

iwb newsletter

1

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

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

Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten

Mitte des Jahres wurde das Forschungsvorhaben „Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten“ von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) anfinanziert. Acht Forschungseinrichtungen arbeiten in diesem Forschungsprojekt an fünf Teilprojekten. Das iwb bearbeitet im Rahmen dieses Clusters das Teilprojekt „Erarbeitung von Konzepten zur Bewertung der Eignung von Anlagen für das Friction Stir Welding sowie zur Übertragbarkeit von Schweißparametern“.

Einsatz alternativer Fügeverfahren

Schmelz- und Pressschweiß- sowie mechanische Fügeverfahren sind seit vielen Jahren in der Industrie sowohl in der Großserienfertigung als auch in der Einzelteilfertigung etabliert. Gleichwohl besteht ein hoher Bedarf an alternativen stoffschlüssigen Fügeverfahren, die metallurgisch

(Fortsetzung Seite 2)



AUTOMATION + INNOVATION = KOGNITION

Die derzeit stattfindende Verunsicherung der Realwirtschaft stimmt zwar nachdenklich, sollte uns aber gleichzeitig zur proaktiven, ja fast aggressiven Gestaltung der Zukunft antreiben. Die innige Vernetzung unserer Volkswirtschaften und die schnelle Verfügbarkeit von Informationen aus und in jedem Winkel der Erde stellen unsere Unternehmen vor besondere Herausforderungen. Den Kollaps der Finanzwirtschaft mit seinen tiefen Auswirkungen auf die Realwirtschaft können nur die Unternehmen überstehen, welche über ein solides Portfolio innovativer Produkte verfügen und ihre Innovationskraft noch weiter ausbauen. Mechatronik und Automation bieten ein hohes Innovationspotenzial, mit dem es gelingt neue Produktfunktionalität, neue Produktionsmethoden und neue Einsparmöglichkeiten zu generieren.

Die Automation, also die Automatisierung der Produktion, war in den vergangenen Jahren von enormem Wachstum gekennzeichnet. Der Weltmarkt für Automatisierungstechnik ist alleine in den vergangenen fünf Jahren um jährlich fünf bis sieben Prozent auf ca. 250 Mrd. € gewachsen. Daran hat Deutschland einen Anteil von über 15 Prozent. Das ist keine „Blase“ einer überhitzten Konjunktur und wird sicherlich noch einige Jahre so weiter wachsen. Jedoch was kommt danach? Nun, nach der Automation kommt die Kognition. Heute sind derart leistungsfähige, multimodale und kostengünstige Sensoren verfügbar, dass in Maschinen und ihrer Peripherie viele Prozesse überwacht, Zustände erfasst und Ereignisse identifiziert werden können. Diese können, hoch vernetzt und mit intelligenter Software ausgerüstet, Ereignisse in und an den Maschinen wahrnehmen, daraus mit Hilfe leistungsfähiger Computer neue Erkenntnisse gewinnen und hiervon wiederum geeignete Aktionen ableiten. „Perception – Cognition – Action“ lautet die Formel. Nahezu einhundert Teilnehmer aus Industrie und Forschung diskutierten am 25. November 2008 auf dem ersten Industrieworkshop des Forschungsclusters CoTeSys über Potenziale und Chancen der kognitiven Fabrik. Man war sich einig: Intelligente Maschinen werden den Menschen nicht ersetzen sondern mit ihm zusammenarbeiten. Mehr dazu lesen Sie in diesem Newsletter. Gleichzeitig bedanken wir uns für die gute Zusammenarbeit im Jahr 2008 und übermitteln Ihnen unsere guten Wünsche für das neue, hoffentlich stabilere Jahr 2009!

Ihr

Gunther Reinhart

INHALT

Seite 1–3:

- Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten

Seite 3–4:

- Rührreißschweißen mit Industrierobotern – eine flexible Anlagentechnik mit viel Potenzial

Seite 4–6:

- FlexZFS – Flexible Zuführung von Kleinteilen auf Basis des Vibrationswendelförderers

Seite 6:

- Entwicklung hybrider Fertigungsverfahren im LaserCusing

Seite 7:

- Aktivierte Polymerisation im 3D-Kunststoff-Druckprozess
- Laser + Blech

Seite 8:

