

iwb newsletter

2

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh | Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart | Technische Universität München | www.iwb.tum.de

Steigerung der Genauigkeit von Fräsrobotern mit minimalem Sensoreinsatz

Industrieroboter werden aufgrund ihrer hohen Flexibilität und der inzwischen geringen Investitionskosten in zunehmendem Maße für Bearbeitungsaufgaben in der Fertigung eingesetzt. Hierzu zählt unter anderem das roboterbasierte Fräsen, das gegenüber der Bearbeitung mit konventionellen Werkzeugmaschinen in bestimmten Anwendungsbereichen hohes Einsparpotenzial birgt.

Ausgangssituation

Bislang beschränkt sich die spanende Bearbeitung mit Industrierobotern auf Prozesse mit niedrigen Genauigkeitsanforderungen und geringen Zerspankräften. Dies

ist, verglichen mit Werkzeugmaschinen, im Wesentlichen in der geringen Steifigkeit der Industrieroboter und der daraus resultierenden großen statischen und dynamischen Verlagerungen am Tool-Cen-

ter-Point (TCP) begründet. Bereits bei der Zerspanung von Aluminium kommt es aufgrund der wirkenden Prozesskräfte zur

(Fortsetzung Seite 2)



EDITORIAL

Die Speicherung der elektrischen Energie im Fahrzeug stellt eine der größten Herausforderungen im Bereich der Elektromobilität dar. Schlüsselfaktoren sind hierbei vor allem die Energie- und Leistungsdichte der verwendeten Energiespeicher, die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen und natürlich der Preis. Damit verbunden spielen die Material- und Produktionskosten eine essentielle Rolle. Um auch in Deutschland eine wettbewerbsfähige Serienproduktion solcher Zellen realisieren zu können, bedarf es großer Fortschritte und Innovationen in der produktionstechnischen Forschung. Das neu eröffnete Demonstrations- und Forschungszentrum für die Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen (DeLiZ) am iwb, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe im Karlsruher Institut für Technologie (KIT /PTKA-PFT) betreut wird, verfügt mit seinem ca. 50 qm großen Trockenraum, einer Anlage zum Laserstrahlschneiden und einem Zellbildungsmodul über modernste produktionstechnische Einrichtungen zur Optimierung der Fertigungs- und Montagetechnologien. Diese hervorragende technische Ausstattung bietet den Forschern am iwb die Möglichkeit, unter realen Prozessbedingungen angewandt zu forschen und verbessert die Infrastruktur am Institut entscheidend. Komplementär dazu bedarf es einer intensivierten Grundlagenforschung und des generellen Ausbaus der Forschungskompetenzen und -kapazitäten, wie dies im Konzept des Exzellenzforschungsclusters „Electromobility beyond 2020“ vorgesehen ist. Dieses hat bei der Neuauflage der Exzellenzinitiative bereits die zweite Stufe im Beantragungsprozess erreicht. Das Ziel der Wissenschaftler besteht darin, sowohl neue Materialien zur Speicherung- und Umwandlung von Energie als auch neue Geschäftsmodelle und beispielsweise innovative Steuerungsmöglichkeiten für intelligente Stromnetze zu entwickeln. Forscher aus Elektrochemie und -technik, Fahrzeug- und Produktionstechnik sowie weiteren Fachrichtungen der TUM kooperieren hier mit der Universität der Bundeswehr, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie renommierten Industriepartnern. Durch eine exzellente Ausstattung mit Forschungsgeräten und -kapazitäten wird die ganzheitliche Forschung auf dem Gebiet der Elektromobilität in idealer Art und Weise unterstützt. Trotzdem müssen insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen möglichst frühzeitig in den Technologiewandel mit einbezogen und darauf vorbereitet werden. Auch hier engagiert sich das iwb und erforscht in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik und dem Lehrstuhl für Dienstleistungsmarketing der TUM unter Leitung des Kompetenzzentrum Mittelstand (KME) bevorstehende Änderungen in der Wertschöpfungs- und Technologiestruktur des bayerischen Mittelstandes. Eine nachhaltige individuelle Elektromobilität will aus den verschiedensten Perspektiven betrachtet, erforscht und vorbereitet werden. Unser neu eröffnetes produktionstechnisches Demonstrations- und Forschungszentrum für die Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen (DeLiZ) bildet eine hervorragende Basis um mit Ihnen zusammen im Rahmen weiterer Kooperationen die Zukunft der Mobilität mitgestalten zu dürfen.

Herzlichst Ihr

statischen Abdrängung des Fräasers im Millimeterbereich. Zudem treten schon bei geringer Schnitttiefe deutliche Schwingungen auf (Rattern), die zu hohem Werkzeugverschleiß und geringer Oberflächenqualität des Werkstücks führen.

Zielsetzung

Das Ziel des hier beschriebenen Forschungsvorhabens ist es, die Genauigkeit bei der Fräsbearbeitung mit Industrierobotern zu steigern, indem die auftretenden statischen und dynamischen Verlagerungen steuerungstechnisch kompensiert werden. Diese Kompensation soll online, also während des Bearbeitungsprozesses erfolgen und für den kompletten Arbeitsraum des Roboters gültig sein. Im Hinblick auf einen späteren industriellen Einsatz wird auf kostenintensive Sensorik verzichtet.

Systemtechnik

Die Realisierung des Vorhabens erfolgt an einem System, welches den aktuellen Stand der Roboter- und Steuerungstechnik widerspiegelt. Aus diesem Grund wird ein QUANTEC Roboter der KUKA Roboter GmbH eingesetzt, welcher sich durch seine hohe Steifigkeit, Dynamik und Bahngenauigkeit auszeichnet. Die Verwendung einer KR C4-Steuerung ermöglicht es, die programmierte Roboterbahn über einen externen Regler mit sehr kurzer Reaktionszeit (2 – 4 ms) zu beeinflussen. Die Kommunikation zwischen der Robotersteuerung und dem Regelungs-PC erfolgt dabei über eine echtzeitfähige Ethernet-Verbindung. Vervollständigt wird die Roboterzelle (Abb. 1) durch eine Frässpindel der Firma HSD.

