 6) bietet sich insbesondere beim Entgraten von Kunststoffspritzgussprodukten an.

Neben diesen Anwendungen bieten die Strahlverfahren mit Kohlenstoffdioxid auch reinigungstechnische Maßnahmen zur Wartung und Instandhaltung von

produktionstechnischen Anlagen, wobei selbst die Reinigung von relevanten Oberflächen im laufenden Betrieb ermöglicht wird und somit kostenintensive Stillstandzeiten vermieden werden können.

7 Zusammenfassung

Schon bei der Produktentwicklung können neben der simulationsgestützten Auslegung der Form und des Bauteils auch die Spanfähigkeit, die Werkzeugzugänglichkeit und die Reinigung berücksichtigt werden. Für die Entwicklung und den Einsatz individueller Sonderwerkzeuge bieten additive Fertigungsverfahren vollkommen neue Anwendungsmöglichkeiten. Darüber hinaus

können Industrieroboter dazu beitragen, die Prozesssicherheit und Effizienz in der Nachbearbeitung von Formen und Bauteilen nachhaltig zu steigern. Bei ganzheitlicher Betrachtung der Prozesskette ergeben sich dabei, von der Produktentstehung bis über den Produktionsprozess, erhebliche Potentiale zur Effizienzsteigerung.

Das Fraunhofer-IPK in Berlin unterstützt seine Industriepartner in diesem Zusammenhang bei der Prozessanalyse, den technologischen Machbarkeitsbetrachtungen bis hin zur Prototypenentwicklung und Praxiseinführung in bilateralen sowie öffentlichen Forschungsprojekten. Über die unmittelbare Verfügbarkeit der verschiedenen Technologien in einem Haus werden dabei schon im Rahmen der Entwicklung auch komplexe Prozessketten praxisnah abgebildet.

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK)
Pascalstraße 8–9, D-10587 Berlin
Dr.-Ing. Edgar Fries; E-Mail: edgar.fries@ipk.fhg.de
M. Sc. Sascha Reinkober; E-Mail: sascha.reinkober@ipk.fraunhofer.de

➔ www.ipk.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Fraunhofer IPK-Kompetenzbroschüre: Industrieroboter als Bearbeitungsmaschine; Berlin 2015 – Brancheninformation; www.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/IPK/publikationen/themenbroschueren/Roboter_CoC_Broschuere_Web.pdf
- [2] Fraunhofer IPK-Kompetenzbroschüre: Additive Fertigungstechnologien; Berlin 2015 – Brancheninformation; www.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/IPK/geschaeftsfelder/ps/fer/CoC_Additive_Fertigungstechnologien.pdf
- [3] Fraunhofer IPK-Kompetenzbroschüre: Trockene und rückstandsfreie Bearbeitungstechnologien; Berlin 2015 – Brancheninformation; www.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/IPK/publikationen/themenbroschueren/CO2-CoC-Broschuere_Web.pdf
- [4] Fraunhofer IPK - Kompetenzbroschüre: Bearbeitung von Hochleistungswerkstoffen; Berlin 2015 – Brancheninformation