- 1. CoTeSys Industrieworkshop „Kognition in der Fabrik“

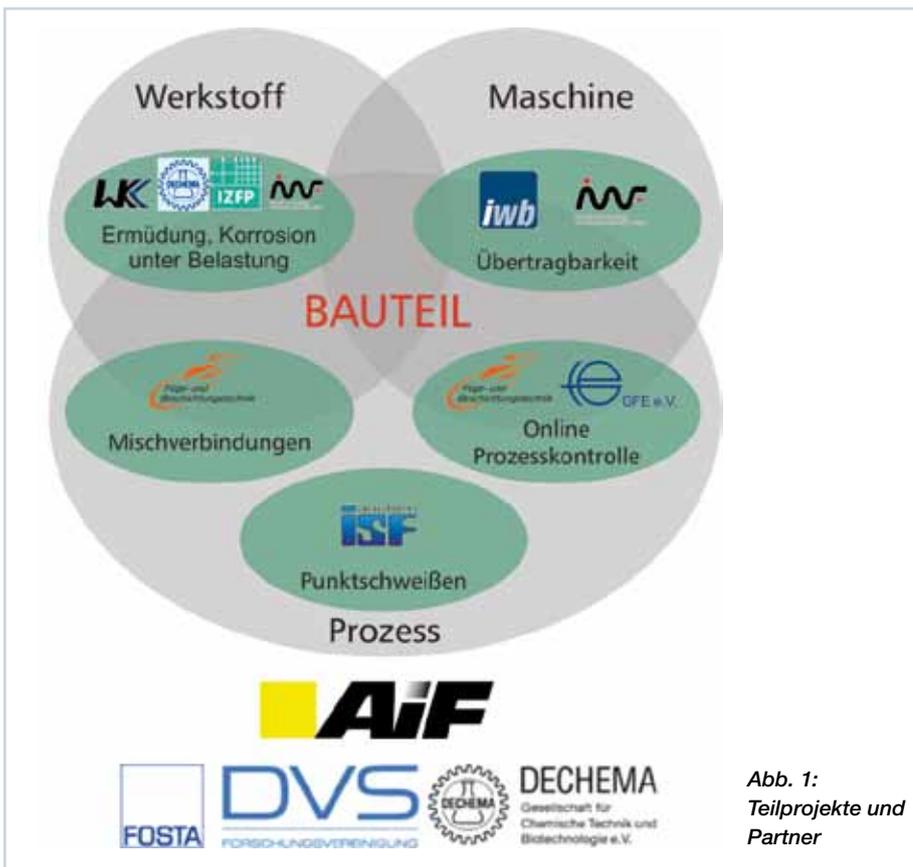


Abb. 1:
Teilprojekte und Partner

bedingt zu besseren mechanisch-technologischen Eigenschaften der Fügeverbindungen führen und prozesssicher in Fertigungsprozessketten integriert werden können. Speziell für Aluminium bietet hierzu das Anfang der 90er Jahre vom TWI entwickelte und patentierte Rührreißschweißen (Friction Stir Welding, FSW) großes Potenzial. Es überträgt die vorteilhaften mechanischen Verbindungseigenschaften des konventionellen Reibschweißens auf Stumpf- und Überlappverbindungen. Dazu wird ein verschleißfestes Werkzeug unter hohem Anpressdruck und Rotation in die Fügestelle gepresst und verrührt die durch Reibung erwärmten Bauteile miteinander. Hierzu benötigt das Rührreißschweißen weder Zusatzwerkstoffe noch Schutzgas und bietet die Möglichkeit verschiedenste Mischverbindungen herzustellen.

Obwohl das Verfahren bereits in einzelnen Anwendungen seine Vorteile demonstriert hat, wird es noch nicht flächendeckend eingesetzt.

Neues Forschungsvorhaben im Bereich des Rührreißschweißens

Um dies zu verbessern wurden in einem Konsortium aus acht Forschungsstellen und einer Vielzahl von Unternehmen und Forschungsvereinigungen (DEHEMA, DVS und FOSTA) fünf Forschungsprojekte initiiert. Diese Projekte wurden unter dem übergreifenden Thema „Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten“ von der AiF bewilligt und Mitte 2008 anfinanziert. Dieser Cluster hat zum Ziel, die industrielle Verbreitung des Verfahrens zu

verbessern und die Integration in die Fertigungsprozesskette zu erleichtern.

Dafür wird in den Teilprojekten eine große Bandbreite an Themen bearbeitet (siehe Abbildung 1). Darunter sind werkstoffliche Betrachtungen wie das Ermüdungs- und Korrosionsverhalten von Rührreißschweißverbindungen sowie die Untersuchung möglicher Mischverbindungen. Prozessseitig wird an Verfahrensentwicklungen wie dem Punktschweißen oder der Online Prozesskontrolle gearbeitet.

Das iw beschäftigt sich, in Zusammenarbeit mit dem IMWF der Universität Stuttgart, in einem der Teilprojekte vor allem mit der Bewertung der Anlagentechnik des Rührreißschweißens und der Übertragbarkeit von Schweißparametern auf verschiedene Anwendungsfälle und Maschinen.

Bewertung von Anlagen zum Rührreißschweißen

Aufgrund des besonderen Prozessablaufs unterscheidet sich das Rührreißschweißen von vielen bekannten Schweißverfahren. Insbesondere die hohen Bearbeitungskräfte stellen für die Anlagentechnik eine große Herausforderung dar. Aus diesem Grund werden meist Sondermaschinen eingesetzt, die extra für den jeweiligen Anwendungsfall

IMPRESSUM

Der iw newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iw) 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@iw.tum.de Web: www.iw.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@iw.tum.de



Abb. 2: Anlagen zum Rührreißschweißen am iw und IMWF

konzipiert wurden. Diese sind meist wenig flexibel einsetzbar und mit großen Investitionen verbunden. Prinzipiell besteht auch die Möglichkeit bereits vorhandene Standardmaschinen wie Schwerlastroboter (siehe Beitrag zum Rührreißschweißen mit Industrierobotern; S. 3f) und Werkzeugmaschinen für das Rührreißschweißen einzusetzen. Es existiert jedoch kein Katalog von Anforderungen an die Anlagentechnik, die das Verfahren mit sich bringt. Aus diesen Gründen besteht bei unerfahrenen Anwendern noch immer große Unsicherheit bei der Auswahl geeigneter Anlagen für eine gegebene Anwendung.

Eines der Ziele des Teilprojektes ist es deshalb Konzepte zu erarbeiten, die es ermöglichen, die Eignung einer Anlage zum Rührreißschweißen zu bewerten. Hierfür wird die statische Steifigkeit der Maschinen gemessen und beurteilt sowie das dy-

namische Verhalten dieser Maschinen charakterisiert. Zusätzlich werden eine Vielzahl von Schweißversuchen durchgeführt, die eine Basis für die Beurteilung der benötigten Leistung der Antriebstechnik darstellen. Parallel wird die in den Maschinen integrierte Steuerungstechnik beleuchtet und Möglichkeiten verbesserter Prozessführung bzw. Prozessüberwachung erarbeitet.

Hierfür stehen eine Werkzeugmaschine und eine Sondermaschine der Firma ESAB zur Verfügung (siehe Abbildung 2). Zugleich besteht der Zugriff auf Maschinen anderer Partner des Clusters.

Übertragbarkeit von Schweißparametern

Der zweite Schwerpunkt des Teilprojektes liegt auf der Übertragbarkeit von Schweißparametern auf unterschiedliche Anwendungen. Das Schweißergebnis ergibt sich

beim Rührreißschweißen aus einem komplexen Zusammenspiel von Schweißparametern, Werkstoff, Werkzeug, Spanntechnik und verwendeter Anlagentechnik. Um optimale Schweißergebnisse zu erhalten, müssen bereits bei Änderung einzelner dieser genannten Einflüsse immer eine Vielzahl von Versuchen neu durchgeführt werden.