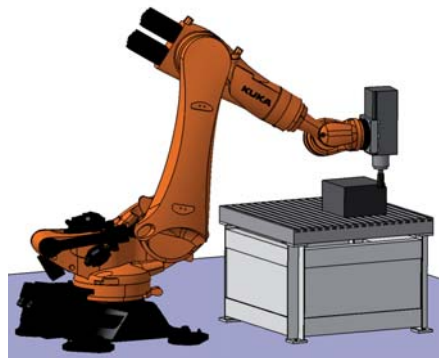


Abb. 1: Aufbau der Roboterzelle

Vorgehen

Im ersten Schritt wird das Strukturverhalten des Roboters untersucht. Durch den Einsatz des institutseigenen 3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometers ist es neben der Analyse des dynamischen Verhaltens auch möglich, das statische Verhalten des Roboters – also die Reaktion auf eine definierte Kraft – mit hohem Detaillierungsgrad zu erfassen. Die entstehenden dreidimensionalen Verformungsbilder, wie in Abb. 2 dargestellt, ermöglichen eine anschauliche Analyse des Roboterhaltens. Durch den Einsatz eines Identifikationsalgorithmus können die mechanischen Eigenschaften jeder einzelnen Roboterachse hochgenau bestimmt werden. Zusätzlich zu den Getriebeelastizitäten lassen sich auf diese Weise auch sämtliche Steifigkeitsparameter der Lager berechnen.

Auf Basis der CAD-Daten und der identifizierten Gelenkparameter wird in Matlab / Simulink ein echtzeitfähiges Mehrkörpermodell des Roboters erstellt, wel-

ches durch die Kopplung an die KR C4-Steuerung stets die aktuelle Pose des Roboters abbildet. Während der Fräsbearbeitung wird der TCP des Mehrkörpermodells mit den aktuell wirkenden Zerspankräften, die auf Basis der Motorströme bestimmt werden, belastet. Die so berechnete statische Verlagerung des TCP wird in Form eines Signals zur Bahnkorrektur an die Steuerung übertragen, sodass die ursprünglich programmierte Roboterbahn trotz der wirkenden Zerspankräfte exakt verfolgt wird. Die Schwingungen, die während des Bearbeitungsprozesses auftreten, werden über einen Beschleunigungsaufnehmer an der Spindel erfasst. Durch gezielten Achsein-

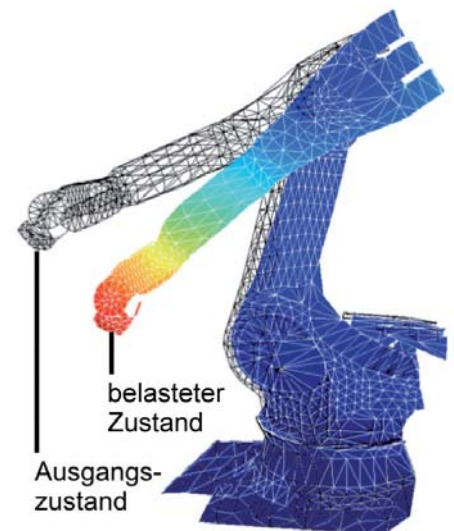


Abb. 2: Verformungsbild

griff soll diese Schwingung ohne den Einsatz zusätzlicher Aktorik reduziert werden. Eine besondere Herausforderung besteht hierbei in der Synchronisation des Korrektursignals mit dem erfassten Beschleunigungssignal, da die Reaktion des Roboters aufgrund des Zyklustakts der Steuerung verzögert wird.

Danksagung

Das Forschungsprojekt wird unterstützt von der KUKA Roboter GmbH sowie der HSD Deutschland GmbH.



Autor

Dipl.-Ing. Oliver Rösch

Themengruppe
Werkzeugmaschinen

GESTARTETE FORSCHUNGSPROJEKTE

3D Additive Manufacturing of Electrical and Electronic Applications (3DAMMEA)

01.10.2010 – 30.09.2013

Projektförderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

Kopplung von analytischen und numerischen Modellen zur Simulation thermomechanischer Wechselwirkungen während der Fräsbearbeitung komplexer Werkstücke

01.12.2010 – 30.11.2012

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG Schwerpunktprogramm 1480)

Methodische Auslegung von berührungslosen Handhabungssystemen mittels Leistungsultraschall

01.01.2011 – 31.12.2012

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Gestaltung eines industriell einsetzbaren Telepräsenzsystems für die Präzisions- und Mikro-montage (SFB 453, TP07)

01.01.2011 – 31.12.2013

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Fügezentrum für Leichtbaustrukturen (SFB TR 10, A11)

01.01.2011 – 31.12.2014

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Simulation des thermischen Fügens von Leichtbaustrukturen (SFB TR 10, B4)

01.01.2011 – 31.12.2014

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Statistische Kostensimulation zur Erhöhung der Planungssicherheit

Die Abschätzung der Herstellkosten zukünftiger Bauteile stellt aufgrund ungenauer Daten in der Planungsphase oftmals eine Herausforderung dar. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Studie zur Fertigung und Montage von Turbinenblisksen für hohe Belastungen – Teilbereich Produktionstechnik“ wird deshalb zusammen mit dem Projektpartner MTU Aero Engines GmbH die statistische Kostensimulation zur Erhöhung der Planungssicherheit untersucht.

Problemstellung

Bei der Planung neuer Produkte sind niedrige Herstellkosten nach wie vor eines der wichtigsten Kriterien. Meist stehen mehrere Fertigungsalternativen zur Verfügung, die möglichst früh in der Produktentwicklung aus monetärer Sicht bewertet werden müssen. Dabei stellen Unsicherheiten aufgrund ungenauer Daten eine Herausforderung dar. Deshalb wird eine Möglichkeit untersucht, die Unsicherheitsbereiche bei der Schätzung von Herstellkosten zu verkleinern und damit die Planungssicherheit zu erhöhen und das Risiko für Fehlentscheidungen zu senken.

