
Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen

Jahresbericht 2010



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

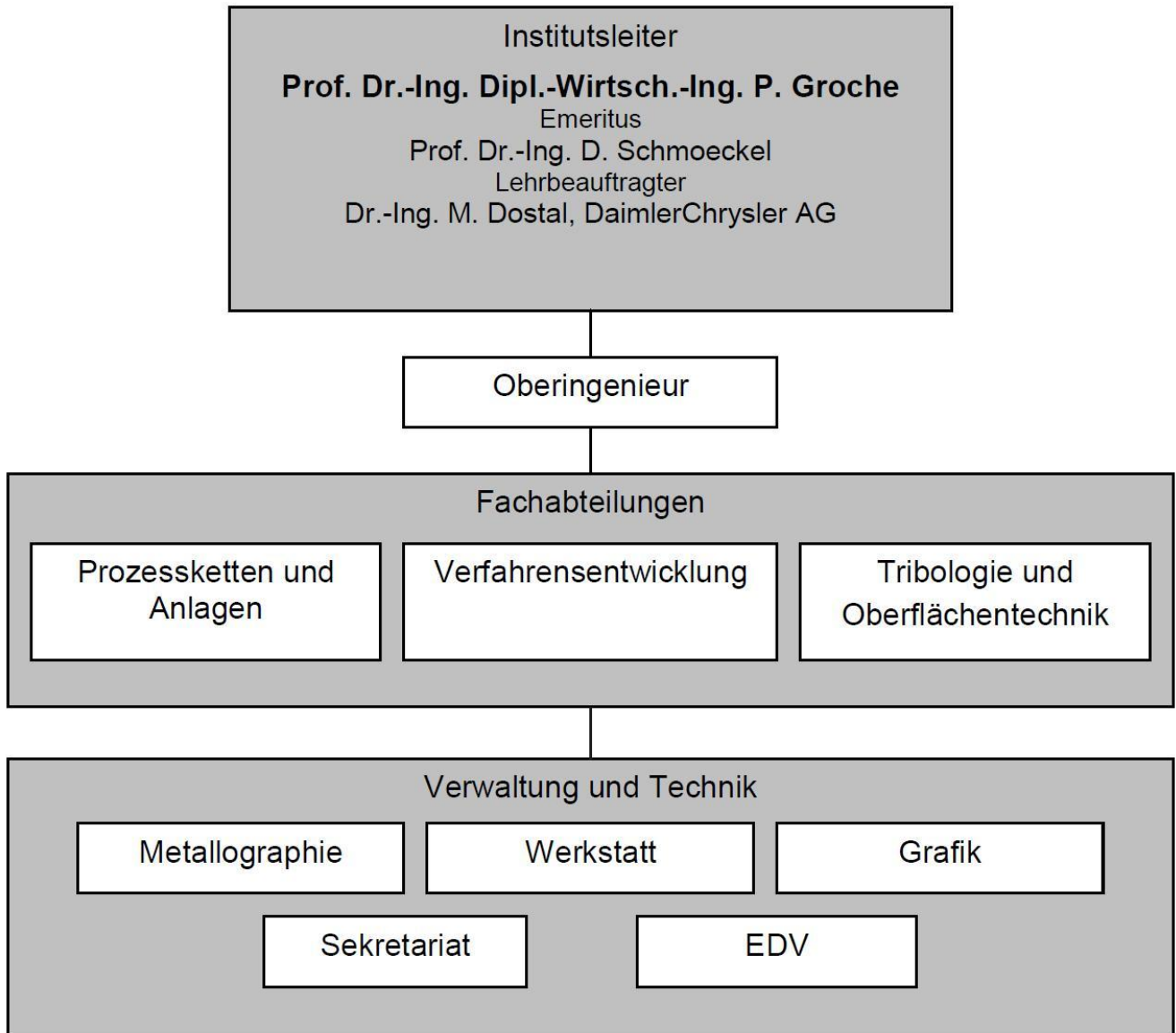
PtU
Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