Im Rahmen des Teilprojektes sollen deshalb Schweißversuche durchgeführt werden, die es ermöglichen den Einfluss dieser Parameter auf die Nahtqualität zu beschreiben. Mit diesen Informationen sollen Vorgehensweisen zur Übertragbarkeit von Schweißparametern entwickelt werden.

Weitere Informationen zu den Teilprojekten finden Sie jeweils aktuell unter:
<http://www.frictionstirwelding.de>

Paul Gebhard

Rührreißschweißen mit Industrierobotern – eine flexible Anlagentechnik mit viel Potenzial

Der Einsatz von alternativen Werkstoffen zur Steigerung der Produkteffizienz verlangt nach ebenso alternativen Fertigungstechnologien. Ein für Aluminiumwerkstoffe sehr gut geeignetes Fügeverfahren stellt das Rührreißschweißen dar. Roboter bieten, verglichen mit konventionellen Sonderschweißanlagen, eine kostengünstige und flexible Anlagentechnik, mit der es möglich ist, auch komplexe Nahtverläufe hochwertig zu verbinden.

Anforderungen im Leichtbau

Die zunehmende weltweite Rohstoffverknappung zwingt Unternehmen mehr denn je zu einer effizienten Gestaltung ihrer Produkte. Insbesondere im Verkehrswesen können durch die Reduktion der Fahrzeugmasse Einsparungen im späteren Treibstoffverbrauch der Verkehrsmittel erzielt werden. Neben einer konsequent optimierten Bauteilgestaltung bietet sich auch die Verwendung alternativer Werkstoffe mit geringerem spezifischem Gewicht an, um dieses Ziel zu erreichen. Häufig treten dabei Aluminiumwerkstoffe in den Vordergrund, wie dies beispielsweise bei Fahrzeugen im Premiumsegment bereits umgesetzt wird. Die Verwendung dieser Werkstoffe zieht jedoch auch neue Herausforderungen hinsichtlich der einzusetzenden Fertigungstechnologien nach sich. So gelten viele Aluminiumlegierungen mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften aufgrund ihrer Heißbrissanfälligkeit und ihrer Neigung zur Porenbildung als konventionell schwer oder nicht schmelzschweißbar, was den Einsatz dieser Legierungen beeinträchtigt oder gar verhindert. Daher müs-

sen beim Einsatz solcher Werkstoffe alternative, innovative Fertigungstechnologien untersucht und eingesetzt werden.

Rührreißschweißen mit dem Schwerlastroboter

Rührreißschweißen bezeichnet ein Fügeverfahren, welches zwei Werkstoffe unter-



Abb. 1: Rührreißschweißen eines Flugzeug-Rumpfsegmentes mit dem Roboter

halb ihres Schmelzpunktes stoffschlüssig miteinander verbindet. Dessen grundsätzliche Charakteristika sowie die daraus hervorgehenden Vorteile gegenüber konventionellen Schmelzschweißverfahren wurden bereits in einem vorangegangenen Artikel dieses Newsletters erläutert (siehe Beitrag zur Integration des Rührreißschweißens in Fertigungsprozessketten; S. 1ff). Dennoch resultiert ein Nachteil des Rührreißschweißens aus dem hohen Kraftbedarf, mit dem das Werkzeug auf die Fügepartner gepresst werden muss. Häufig wird daher wie gezeigt auf Sonderschweißanlagen zurückgegriffen, die durch deren extrem steife Konstruktionen diese Kräfte, die je nach Anwendung im ein- bis zweistelligen kN-Bereich liegen, bereitstellen können. Die Fähigkeit für komplexere Nahtformen ist dabei nur bei sehr kostenintensiven Anlagen gegeben. Für Anwendungen im Blechdickenbereich befinden sich jedoch diese Kräfte in Größenordnungen, die auch von Schwerlastrobotern der heutigen Generation bereitgestellt werden können. Um die Eignung eines solchen Systems

TERMINE

Fachtagung Laser + Blech
 (in Kooperation mit dem Carl Hanser Verlag)
 4. - 5. März 2009 – Dortmund

CARV 2009 – 3rd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production
 5. - 7. Oktober 2009 – München

(Fortsetzung Seite 4)



Abb. 2: Geschweißtes Aluminiumblech mit einem Außenradius von 14,5 mm

zu bewerten und es zu optimieren, wurde im Jahr 2005 ein Projekt mit dem Namen „RoboFSW“ gestartet. Deren Partner waren neben dem *iwb* die Firmen Airbus Deutschland GmbH, Bremen, EADS Innovation Works GmbH, München, sowie KU-KA Roboter GmbH, Augsburg. Der Fokus lag dabei primär auf der Anwendung des robotergestützten Rührreißschweißens im Bereich der Luft- und Raumfahrt, also dem Fügen von Aluminiumblechen mit geringen Wandstärken und Krümmungen.

Bei einer Laufzeit von drei Jahren konnte erfolgreich gezeigt werden, dass das auf-

gebaute System in der Lage ist, Aluminiumlegierungen im Dickenbereich von 0,3 mm bis 8 mm mit Nahtqualitäten zu fügen, wie sie auch auf herkömmlichen Schweißanlagen erreicht werden. Die Ergebnisse wurden zudem auch in zwei unterschiedlichen Schweißpositionen verifiziert. Als Demonstrator für die Anlagenfähigkeit wurden gegen Projektende zwei Rumpfsegmente eines Airbus-Passagierflugzeuges erfolgreich verschweißt (Abb. 1). Die Gesamtnahtlänge beträgt bei diesem Beispiel etwa 2,5 m und wurde durch zwei Teilnähte mit je halber Länge realisiert.