Lösungsansatz

Ein etabliertes Vorgehen zur Ermittlung der Herstellkosten ist das Aufsummieren aller Prozesskosten, die vorher durch eine Maschinenstundensatzrechnung bestimmt wurden. Die zu Beginn beschriebenen Unsicherheitsbereiche ergeben sich daraus, dass die zur Berechnung erforderlichen Prozesszeiten aufgrund vieler Einflussparameter anfangs lediglich als ungefähre Werte definiert werden können. Diese Unsicherheiten fließen in die Einzelprozesskosten ein und summieren sich über die Länge der Prozesskette hinweg auf, sodass bei einer üblichen Min-Max-Betrachtung ein

breiter Bereich der möglichen Herstellkosten entsteht. Im Rahmen dieses Projektes wird deshalb eine statistische Betrachtung angestellt. Diesem Ansatz liegt zugrunde, dass die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen der jeweils minimalen bzw. maximalen Herstellkosten bei allen Prozessen sehr gering ist. Für die Umsetzung wird eine so genannte Kostensimulation eingesetzt. Darunter versteht man eine Materialflusssimulation, die um eine Kostenrechnung erweitert wird. Die eingesetzte Software ermöglicht Wahrscheinlichkeitsverteilungen als Eingangsdaten der einzelnen Prozesse zu verwenden, sodass Prozesszeiten beispielsweise als Gleich- oder Normalverteilung mit den entsprechenden Parametern hinterlegt werden können. Bei der Durchführung eines Simulationslaufs wird anschließend für jedes Bauteil bei jedem Prozess eine konkrete Prozesszeit gemäß den hinterlegten Verteilungsparametern zufällig ausgewählt. Entsprechend einer Monte-Carlo-Simulation erfolgt die statistische Absicherung durch die Simulation mehrerer tausend Bauteile, die die gesamte Prozesskette durchlaufen.

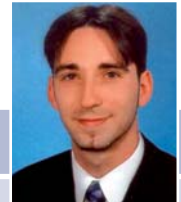
Erste Ergebnisse

Die Abbildung zeigt exemplarisch erste Ergebnisse für die ausschließliche Betrachtung

von Maschinenkosten. Durch die statistische Kostensimulation mit Gleichverteilungen der Prozesszeiten konnte bezogen auf die Min-Max-Betrachtung der Unsicherheitsbereich bei Annahme eines 95%-Konfidenzintervalls um mehr als 80% reduziert werden. Bei zusätzlicher Berücksichtigung von Personalkosten, die im nächsten Schritt geplant ist, ist eine weitere Steigerung der Planungssicherheit zu erwarten. Weiterhin sollen die Einflüsse der Prozesskettenlänge sowie unterschiedliche Verteilungsformen und -parameter untersucht werden.

Danksagung

Für die enge Zusammenarbeit in diesem Projekt geht ein besonderer Dank an die MTU Aero Engines GmbH.



Autor

Dipl.-Ing. Alexander Götzfried

Geschäftsfeld Fertigungstechnik
am Anwenderzentrum Augsburg

TERMINE

23. Deutscher Montagekongress
08. – 09.06.2011, München

**Netzwerkabend RFID-
"Transfermarkt"**
30.06.2011, Garching

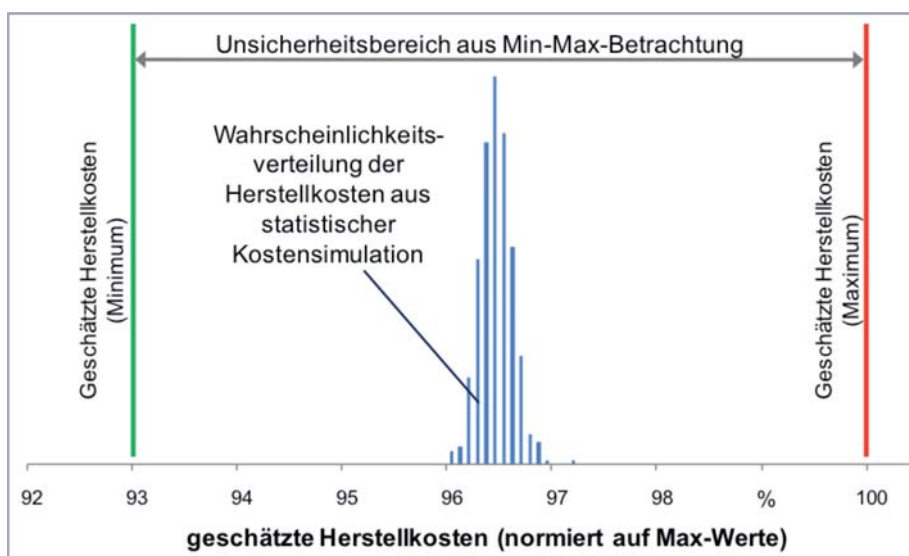
**Additive Fertigung – Innovative
Lösungen zur Steigerung der
Bauteilqualität bei additiven
Fertigungsverfahren**
07.07.2011, Augsburg

**Montagetechnikseminar:
"Ressourceneffizienz durch
Prüf- und Reinigungsprozesse
in der Montagetechnik"**
07.07.2011, Augsburg

münchener kolloquium
6.10.2011, Garching

CARV 2011
02. – 05.10.2011, Montreal CA

**Tag der offenen Tür auf dem
Forschungscampus Garching**
15.10.2011, Garching



Vergleich der geschätzten Herstellkosten

FSW-Demonstrator zeigt Potenziale des Verfahrens

Drei verschiedene Mischverbindungen, drei unterschiedliche Stoßarten und Schweißen mit 4 m/min – alles mit einem einzigen Fügeverfahren, dem Rührreißschweißen (engl.: Friction Stir Welding, FSW). Das sind die Herausforderungen, denen sich das Forschungsfeld Rührreißschweißen mit dem FSW-Demonstrator stellte, der zum münchener kolloquium 2010 aufgebaut wurde. Ziel war es, verschiedene Aspekte und Potenziale des innovativen Fügeverfahrens in einer handlichen und nützlichen Schweißkonstruktion zu veranschaulichen. Dabei standen insbesondere die Realisierung von Mischverbindungen sowie hoher Schweißgeschwindigkeiten im Vordergrund. Das Ergebnis ist ein multifunktionales Versuchswerkstück, das sich gut als „give-away“ eignet.