1.	Institutsprofil	2
1.1.	Organisationsstruktur	2
1.2.	Personalstruktur	2
2.	Laufende Forschungsarbeiten	3
2.1.	Prozessketten und Anlagen	3
2.2.	Verfahrensentwicklung	8
2.3.	Tribologie und Oberflächentechnik	13
3.	Abgeschlossene Arbeiten	20
3.1.	Habilitationen und Dissertationen	20
3.1.1.	Habilitationen	20
3.1.2.	Dissertationen	20
3.2.	Studien und Diplomarbeiten	20
3.2.1.	Studienarbeiten/Bachelorthesis	20
3.2.2.	Diplomarbeiten/Masterthesis	21
4.	Veröffentlichungen und Vorträge	24
5.	Veranstaltungen	27
6.	Studentenzahlen	27

1 Institutsprofil

Organisationsstruktur



Personalstruktur

Professoren und Lehrbeauftragte:	03
Wissenschaftliche Mitarbeiter/innen:	27
Mitarbeiter in Verwaltung und Technik:	10
Studentische Hilfskräfte:	45

2 Laufende Forschungsarbeiten

2.1 Prozessketten und Anlagen

» Formäleon - Wandlungsfähige Blechumformung durch Einsatz von Servotechnologie (Avemann, J.)

Die überwiegend kleinen und mittelständischen Betriebe der Umformtechnik sind von sich ändernden Rahmenbedingungen (wie schwankender Absatz- und Beschaffungsmärkte) in besonderem Maße betroffen. Weil Umformprozesse in der Regel für Großserienproduktionen mit einem hohen Automatisierungsgrad genutzt werden, verursachen Änderungen laufender Prozesse aufwendige Prozessplanungen sowie hohe Investitionen in Maschinen und Werkzeuge. Aufwändige Rüstprozesse und in der Praxis auftretende Fehler und Störungen erfordern von den Beschäftigten komplexe Kenntnisse, um die Verfügbarkeit der Anlagen zu sichern.

Schwerpunkt des Forschungsprojekts Formäleon ist es, die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für die Wandlungsfähigkeit in Betrieben der Blechumformung zu schaffen. Dazu gehört die Entwicklung einer adaptiven Steuerung, die die Qualität der Bauteile erfasst und die Umformprozesse entsprechend steuert. So erfolgt eine automatische Anpassung an prozessbeeinflussende Eingangs- und Umgebungsgrößen, wie z.B. an geänderte Werkstoffe und Umgebungstemperaturen. Des Weiteren soll die Integration von zusätzlichen Prozessen wie Löten und Schweißen in der Presse ermöglicht werden, um diese Bearbeitungsschritte wahlweise hinzufügen, entfernen, austauschen oder duplizieren zu können. Dies erlaubt eine schnelle Anpassung bestehender Prozessketten an geänderte Bauteilanforderungen und Nachfrageschwankungen sowie eine hohe Auslastung der Maschinen und vermeidet Engpässe in der Produktion.

Voraussetzung für die industrielle Umsetzung der entwickelten Methoden ist die Qualifikation der Beschäftigten. Im Rahmen des Projekts wird ein IHK-zertifiziertes Ausbildungsprogramm entwickelt, das die benötigten Kenntnisse für eine wandlungsfähige Produktion bereitstellt. Die Um-

setzung und Verifikation der Ergebnisse erfolgt anhand von Demonstrationsbauteilen aus dem Bereich der Automobil- und Konsumgüterindustrie, deren Herstellung viele Bereiche der Blechumformung wie Biege-, Zieh-, und Fügeoperationen erfordert. Die gewonnenen Erkenntnisse können auf weitere Branchen wie den Zug- und Flugzeugbau sowie auf weitere Materialien wie Aluminium und hoch- und höchstfeste Stähle übertragen werden.

» PROFORM – An innovative manufacture process concept for a flexible and cost effective production of the vehicle body in white: Profile Form (Berner, S.)

Die europäische Automobilindustrie ist einer der weltweit größten und einflussreichsten Industriezweige. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren und auf den steigenden Druck von Markt und Politik reagieren zu können ist sie gezwungen:

- Produktionskosten zu senken
- Entwicklungszeiten zu verkürzen
- Befriedigung individueller Kundenwünsche
- Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen zu reduzieren.

Zusätzlich zu diesen Herausforderungen besteht das Bestreben die Lieferzeiten deutlich zu reduzieren. Dies hat unter anderem zur Konsequenz, dass die produzierende Zulieferindustrie gezwungen wird, kostengünstige und flexibel auf Kundenwünsche einstellbare Verfahren zu entwickeln.