Dreidimensionale Schweißnähte über enge Radien

Für Anwendungen außerhalb der Luft- und Raumfahrt müssen jedoch auch komplexere Nahtformen beherrscht werden, für die der Roboter aufgrund seiner hohen Flexibilität bestens geeignet ist. Im Rahmen einer Studie wurde daher die Fähigkeit des Prozesses und der Anlage für das Schweißen über Radien im Bereich von 104,5 bis 14,5 mm (Außenradius) untersucht. Dabei zeigte sich, dass der Schweißprozess insbesondere bei engeren Radien einer Anpassung hinsichtlich der verwendeten Parameter bedarf, da sich die Randbedingungen des Prozesses im Gegensatz zum Schweißen

in der Ebene ändern. Des Weiteren muss auch ein besonderes Augenmerk auf die Schweißanlage gelegt werden. Grund hierfür sind elastische Verformungen des Roboters aufgrund der wirkenden Prozesskräfte, die zu Verschiebungen des Werkzeugbezugs punktes von der programmierten Sollposition führen. Unter Beachtung dieser Faktoren können jedoch mit dem aufgebauten System Bleche der Stärke 3 mm und mit einem Außenradius von 14,5 mm fehlerfrei gefügt werden (Abb. 2). Die dabei im Radius entstehende charakteristische Nahtform führt im Vergleich zur ebenen Verbindung zwar zu geringeren mechanischen Eigenschaften, da sich der Nahtquerschnitt leicht verringert. Für naturharte Legierungen betragen sie dennoch bis zu 90 % der Grundwerkstofffestigkeit.

Mit den gewonnenen Ergebnissen ist damit der Grundstein gelegt, um das Rührreißschweißen auch in Branchen außerhalb der Luft- und Raumfahrt wirtschaftlich einzusetzen. Beispielhaft hierfür können Anwendungen im Bereich des Automobilbaus genannt werden.

Georg Völlner

FlexZFS – Flexible Zuführung von Kleinteilen auf Basis des Vibrationswendelförderers

Die Forschung an und mit Vibrationswendelförderern hat am *iwb* schon beinahe Tradition. Nun wurde in Zusammenarbeit mit der Firma INKA System GmbH ein neuer Ansatz zur flexiblen Zuführung von Kleinteilen entwickelt, der den Vibrationswendelförderer revolutioniert. Im vom BMBF im Rahmen des Programms KMUinnovativ geförderten Projekt FlexZFS soll dieser Ansatz optimiert und für erste industrielle Anwendungen umgesetzt werden.

Aufgrund der stetig steigenden Variantenvielfalt, der immer geringeren Produktlebenszyklen und der sinkenden Prognose-sicherheiten moderner Produkte müssen Produktionsanlagen heute neben einer großen Stückzahl auch eine hohe Flexibilität garantieren. Den Erfolgen der Flexibilisierung im Bereich der Montageautomaten folgend sind zukünftig auch die Anlagen der Zuführtechnik flexibler und zugleich leistungsfähiger zu gestalten. Darüber hinaus müssen moderne Zuführsysteme auch eine geringe Störanfälligkeit und eine schonende Bauteilhandhabung aufweisen.

Vor diesem Hintergrund wurde am *iwb* in einem von der AiF im Rahmen des Programms PRO INNO II geförderten Projekt ein flexibles, modulares Zuführsystem (Abbildung 1) entwickelt, das auf dem heute weit verbreiteten Vibrationswendelförderer (VWF) aufbaut. VWF sind kostengünstig, Platz sparend und zudem durch den Betrieb in Eigenfrequenz auch sehr energieeffizient. Sie vereinzeln im Haufwerk angelieferte Bauteile, orientieren diese über mechanische Ordnungsschikanen und führen sie anschließend an die Produktionsanlage weiter. Dabei sind sie aufgrund der produktspezifischen Ordnungsschikanen nur jeweils für eine Bauteilgeometrie einsetzbar. Zur Erhöhung der Flexibilität wurden beim neuen Ansatz die mechanischen Schikanen zur Orientierung der Bauteile vom VWF abgetrennt und auf einem

separat angetriebenen Ring um den Fördertopf in Höhe des Wendelausgangs angeordnet. Dort können sie an geeigneten Schnittstellen schnell und präzise gewechselt werden. Somit kann das System nach einer kurzen Umrüstzeit Bauteile mit neuer Geometrie zuführen.

Diese modulare Bauweise ermöglicht neben höherer Flexibilität auch eine Leistungssteigerung des Zuführsystems gegenüber dem konventionellen VWF. Anstatt die falsch orientierten Bauteile wieder zurück in das Haufwerk zu befördern, können die Bauteile in einem zweiten Umlauf aktiv in die Wunschlage umorientiert werden. Damit werden sie beim nächsten Durchlaufen der Schlüsselschikane sicher an die Anlage weitergegeben, die Ausbringung steigt. Zudem werden die Bauteile nicht mehr durch das Zurückwerfen beschädigt, so dass die Ausschussrate deutlich geringer wird. Durch den separaten Antrieb der Ordnungsschikanen kann für jede Ordnungsaufgabe unabhängig vom VWF ein optimales Bauteilförderverhalten eingestellt werden. So ist die zuverlässige

MITARBEITER

Neue Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Klemens Niehues

Orientierung auch an kleinsten Merkmalen möglich.

Diese Vorteile konnten im Verlauf des AiF-Projektes anhand von Ordnungslösungen für verschiedene Bauteilgeometrien validiert werden. Dabei wurde jedoch festgestellt, dass die Zusammenführung der Bauteile aus dem Ringumlauf mit denen aus dem VWF oft zum Verklemmen und damit zum Aufstauen von Bauteilen führt. Solche Störungen müssen manuell beseitigt werden und sind deshalb zwingend zu vermeiden, um einen industriellen Einsatz des Systems an automatischen Anlagen zu ermöglichen. Zudem werden sowohl die Eigenfrequenz des VWF als auch die des Ringsystems manuell durch das Anpassen der Blattfedersteifigkeiten an die einfache oder doppelte Netzfrequenz angepasst, was sehr zeitaufwendig ist. Diese Grundabstimmung ist jedoch nicht ausreichend, da sich die Eigenfrequenz und damit die optimale Betriebsfrequenz besonders beim Wechsel aller Ordnungsschikanen deutlich ändern können. Um eine erneute Abstimmung zu vermeiden und damit die Umrüstzeiten gering zu halten, müssen derzeit noch teure Frequenzregelgeräte, die eine entsprechende Variation der Betriebsfrequenz per Knopfdruck ermöglichen, verwendet werden. Schließlich wurde auch eine Abhängigkeit des Förderverhaltens vom Aufstellort festgestellt, die auf eine unzureichende Schwingungskopplung des Zuführsystems zurückgeführt werden kann.