FSW ist ein wärmearmes Fügeverfahren mit Prozesstemperaturen unterhalb der Solidustemperatur des Werkstoffs. Daraus ergeben sich zwei wesentliche Vorteile: Zum einen sind stoffschlüssige Mischverbindungen von Werkstoffen möglich, die mit konventionellen Schmelzschweißverfahren nicht schweißbar sind, wie z. B. Aluminium und Stahl. Zum anderen weist eine FSW-Naht sehr gute mechanische Eigenschaften, d.h. hohe Festigkeit und Duktilität, auf. Mit dem FSW-Demonstrator werden diese positiven Eigenschaften des Verfahrens auf kleinstem Raum in einem Produkt plakativ dargestellt. Als Anlagentechnik diente ein NC-Fräsbearbeitungszentrum MCH 250 der Firma Heller.

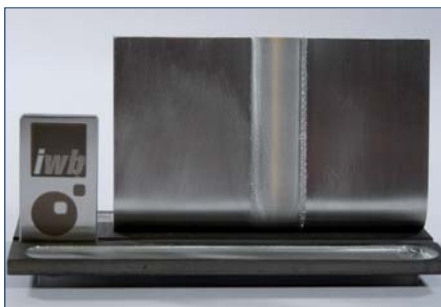


Abb. 1: FSW-Demonstrator "Visitenkartenhalter"

FSW-Demonstrator

Neben verschiedenen Fügestößen, wie z. B. Stumpf-, Überlapp- und T-Stoß, wurden folgende Mischverbindungen realisiert:

- **M1**
Aluminium-Druckguss AlSi10MnMg – Kunststoff Polypropylen
- **M2**
Aluminium-Druckguss AlSi10MnMg – Aluminium-Knetlegierung EN AW-6060
- **M3**
Aluminium-Druckguss AlSi10MnMg – Edelstahl X5CrNi18-10

Weiterhin wurde vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit eine Schweißgeschwindigkeit von 4 m/min erreicht. Auf die einzelnen Prozessschritte wird im Folgenden genauer eingegangen.

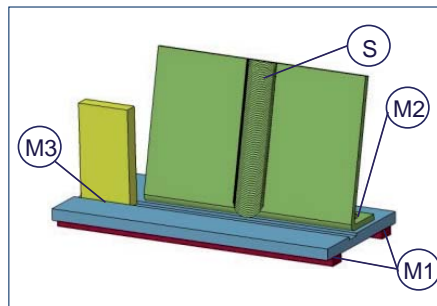


Abb. 2: CAD-Modell "Visitenkartenhalter"

M1: Aluminium-Druckguss – Kunststoff

An die Unterseite der Aluminium-Druckguss-Patte (blau) werden Kunststoffleisten (rot) in Form eines Überlappstoßes (M1) geschweißt. Die Anbindung erfolgt lediglich aufgrund von Druck und Reibungswärme, die vom rotierenden Werkzeug im Oberblech erzeugt werden, wobei der Werkzeug-Pin den Kunststoff nicht berührt. Im Vorfeld ist jedoch eine Behandlung der Aluminiumoberfläche durch Anodisieren erforderlich. Hierbei wird mithilfe anodischer Oxidation eine 5 bis 25 µm dicke, künstliche Oxidschicht aufgebracht, die etwa um den Faktor 1000 dicker ist als die natürliche Oxidschicht. Es entsteht somit ein feinporiges Mikrogefüge mit Hinterschnitten, in das der Kunststoff unter Druck und Wärme eindringt. Tieferegehende Untersuchungen zum Fügen von Aluminium und Kunststoff erfolgen im Rahmen des Sonderforschungsbereich Transregio 10 Teilprojekt T7 (s. *iwb*-newsletter 4/2010, Dezember 2010).



Abb. 3: Mischverbindung Al-Guss (oben) und Edelstahl

M2: Aluminium-Druckguss – Aluminium-Knetlegierung

Die Mischverbindung M2 wird ebenfalls als Überlappstoß ausgeführt, wobei die Werkzeugschulter mit der Aluminium-Knetlegierung, dem Oberblech im Überlapp, in Kontakt steht. Im Gegensatz zum Überlappstoß M1 taucht der Pin hier jedoch in das Unterblech (blau) mehrere Zehntel Millimeter ein.

M3: Aluminium-Druckguss – Edelstahl

Eine hinsichtlich der Werkstoffpaarung und Stoßgeometrie anspruchsvolle Mischverbindung stellt M3 dar. Hier wird ein lasergravierter Edelstahlblock im T-Stoß über eine Naht an der Unterseite der Grundplatte an diese geschweißt. Der Pin dringt dabei nur etwa 0,1 bis 0,2 mm in den Edelstahl ein. Trotz der geringen Durchmischung der beiden Fügepartner ist eine hohe Belastbarkeit der Schweißnaht auf Biegung gegeben.

S: Schweißen mit 4 m/min

Neben den vorgestellten Mischverbindungen beinhaltet der FSW-Demonstrator einen mit 4 m/min geschweißten Stumpfstoß S der Dicke 2 mm. Um den Werkstoff (grün) bei dieser Vorschubgeschwindigkeit hinreichend zu plastifizieren, rotiert das Werkzeug mit der maximalen Spindeldrehzahl von 6000 U/min. Durch die anschließende Biegung des geschweißten Blechs um über 90 Grad wird die hohe Duktilität und mechanische Belastbarkeit der FSW-Naht verdeutlicht.