PROFORM ist ein europäisches Forschungsprojekt, in dem Automobilhersteller, Zulieferer, Werkzeug- und Anlagenbauer zusammen mit Universitäten und Forschungsinstituten neue Fertigungskonzepte für Karosserie- und Strukturbauteile entwickeln, die den genannten Anforderungen gerecht werden. Das Konzept basiert auf der Verknüpfung von drei aufstrebenden Fertigungsverfahren

- Walzprofilieren
- Laserumformen und
- elektromagnetisches Umformen

in einer Fertigungslinie. Innerhalb des Projektes werden die drei Umformverfahren untersucht und durch die Verwendung von multifunktionalen

Materialien und Nano- sowie Mikrotechnologien optimiert.

Am PtU Darmstadt wird im Rahmen dieses Projektes das flexible Walzprofilieren betrachtet. Mittels dieses am Institut entwickelten Verfahrens ist es möglich Profilbauteile mit über der Längsachse veränderlichen Querschnitten durch Walzprofilieren herzustellen. Zur Untersuchung des Verfahrens wird in diesem Rahmen eine Anlage bestehend aus mehreren flexiblen Walzprofiliergeräten aufgebaut. Das Augenmerk wird auf die Verknüpfung der einzelnen Umformstufen und die geometrische Erweiterung von flexibel profilierten Bauteilen gelegt. Durch den Aufbau der gesamten Prozesskette des flexiblen Walzprofilierens können Einflussfaktoren von Prozess, Anlage und Halbzug auf das gefertigte Werkstück betrachtet und analysiert werden. Ziel ist es, hieraus den Gesamtprozess weiterzuentwickeln und zu optimieren, um so steigenden Anforderungen an die Profilqualität gerecht zu werden.

» Herstellung von UFG Werkstoffen durch Rundkneten (Görtan, O.)

Durch große plastische Deformation (SPD) erzeugte ultrafeinkörnige (UFG) Werkstoffe weisen vielversprechende Eigenschaften auf, wie z.B. eine Kombination aus hoher Festigkeit und Duktilität, die sie für viele technische Anwendungen interessant machen. Trotz des breiten möglichen Anwendungsspektrums ist ihre kommerzielle Nutzung bislang sehr begrenzt. Die Ursache hierfür liegt vor allem in dem hohen Fertigungsaufwand für UFG Werkstoffe

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Optimierung eines neuen SPD Prozesses zur kontinuierlichen Herstellung von UFG Werkstoffen auf Basis eines modifizierten Rundknetverfahrens. Neben der Herstellung von UFG Werkstoffen werden als grundlegende Optimierungsansätze die Verbesserung der resultierenden Werkstoffeigenschaften und die Steigerung der Effizienz des Verfahrens verfolgt.

Es werden zunächst geeignete Werkzeuge für SPD- Verfahren entwickelt. Mit der konservativen Auslegung eines ersten Werkzeugsatzes ist die

Machbarkeit des Prozesses gezeigt worden. Der neuentwickelte Prozess „Equal Channel Angular Swaging“ (ECAS) ist in der Lage, eine Kornfeinung im Material durch Subkornbildung zu erzeugen und zeichnet sich durch geringe Prozesskräfte aus. Mit einer optimierten zweiten Werkzeuggeometrie wurde die Effizienz vom ECAS-Prozess gesteigert. Somit ist das Potenzial des Verfahrens besser genutzt.

» Generierung lokaler, hydrostatischer Druckschmierzustände beim Tiefziehen (Klöpsch, C.)

Das Spektrum der mit Leichtbauwerkstoffen darstellbaren Geometrien ist begrenzt. Weiterhin führen die bei höherfesten Stählen vorliegenden hohen Beanspruchungen sowie die Adhäsionsneigung von Aluminium-Werkstoffen zu erhöhtem abrasiven und adhäsivem Verschleiß. Zur Optimierung des Tiefziehprozesses sind daher Maßnahmen erforderlich, die eine Erweiterung der Formgebungsgrenzen und gleichzeitig eine Verschleißminderung ermöglichen.