Zielsetzung

Für das Projekt FlexZFS ergeben sich damit drei Schwerpunkte:

- Vermeidung der Störungen beim Zusammenführen der Bauteilströme
Die Aufgabe der Teilezusammenführung unterscheidet sich bei verschiedenen Bauteilgeometrien. Während sich beispielsweise zylinderförmige Flachteile seitlich einfach durch die Förderbewegung ineinander

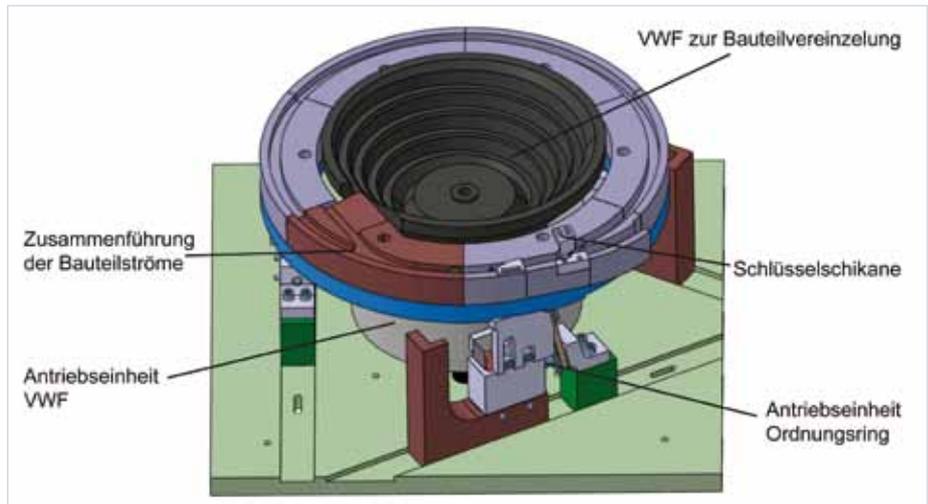


Abb. 1: Flexibles, modulares Zuführsystem

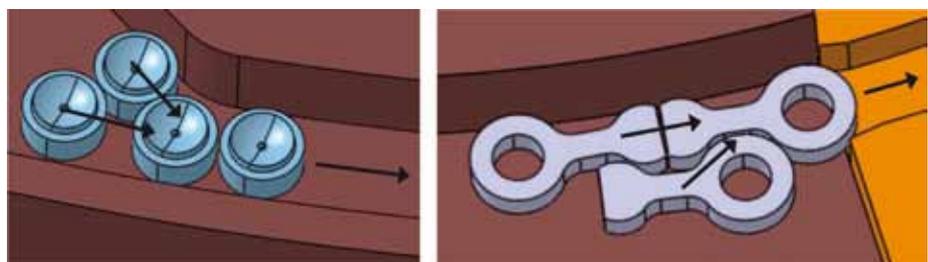


Abb. 2: Zusammenführung verschiedener Bauteilgeometrien

der schieben, können sich schlüsselförmige Bauteile dabei Verhaken und so leicht einen Stau verursachen (Abbildung 2).

Ziel des Projektes ist es damit, allgemein für relevante Bauteilgeometrieklassen funktionsfähige und gleichzeitig kostengünstige Zusammenführungsstrategien zu entwickeln und diese in einem Baukasten zusammenzufassen. Damit ist es möglich, nach Auftragsingang anhand bestimmter, ausschlaggebender Geometriemerkmale für jedes Zuführbauteil die optimale Strategie schnell auszuwählen und damit Entwicklungszeit einzusparen. Auch die Angebotsstellung kann so deutlich verkürzt werden.

- Abstimmen der Eigenfrequenz bereits in der Konstruktionsphase
Entgegen dem konventionellen, rein methodisch-experimentellen Vorgehen soll in diesem Projekt das komplette Zuführsystem mechanisch modelliert werden. Dabei ist es das Ziel, bereits in der Konstruktionsphase die Ordnungsschikanen so zu gestalten, dass die Betriebsfrequenz bei einfacher oder doppelter Netzfrequenz liegt und diese auch beim Schikanenwechsel konstant bleibt. Damit entfällt die zeitaufwendige manuelle Abstimmung des Zuführsystems. Zudem können die teuren Frequenzregelgeräte durch billige Amplitudenregelgeräte ersetzt werden, was die Kosten des Zuführsystems um etwa 5 % senkt.

- Minimierung der Schwingungsübertragung an die Umgebung
Schwingen VWF und Ringsystem in gleicher Frequenz, so können sich deren Amplituden durch phasenversetzte Ansteuerung der beiden Antriebe gegenseitig bis zu einem gewissen Maß kompensieren. Durch entsprechende Anordnungen der Schwingmassen soll dies so weit verstärkt werden, dass eine Unabhängigkeit des Förderverhaltens vom Aufstellort erreicht wird. Damit muss das Zuführsystem beim Kunden nicht mehr durch Fachpersonal nachjustiert werden, sondern kann durch

Aufgabenstellung	Zielsetzung
Störungen durch Teilezusammenführung	Vermeidung der Störungen durch bauteilspezifische Zusammenführungsstrategien
Verwendung teurer Frequenzregelgeräte Zeitaufwendiges Einrichten	Abstimmen der Eigenfrequenz bereits in der Konstruktionsphase durch ein mechanisches Modell des Zuführsystems
Förderverhalten abhängig vom Aufstellort	Minimierung der Schwingungsübertragung durch phasenversetzte Antriebsansteuerung

Abb. 3: Aufgabenstellung und Zielsetzung

(Fortsetzung Seite 6)

den Kunden selbst in Betrieb genommen werden. Dies spielt besonders dann eine Rolle, wenn das Zuführsystem einzeln verkauft wird und noch nicht an der Produktionsanlage erprobt wurde.