Danksagung

Ein besonderer Dank geht an die Firma EADS Innovation Works in Ottobrunn für das Anodisieren der Aluminium-Druckguss-Platten.

Ein Video dazu findet sich auf unserer Homepage unter:
www.iwb.tum.de/FSW_4m_min

Autor



Dipl.-Ing. Andreas Roth

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

Rührreißschweißen von Tankstrukturen für Trägerraketen

Das *iwb* wird sich zukünftig an der Entwicklung von Schlüsseltechnologien, die bei der Herstellung von Leichtbauteilen zum Einsatz kommen sollen, beteiligen. Mit dem Überreichen der Bewilligungsurkunde durch den bayerischen Wirtschaftsminister Martin Zeil fiel am 10. November 2010 der Startschuss für das dreijährige Verbundprojekt „ISAR - Innovativer Spinformprozess für hochfeste Aluminiumlegierungen und Rührreißschweißtechnik“.

Mehr als vier Meter Tankdurchmesser

Im Zuge der Entwicklungen für die kommenden Generationen leistungsfähiger Trägerraketensysteme sollen Tankdimensionen realisiert werden, deren Durchmesser die derzeit erhältlichen Blechband-Breiten überschreitet. Für den Fertigungsprozess bedeutet dies, dass die Rohplatten vor ihrer Umformung zunächst aus mehreren Einzelementen zu fügen sind.

Kombination der Umform- und Füge-technik

Das Verbundvorhaben ISAR befasst sich mit der Entwicklung eines innovativen Herstellungsprozesses, welcher neue Maßstäbe in der Fertigung von Tankstrukturen setzen soll. Das Ziel des Projektes ist es, durch die Kombination der Verfahren Rührreißschweißen und Spinforming eine kostengünstige Herstellung massereduzierter Kryogentanks aus einer aushärtbaren Aluminium-Kupfer-Lithium-Legierung zu ermöglichen. Die besondere Herausforderung definiert sich dabei durch die enormen Belastungen der Schweißnaht, die mit dem nachfolgenden Umformprozess sowie mit der abschließenden Wärmebehandlung einhergehen. Hierfür bietet der schonende Prozess des Rührreißschweißens eine geeignete Ausgangssituation, obgleich diese spezielle Aluminiumlegierung als besonders problematisch in der schweißtechnischen Bearbeitung gilt.

Projektkonsortium

Die Kompetenzen des *iwb* im Bereich des Rührreißschweißens und der Prozesstechnik werden ideal durch die langjährige Erfahrung der MT Aerospace AG (Konsortialführung) ergänzt. Durch die intensive Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Fertigungstechnologie (LFT) der Universität Erlangen-Nürnberg sowie dem Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg wird zudem das erforderliche Fachwissen auf dem Gebiet der Umform- und Werkstofftechnik sichergestellt.

Arbeitsinhalte und Vorgehen

Die Aufgabenbereiche des *iwb* umfassen neben der Prozessanalyse des Rührreißschweißens auch die Entwicklung und Konstruktion der erforderlichen Betriebsmittel. Der Fokus konzentriert sich hierbei auf anwendernahe Konzepte, die mit geringem Aufwand in der Serienfertigung umsetzbar sind. Exzellente Nahtqualitäten sowie eine herausragende, reproduzierbare Prozessperformance sind dabei als Ziel zu verstehen. So werden beispielsweise im Bereich der Werkzeugentwicklung innovative Fertigungstechnologien herangezogen, um die Konturen des Werkzeuges entsprechend den Erfordernissen der Werkstücke gezielt zu modifizieren. Der Einsatz hochentwickelter Werkzeugwerkstoffe stellt in diesem Zusammenhang die erforderlichen Standzeiten der Werkzeuge sicher. Daneben zielen weitere Forschungstätigkeiten



Der bayerische Wirtschaftsminister Martin Zeil gemeinsam mit den beteiligten Projektpartnern

auf die Entwicklung eines lokalen Reparaturverfahrens ab, welches in der Lage ist, eventuell auftretende Schweißnahtunregelmäßigkeiten auch an bereits fertiggestellten Bauteilen auszubessern.

Danksagung

Dieses Projekt wird im Rahmen des BayernFIT-Programmes durch Mittel des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie über einen Zeitraum von drei Jahren gefördert. Als Projektträger stellt sich die Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) zur Verfügung.



Autor

Dipl.-Ing. /
Schweißfachingenieur
Sahin Sünger

Themengruppe Füge-
und Trenntechnik

Forschungsverbund plawamo – Planung, Gestaltung und Betrieb wandlungsfähiger Montagesysteme

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts „plawamo“ werden am *iwb* neuartige Konzepte zur Gestaltung wandlungsfähiger Montagesysteme und Betriebsmittel entwickelt. Angestrebt wird, in Zeiten kürzer werdender Produktlebenszyklen, produzierende Betriebe in die Lage zu versetzen ihre Montagesysteme schnell und mit geringem Aufwand an die geänderten Anforderungen des Marktes anzupassen.

Zielsetzung

Das Verbundprojekt plawamo hat die Planung, Gestaltung und den Betrieb wandlungsfähiger Montagesysteme zum Ziel. Hierbei werden die in der industriellen Praxis weit verbreiteten manuellen und hybriden

Montagesysteme fokussiert. Neben der Auswahl und Gestaltung geeigneter Montagesystemstrukturen ist hierfür insbesondere die Entwicklung einer für die angestrebte Wandlungsfähigkeit geeigneten Montagetechnik erforderlich. Bisher sind



umfassende Anpassungsmaßnahmen von Montagesystemen erforderlich, die üblicherweise als Projekte durchgeführt werden und somit außerordentliche Anstrengungen darstellen. Die Projektergebnisse sollen kleine und mittelständische Indus-

triebetriebe künftig in die Lage versetzen, einen Wandel ihrer Montage als Teil des Tagesgeschäfts abzuwickeln.