Abbildung 3 zeigt noch einmal in der Zusammenfassung, wie sich die Teilziele des

neuen Projektes aus der Aufgabenstellung ableiten.

Die verschiedenen Zusammenführungsstrategien sollen in geeigneten Beispielordnungslosungen prototypisch umgesetzt werden. Ebenso soll die Validierung des mechanischen Modells an einem Prototyp stattfinden, der mit Amplitudenregel-

geräten und unabhängig vom Aufstellort betrieben werden kann. Bei der Auswahl der Beispielordnungsaufgaben sollen auch Kunden der Firma INKA System GmbH mit einbezogen werden, so dass die entwickelten Prototypen im Anschluss daran unter industriellen Bedingungen an den entsprechenden Anlagen getestet werden können.

Michael Loy

Entwicklung hybrider Fertigungsverfahren im LaserCusing

Der durch die Bayerische Forschungsförderung geförderte Forschungsverbund FORLAYER, ein Zusammenschluss von fünf Hochschulen und über zwanzig Industrieunternehmen, verfolgt das Ziel, längere Standzeiten von stark belasteten Werkzeugen in Anlagen und Maschinen zu ermöglichen. In einem Teilprojekt wird am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg, zusammen mit den Firmen Appex, AxynTeC und Concept Laser eine simultane Multimaterialverarbeitung in pulverbasierten Schichtbauverfahren entwickelt.

Stetig steigende Bauteilkomplexität sowie das Bestreben, die Produktionszeiten zu reduzieren, stellen die Fertigungstechnik vor neue Herausforderungen. Die generative Erstellung von Bauteilen ermöglicht komplexe Geometrien bei gleichzeitiger Verringerung der Produktionszeiten.

Potenziale generativer Fertigungsverfahren

Durch konventionelle Fertigungsverfahren wie Drehen oder Erodieren wird es in Zukunft nur noch bedingt möglich sein, Werkzeuge oder Bauteile kundenindividuell wirtschaftlich zu fertigen. Unter diesem Aspekt gewinnt die Flexibilität der metallischen Schichtbauverfahren in der Produktionstechnik weiter an Bedeutung.

Wegen der stetig verbesserten Maßgenauigkeit und Prozesssicherheit werden die Schichtbauverfahren inzwischen neben dem Prototypenbau auch zur Herstellung von Werkzeugen (Rapid Tooling) und Bauteilen (Rapid Manufacturing) eingesetzt. Allerdings ist die Technologie der schichtweisen Bauteilgenerierung bislang meist auf einen Werkstoff oder eine Legierung beschränkt.

Simultane Verarbeitung verschiedener Materialien

Die Entwicklung von Verfahren, die eine Verwendung mehrerer Werkstoffe ermöglichen, kann weitere Einsatzgebiete erschließen. Um dies zu erreichen, wird am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg an der Entwicklung und Integration eines neu zu konzipierenden Auftragsmechanismus ge-

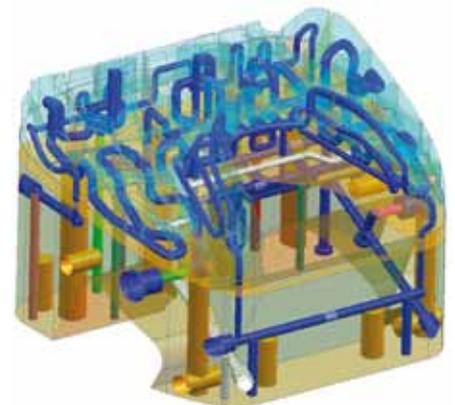


Abb. 2: Werkzeugformeinsetzung innenliegender Kühlkanäle (Quelle: ConceptLaser)

arbeitet. Mit diesem soll in einer Ebene der simultane Auftrag von unterschiedlichen Pulverwerkstoffen ermöglicht werden. Dabei werden verschiedene Materialien örtlich begrenzt schichtweise bereitgestellt.

Neben dem Auftragsmechanismus stellen der kontinuierlich kontrollierte Wärmehaushalt sowie die optimierte Scanstrategie wichtige Voraussetzungen zur Realisierung von hochfesten Werkzeugen in nur einem Prozess dar.

Einsatzszenario Werkzeug- und Formenbau

Die Zielsetzung des hier beschriebenen Teilprojektes HybriLay ist die Entwicklung hybrider Fertigungsverfahren zur integrierten Herstellung und Beschichtung von stark beanspruchten Werkzeugen und Bauteilen. Dieses Verfahren nutzt die Vorteile der generativen Fertigungstechnologie, um den Herstellungsaufwand von Funktionsschichten zu minimieren. Durch den schichtweisen Aufbau der Werkzeuge wird die Beschichtung in unzugänglichen Hohlräumen und an Funktionsflächen ermöglicht. Dieses Verfahren leistet einen effizienten Beitrag zur Standzeiterhöhung und zur Realisierung anforderungsgerechter Funktionsflächen.

Michael Ott

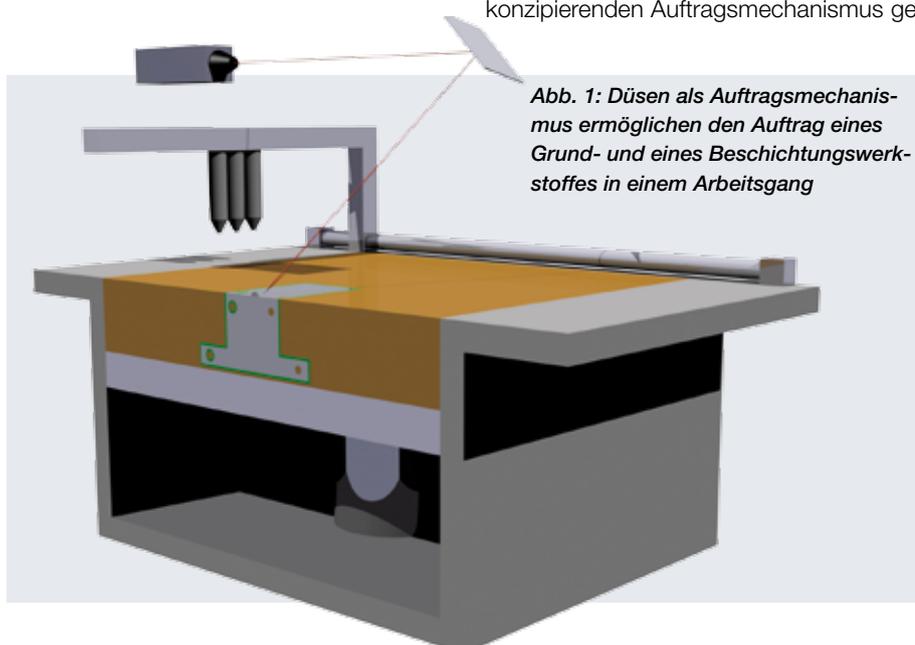


Abb. 1: Düsen als Auftragsmechanismus ermöglichen den Auftrag eines Grund- und eines Beschichtungswerkstoffes in einem Arbeitsgang

Aktiviert Polymerisation im 3D-Kunststoff-Druckprozess

Die zunehmende Individualisierung von Produkten bei sinkender Produktlebensdauer und gleichzeitiger Forderung nach niedrigen Kosten führt zu der Notwendigkeit, schnell und aufwandsarm komplexe und funktionsintegrierte Bauteile in Kleinserien herstellen zu können. Das einstufige 3D-Drucken von Kunststoffen mit vollständiger Polymerisation bietet zukunftsträchtiges Potenzial, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Motivation

Konventionelle Herstellungsverfahren stoßen insbesondere in Bezug auf Fertigungszeit und Komplexität des Bauteils schnell an ihre Grenzen. Nicht nur für Prototypen, sondern auch im Werkzeug- und Formenbau werden deshalb generative Fertigungsverfahren bereits erfolgreich eingesetzt. Die Zielsetzung besteht darin, auch kundenrelevante Produkte mittels Rapid Manufacturing herstellen zu können.

Verfahren

Das 3D-Drucken ist ein generatives Verfahren, bei welchem gezielt flüssiger Binder

mit Hilfe eines Druckkopfes oder einer Düse in ein Pulverbett eingebracht wird.

Durch wiederholtes Absenken der Bauplattform und anschließendes Auftragen einer dünnen Pulverschicht entsteht dabei schichtweise ein Bauteil. Abbildung 1 skizziert diesen Vorgang. Die bisher realisierten Anlagen zum 3D-Drucken von Kunststoffen unterliegen jedoch zahlreichen Restriktionen. Aufgrund der unvollständigen Polymerisation bzw. reinen Adhäsion zwischen Basismaterial und Binder ist die Bauteilqualität derzeit noch unzureichend. Um dieses Problem zu mindern, werden die

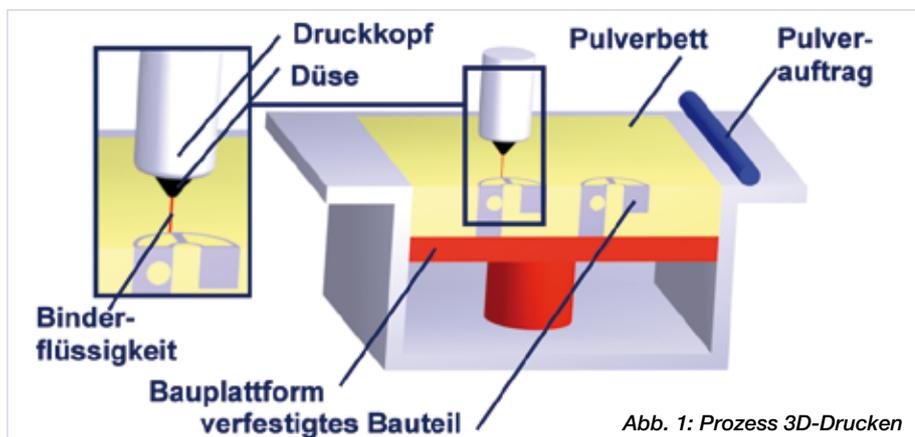
Bauteile in einem zweiten Prozessschritt beispielsweise mit Epoxidharz infiltriert. Trotzdem besteht insbesondere wegen der derzeit hohen Porosität erhebliches Verbesserungspotenzial hinsichtlich physikalischer, mechanischer und thermischer Eigenschaften. Dieses kann nur durch eine vollständige Polymerisation ausgeschöpft werden.

Zielsetzung

Ziel dieses von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Projekts ist die systematische Entwicklung eines einstufigen Prozesses zur Herstellung von Bauteilen mittels aktivierter Polymerisation im 3D-Kunststoff-Druck. Dadurch können die Produkteigenschaften erheblich verbessert werden. Auch mechatronische Komponenten wie Leiterbahnen sollen durch Verwendung einer leitenden Druckflüssigkeit im Prozess mitgedruckt werden können.

Vorgehensweise

Um diese Ziele zu erreichen, wird in enger Zusammenarbeit mit namhaften Industriepartnern und Forschungsinstituten ein Anlagendemonstrator entwickelt, mit dem exemplarisch Bauteile aus unterschiedlichen Polymerwerkstoffen hergestellt werden können. Dafür ist neben der systematischen Werkstoffanalyse und -auswahl ein passendes Steuerungskonzept für die Integration mechatronischer Komponenten notwendig. Weitergehend wird das Verhalten durch FEM-Simulation verifiziert, wodurch Rückschlüsse auf das Bauverhalten gezogen werden können. *Imke Nora Kellner*



Laser + Blech

Lasereinsatz in der Blechbearbeitung, 4. - 5. März 2009 in Dortmund

- Welche laserbasierten Werkzeuge und Verfahren können in der Blechbearbeitung eingesetzt werden?
- Welche Probleme können beim Lasereinsatz entstehen?
- Was muss man als Bauteilkonstrukteur beachten, wenn das Bauteil mit Laser hergestellt oder bearbeitet wird?