Projektkonsortium

Das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) hat in dem Verbundprojekt die Projektkoordination übernommen. Neben dem *iwb* als Forschungspartner wirken zahlreiche Industriebetriebe als Technologie- und Anwendungspartner in diesem Projekt mit:

- Karl Dungs GmbH & Co. KG
- Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG
- Kemmler+Riehle GmbH & Co. KG
- Metabowerke GmbH
- Neugart GmbH
- plavis GmbH
- SCHUNK GmbH & Co. KG
- teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH

Vorgehen

Zunächst wird die Wandlungsfähigkeit bestehender Montagesysteme und Betriebs-

mittel analysiert und beurteilt, um davon ausgehend die Handlungsfelder zu konkretisieren. Zusätzlich werden typische Wandlungsszenarien, d.h. Fälle in denen ein Wandel von Montagesystemen auftritt bzw. auftreten kann, identifiziert und ganzheitlich bewertet.

Für die angestrebten wandlungsfähigen Montagebetriebsmittel wird ein funktionsorientiertes Modularisierungskonzept mit skalierbaren Schnittstellen angestrebt. Skalierbarkeit bezeichnet hierbei die Möglichkeit auf Änderungen des Systems mit proportionalem Anpassungsaufwand bei den Schnittstellen zu reagieren (d.h. eine geringfügige Vergrößerung des Systems führt nicht zu einem viel höheren Aufwand für die Schnittstellengestaltung). Zusätzlich wird eine wandlungsgerechte Anbindung der Montagetechnik an übergeordnete Softwaresysteme (z.B. Enterprise Resource Planning, ERP) entwickelt. Ziel ist die Ableitung von allgemeingültigen Richtlinien und Regeln für die Gestaltung von Pro-

zessmodulen und Betriebsmitteln. Zusammen mit den Verbundpartnern werden einzelne Module prototypisch umgesetzt und erprobt.

Die entwickelten Montagetechnikkonzepte werden mit den im Projekt entstandenen neuen Ansätzen zur Gestaltung wandlungsfähiger Montagesystemstrukturen und einer entsprechend aufgebauten Logistik in neuartige Planungs- und Steuerungssysteme für den Betrieb wandlungsfähiger Montagesysteme einfließen. Hierfür werden geeignete Kriterien zur Bestimmung der Wandlungsfähigkeit definiert und in entsprechender Form visualisiert. Diese Planungs- und Steuerungssysteme sollen Wandlungsszenarien mit abbilden und dem Unternehmen, welches diese einsetzt, eine Durchführung von Wandlungsvorgängen im Rahmen des normalen Betriebsablaufes ermöglichen.

Danksagung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

Entwicklung von technischen Anlagensicherheitskonzepten für Hochleistungslaser der neuesten Generation

01.07.2008 – 31.09.2010

Projektförderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF)

Mikrobearbeitung von Stichtiefdruckplatten

15.02.2008 – 15.10.2010

Projektförderer: Bayerische Forschungsstiftung

Sonderforschungsbereich Transregio 10

Teilprojekt A11: Fügezentrum zur Integration dreidimensionaler Naht- und Stoßgeometrien

01.01.2007 – 31.12.2010

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Sonderforschungsbereich Transregio 10

Teilprojekt B4: Simulation des thermischen Verbundfügens

01.01.2007 – 31.12.2010

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Sonderforschungsbereich Transregio 10

Teilprojekt C7: Durchgängige Bauteil-Struktursimulation für Fertigungsprozessketten

01.01.2007 – 31.12.2010

Projektförderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Forschungsverbund: FitForAge – Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen

Teilprojekt III-1: Montagesysteme und -strukturen

Teilprojekt III-3: Roboterunterstützung an manuellen Montagearbeitsplätzen

01.01.2008 – 31.12.2010

Projektförderer: Bayerische Forschungsstiftung

Erarbeitung von Konzepten zur Bewertung der Eignung von Anlagen für das Friction Stir Welding sowie zur Übertragbarkeit von Schweißparametern

01.06.2008 – 31.12.2010

Projektförderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF)

Fit4Work

Teilprojekt III-1: Montagesysteme und -strukturen im

Forschungsverbund FitForAge

01.01.2008 – 31.03.2011

Projektförderer: Bayerische Forschungsstiftung

Fit4Work

Teilprojekt III-3: Roboterunterstützung an manuellen Montagearbeitsplätzen im Forschungsverbund FitForAge

01.01.2008 – 31.03.2011

Projektförderer: Bayerische Forschungsstiftung

Autoren



Dipl.-Ing. Stefan Hüttner

Themengruppe Automation und Robotik

Dipl.-Ing. Stefan Krug

Themengruppe Automation und Robotik

MITARBEITER

Neue Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Fabian Distel
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Hofmann
Dipl.-Ing. Sahin Sünger (SFI)
Dipl.-Ing. Markus Westermeier

Ausgeschiedene Mitarbeiter

Sigrid Harnauer
Kilian Hummel
Dipl.-Inf. Frédéric-Felix Lacour
Dipl.-Ing. Alexander Lindworsky
Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Dipl.-Ing. (FH) Marc Lotz
Dipl.-Phys. Johannes Mösl
Dipl.-Ing. Matthias Waibel

Konzept zur Qualitätssicherung für Kostenkalkulationen

Die Automobilproduktion ist geprägt von anhaltender Produktionsverlagerung zum Lieferanten. Für die Hersteller geht damit ein Verlust an Kostentransparenz einher. Durch eine systematische Kostenanalyse von Kaufumfängen mit Hilfe von Kalkulationsmodellen kann die Transparenz wieder hergestellt werden. Die verwendeten Modelle sind dabei in der Praxis anerkannt, weil sie auf Methoden des internen Rechnungswesens basieren. Die Qualität der Kalkulationsergebnisse hängt somit von der Zuverlässigkeit der Eingangswerte ab. Zur Gewährleistung plausibler Parameterwerte entwickeln die Mitarbeiter des *iwb* mit einem Industriepartner ein Wissensmanagementkonzept.