Praxisnahe Lösungsansätze für diese Fragen werden auf der Veranstaltung Laser + Blech vorgestellt.

Weiterhin beschäftigt sich die Fachtagung mit einer wirtschaftlichen Betrachtung

des Systemtechnikeinsatzes und zeigt Einstiegsmöglichkeiten für den Mittelstand auf.

Die vom iwb und dem Carl Hanser Verlag in Kooperation veranstaltete Fachtagung konzentriert sich insbesondere auf die Bearbeitungsverfahren Schneiden und Schweißen, die lasergerechte Konstruktion sowie Wirtschaftlichkeit und Effizienz.

Weitere Informationen und Anmeldung unter: www.hanser.de/laser-blech

Stephanie Holzer



1. CoTeSys Industrieworkshop „Kognition in der Fabrik“



Im Rahmen des 1. CoTeSys Industrieworkshops haben Experten aus Wissenschaft und Industrie am 25. November 2008 über aktuelle Ansätze und erste Anwendungsmöglichkeiten von Kognition und künstlicher Intelligenz in Produktionsumgebungen berichtet. Der Workshop wurde vom Exzellenzcluster CoTeSys (Cognition for Technical Systems) veranstaltet.

Der in den letzten Jahren zu beobachtende Trend einer steigenden Anzahl an unterschiedlichen Produkten, einer höheren Variantenvielfalt, Bedarfsschwankungen sowie kürzeren Produktlebenszyklen hat zu einer zunehmenden Komplexität von Fertigungs- und Montageprozessen geführt. Diese können daher meist nur noch unzureichend mit konventionellen Produktionsplanungs- und Steuerungsansätzen gestaltet werden. Die Implementierung von kognitiven Fähigkeiten in technischen Systemen stellt eine bedeutsame Innovation dar, welche es erlaubt, das Produktionssystem selbst über Veränderungen und Maßnahmen zur Verbesserung des Prozesses entscheiden zu lassen.

Das Ziel des vom Exzellenzcluster CoTeSys veranstalteten Industrieworkshops war es, die Forschungsansätze von Kognition und künstlicher Intelligenz in Produktionsumgebungen vorzustellen, Arbeiten aus der Industrie zu präsentieren und neue Anwendungsmöglichkeiten zu diskutieren. Den Schwerpunkt der Veranstaltung bildeten Themen zur Erhöhung des Autonomiegrades in hoch automatisierten Produktionsumgebungen, die aktive Zusammenarbeit von Menschen und Robotern in einem gemeinsamen Arbeitsraum sowie die adaptive Unterstützung von Workern in der manuellen Montage. Zum Industrieworkshop konnten Professor Michael Zäh

und Professor Gunther Reinhart mehr als 70 Teilnehmer aus Industrie und Forschung begrüßen.

In seinem Eröffnungsvortrag betonte Professor Michael Zäh die Bedeutung der Forschungsarbeiten zu Kognitiven Technischen Systemen (KTS) und hob dabei vor allem das wirtschaftliche Potenzial sowie die neu hinzugewonnenen Flexibilität hervor. Durch deren Implementierung könnten kognitive Fähigkeiten, wie Wahrnehmung, Erkennen, Lernen und Planen in einem Produktionssystem erreicht werden. Durch die Kombination von situationsabhängigen Verhaltensformen und langfristigen Absichten werde eine Anpassung und kontinuierliche Optimierung einer „Kognitiven Fabrik“ an geänderte Randbedingungen sowie die Interaktion mit der Umgebung ermöglicht. Ziel der Forschungsarbeiten müsse es sein, intelligente Maschinen und Anlagen zu entwickeln, „denen wir nicht mehr sagen müssen, wie sie es machen sollen“, so Professor Zäh, „sondern, was sie tun sollen.“ Er belegte diese Forderung durch einige Anwendungsbeispiele aus der Kognitiven Fabrik.

Wie seine Vorredner betonte auch Dr. Christoph Hanisch von der Festo AG & Co. KG aus Esslingen in seinem Vortrag, dass der Mensch durch eine zunehmende Automatisierung nicht ersetzt, sondern



Professor Zäh eröffnet die Vortragsreihe

in seinen Arbeiten unterstützt werden sollte. Dieser Aspekt wurde auch durch eindrucksvolle Anwendungsbeispiele aus der Industrie unterstrichen. So berichtete Herr Dr. Johannes Kurth von der KUKA Roboter GmbH von ersten erfolgreichen prototypischen Umsetzungen vom Roboter als Produktionsassistenten. Herr Dr. Frank Wallhoff, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation an der Technischen Universität München, zeigte in seinem Vortrag die Potenziale der Mensch-Roboter-Kooperation im Bereich der Montage von variantenreichen und komplexen Produkten auf und hob dabei vor allem die Möglichkeiten der Flexibilitätserhöhung durch die Integration von verschiedenen Sensorsystemen im Arbeitsraum hervor.

Herr Andreas Hoch von der Schunk GmbH & Co. KG setzte den Schwerpunkt in seinem Vortrag auf den Einsatz von Sensorsystemen und die Sensordatenfusion, welche seiner Meinung nach die zentralen Aspekte für autonome Systeme darstellen.

Den Abschluss der Veranstaltung bildete eine Besichtigung des iwB-Versuchsfeldes mit der Demonstrationsplattform der Kognitiven Fabrik.

Aktuelle Informationen über den Exzellenzcluster CoTeSys sowie die Forschungsarbeiten in der Kognitiven Fabrik sind unter www.cotesys.org sowie unter www.iwb.tum.de zu finden.

Martin Ostgathe



Impressionen aus dem Plenum