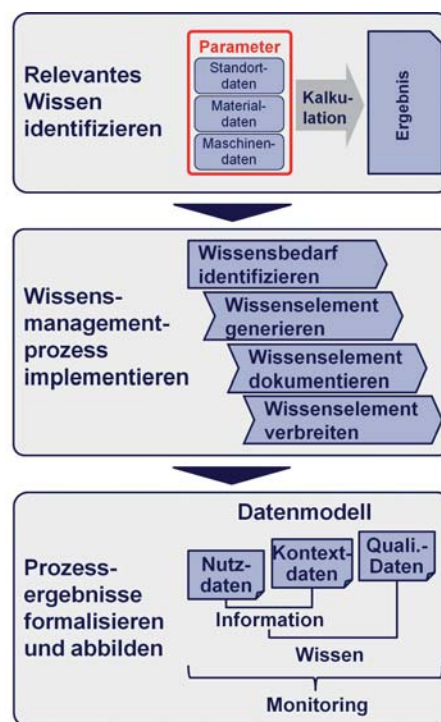
Im Rahmen des Forschungsprojekts wird erarbeitet, wie sich die Qualität von Kostenschätzungen für Kaufteile sicherstellen lässt. Die Abbildung zeigt das Vorgehen. Im ersten Schritt werden die Parameter identifiziert, deren Werte bei der Kalkulation zum Ergebnis aggregiert werden. Dabei werden die Prämissen zur Auswahl geeigneter Parameterwerte bestimmt. Im zweiten Schritt wird ein Wissensmanagementprozess definiert. In der ersten Prozessphase werden die für die Ermittlung der Werte notwendigen Informationen identifiziert. In der zweiten Phase werden dann die benötigten Informationen aus geeigneten Quellen entnommen und die Parameterwerte generiert.

Diese Werte sollen in der dritten Phase samt der Quellen und der Berechnung dokumentiert werden. Zuletzt werden die Parameterwerte mit Dokumentation der Herkunft verbreitet und für Kalkulationsaufgaben freigegeben. Nach der Prozessdefinition wird im dritten Schritt ein Datenmodell zur Abbildung eines nachvollzieh-

baren Parameterwertes erstellt. Ein nach dem Datenmodell aufgebauter Datensatz besteht aus drei Datenblöcken. Der erste Block beinhaltet die Nutzdaten. Dabei handelt es sich um die im Kalkulationsmodell verrechneten Werte. Im zweiten Block sind die Kontextdaten. Er umfasst die Attribute, anhand derer die Nutzdaten für eine Kalkulation gewählt werden. Der letzte Block beinhaltet die Qualitätsdaten und verweist auf Methoden und Quellen, mit denen die Nutzdaten ermittelt wurden.

Ergebnisse

Das aus den drei Blöcken bestehende Datenmodell fordert die Dokumentation wesentlicher Teilergebnisse bei der Ermittlung eines Parameterwertes. Auf diese Weise wird ein Monitoring für die Erzeugung von Eingangsdaten ermöglicht. Die Dokumentation von Quellen und Berechnungen und



Vorgehensmodell

die eindeutige Zuordnung zum entsprechenden Nutzdatum durch die Struktur der Datensätze stellt die Transparenz sicher. Die Nachvollziehbarkeit der Parameterwerte ermöglicht den Nachweis der Qualität des Kalkulationsergebnisses.

Ausblick

Nachdem das Wissensmanagementkonzept anhand des Datenmodells erarbeitet ist, soll es nun beim Industriepartner praktisch umgesetzt werden. Dafür ist zuerst das Datenmodell für verschiedene Parametertypen zu spezifizieren. Anschließend ist eine Datenbank zu implementieren, um Datensätze entsprechend der Struktur hinterlegen zu können. Zuletzt sind Datenbankabfragen zu definieren, um die Vollständigkeit der dokumentierten Daten zu prüfen.

TAG DER OFFENEN TÜR 2011

Am 15. Oktober 2011 findet auf dem Forschungscampus Garching wieder der Tag der offenen Tür statt. Von 11:00 bis 17:00 Uhr erleben Sie am *iwb* in Führungen durch die Versuchshalle die Zukunft der Produktionstechnik.

Eine Anmeldung für die Veranstaltungen am *iwb* ist nicht erforderlich.

In weiteren Lehrstühlen der Fakultät für Maschinenwesen erwarten Sie Themen aus Luftfahrt, Medizintechnik, Gießereiwesen, Energietechnik und Elektromobilität.

In einem spannenden Programm zum Ausprobieren, Anschauen und Zuhören lernen Sie die Fakultäten der TUM sowie zahlreiche weitere renommierte Forschungsinstitute und Unternehmen auf dem Campus kennen.

Weitere Informationen zum Tag der offenen Tür 2011:

www.forschung-garching.de

IMPRESSUM

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) Technische Universität München Boltzmannstraße 15, 85748 Garching Tel.: 089/289-15500, Fax: 089/289-15555 ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe) ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe) Redaktion: Stephanie Holzer (verantw.) Tel.: 089/289-15537 E-Mail: stephanie.holzer@iwb.tum.de Web: www.iwb.tum.de

Herstellung: dm druckmedien gmbh Paul-Heyse-Straße 28, 80336 München

Verlag: Herbert Utz Verlag GmbH Adalbertstraße 57 · 80799 München Tel. 089-277791-00 E-Mail: info@utzverlag.com Web: www.utzverlag.com Natürlich gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Umweltpapier.

Adressverteiler: Möchten Sie in den Verteiler aufgenommen werden oder hat sich Ihre Adresse geändert? Dann schicken Sie bitte eine E-Mail an info@iwb.tum.de



Autor

Dipl.-Wi.-Ing. Jörg Pause

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

Entwicklung funktionsintegrierter Leichtbaukonzepte für Maschinen und Anlagen durch den Einsatz generativ gefertigter Komponenten

Die mittlerweile 20 Mitarbeiter der Fraunhofer-Projektgruppe für Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen (RMV) entwickeln und optimieren Konzepte für funktionsintegrierten Leichtbau in Maschinen und Anlagen. Zur Umsetzung dieser Konzepte werden die verfahrensbedingten Vorteile generativer Fertigungsprozesse genutzt.

Einen Schwerpunkt bildet dabei der Einsatz bionischer Leichtbaukonzepte, um den Ressourcen- und Energieeinsatz sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb von Verarbeitungsmaschinen nachhaltig zu senken.

Ressourceneffizienz durch Leichtbau

Bedingt durch immer knapper werdende Ressourcen und fossile Energieträger haben aktuelle ökologische und ökonomische Entwicklungen zunehmend stärkeren Einfluss auf die Industrie. Diese Entwicklungen sind begründet durch die steigenden CO₂-Emissionen, den Klimawandel und gesetzliche Regularien wie beispielsweise die EuP-Richtlinie der Europäischen Union. Dabei identifiziert letztere den Energiebedarf von Produkten und Anlagen während ihrer Nutzungsphase als eines der Haupthandlungsfelder, um den Energieverbrauch nachhaltig zu senken und somit einen umweltverträglichen Umgang mit Ressourcen zu erreichen.

Durch die konsequente Einsparung beschleunigter Massen und die Anwendung effizienter Leichtbaustrategien können diese Regularien umgesetzt werden und darüber hinaus Kosten für die Herstellung und den Betrieb von Maschinen reduziert werden. Weiterhin lässt sich durch die Verringerung von Masse die Dynamik beschleunigter Systeme erhöhen und somit die technologische Performance der Anlagen steigern.

Leichtbaustrategien für die generative Fertigung

Leichtbaustrategien lassen sich in Abhängigkeit ihrer geometrischen Einordnung in die drei Kategorien makroskopische, mesoskopische und mikroskopische Prinzipien unterteilen. Durch den Einsatz generativer Fertigungsverfahren lassen sich diese

Prinzipien annähernd ohne fertigungsbedingte Einschränkungen umsetzen.

Dabei behandelt der mikroskopische Leichtbau die gezielte Beeinflussung der Mikrostruktur eines Materials, was zum Beispiel durch geeignete Wärmebehandlungen erreicht werden kann. Makroskopische Ansätze betrachten im Gegensatz dazu die Optimierung der Bauteilgeometrie in Abhängigkeit der äußeren Belastungen, was beispielsweise durch die Finite-Elemente-gestützte Topologieoptimierung umgesetzt werden kann.

Die mesoskopischen Leichtbauansätze als Hauptaugenmerk der Forschungstätigkeiten adressieren die Variation der Materialstruktur in Abhängigkeit der Belastungen im Bauteil. Diese Struktur kann beispielsweise in Form von Waben, Schäumen oder Gitterstrukturen ausgeführt sein (siehe Abbildung).

Diese aus der Bionik bekannten Materialstrukturen weisen einige sehr vorteilhafte Eigenschaften wie geringe Masse in Verbindung mit hoher Steifigkeit und Festigkeit auf, weshalb sie besonders großes Potenzial für den Einsatz in generativ gefertigten Leichtbaukomponenten besitzen.

Kraftflussgerechte Anpassung von Gitterstrukturen

Beim Leichtbau durch mesoskopische Ansätze weisen vor allem Strukturen ein hohes Potenzial auf, welche aus periodisch angeordneten Elementarzellen aufgebaut sind. Dabei wird die Struktur bisher regelmäßig aufgebaut und in ihrem Inneren nicht oder kaum an die jeweilige lokale Belastung angepasst. In der Bionik lässt sich jedoch erkennen, dass sowohl der Verlauf der Struktur als auch deren Materialfüllgrad an die Belastun-

gen und den Kraftfluss im Inneren des jeweiligen Bauteils angepasst werden sollte, um eine möglichst leichte sowie zugleich stabile und steife Struktur zu erhalten. Untersuchungen an torsionsbelasteten, aus Gitterstrukturen aufgebauten Wellen (siehe Abbildung) ergeben, dass hierbei der Strukturverlauf entlang der Hauptspannungstensoren orientiert sein sollte, um das Leichtbaupotenzial optimal auszunutzen. Aus diesem Grund wird in den zukünftigen Forschungstätigkeiten eine Methode entwickelt, um derartig gestaltete Gitterstrukturen auszulegen.

Danksagung

Die Projektgruppe RMV wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie gefördert und administrativ vom etablierten produktionstechnischen Fraunhofer-Institut IWU in Chemnitz betreut.

Autor



Dipl.-Ing. Stefan Teufelhart

Fraunhofer Projektgruppe RMV

PROJEKTGRUPPE

RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN

► ZIELSETZUNG

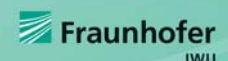
Aufbau eines eigenständigen Fraunhofer-Instituts am Standort Augsburg

► AUFBAUPHASE

5 Jahre (2009-2014) am iwvb Anwenderzentrum Augsburg; Ausbauziel: 25 wissenschaftliche Mitarbeiter

► FÖRDERUNG

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie



Die Projektgruppe RMV wird administrativ vom etablierten produktionstechnischen Fraunhofer-Institut IWU in Chemnitz betreut.

Durch die Zusammenarbeit mit dem iwvb ist die Verankerung mit den Standorten Augsburg und Garching sowie der Technischen Universität München sicher gestellt.

Mesoskopische Gitterstrukturen in einer bei der Fraunhofer-Projektgruppe RMV generativ aufgebauten Torsionswelle