Ziel des Projektes ist es, das Prinzip der hydrostatischen Druckschmierung in den Tiefziehprozess zu integrieren. Die am Ziehradius vorliegende Reibkraft erhöht die Gesamtzugkraft je nach Reibungskoeffizient erheblich. Daher verspricht eine dortige Minderung der Reibkraft durch eine hydrostatische Druckschmierung eine deutliche Erweiterung der Prozessgrenzen.

Da der notwendige Fluidruck zum Aufbau eines hydrostatischen Druckpolsters und auch das Potenzial der erzielbaren Gesamtzugkraftreduktion direkt von der Größe der lokalen Kontaktnormalspannungen abhängen, ist eine grundlegende Analyse der im Tiefziehprozess vorliegenden Beanspruchungszustände erforderlich. Dabei zeigt sich, dass sich diese Beanspruchungen je nach Werkzeug-, Material- und Prozessparameter hinsichtlich Größe und Verteilung der Kontaktnormalspannungen deutlich unterscheiden. Neben diesen grundlegenden Analysen zur Auslegung der Druckkanäle besteht ein zweiter Schwerpunkt in der konstruktiven Implementierung der hydrostatischen Druckschmierung in Tiefziehwerkzeuge.

Hierzu werden mögliche Ansätze hinsichtlich ihrer fertigungstechnischen Machbarkeit sowie der entstehenden Kosten beurteilt. Endergebnisse des Forschungsvorhabens sind eine Potenzialanalyse des Tiefziehens mit hydrostatischer Druckschmierung sowie Gestaltungsrichtlinien und Prozessführungsstrategien für einen effizienten Prozess.

Zusammenfassend konnten beim Tiefziehen mit hydrostatischer Druckschmierung gegenüber dem konventionellen Prozess die Formgebungsgrenzen erweitert sowie weiterhin reib- und verschleißbedingte Problemzonen beseitigt werden.

» Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität – Auslegung der Steuerung für eine 3D Servopresse (Kraft, M.)

Das hier beschriebene Forschungsprojekt wird im Rahmen des SFB805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ bearbeitet. Das Teilprojekt (B2b) beschäftigt sich mit der Beherrschung technologischer Unsicherheiten, die aus dem beschaffungsmarktbasierten Teil der Wertschöpfungskette erwachsen. Für diese Unsicherheiten sollen geeignete Regelungsstrategien gefunden werden. Die Regelung zielt auf die Beherrschung von Halbzeugtoleranzen bei der Herstellung von lasttragenden Bauteilen ab.

Die Auslegung von Steuerung und Regelung der 3D Servopresse bilden hierzu die Basis. Bei der Auslegung ist sowohl auf die Realisierung von Bewegungsmustern für die Stößelbewegung zu achten, wie auf die Möglichkeit der Regelung der Bewegung des Stößels in Abhängigkeit von Prozesssignalen.

Hierzu erfolgt die Auslegung bzw. Simulation der Kinematik der 3D Servopresse. Die in den Vorarbeiten erstellte 3D Servopresse dient als Modell der Verdeutlichung der Pressenkinematik. Zur Skalierung auf einen größeren Maßstab müssen die relevanten Lagen der Gelenke und die Dimensionierung der einzelnen Glieder bestimmt werden. Der Verlauf der Presskraft über dem Hub, die Belastung der Antriebselemente sowie die Gleichmäßigkeit der Getriebeübersetzung über dem Hub sind wichtige Kriterien für die Getriebeauslegung

und werden mit Hilfe der Mehrkörpersimulation ermittelt.

Des Weiteren werden für das Taumelpressen und das Stauchen eines Flansches an Voll- und Hohlzylindern Simulationen durchgeführt und der Einfluss von Halbzeugeigenschaftsschwankungen studiert. Für das Taumelpressen werden unterschiedliche Regelungen entwickelt, mit denen auf Veränderungen von Prozessgrößen durch die Werkzeugbewegung bzw. Kinematik geschlossen wird. Dabei sollen besonders sinnvolle Messgrößen identifiziert werden. Potenzielle Parameter zur Prozessanpassung sind die Schrägstellung des Stempels, die Anzahl der Umdrehungen sowie der Vorschub. Relevante Produkteigenschaften bilden zunächst geometrische Größen.

» Herstellung verzweigter Bauteile durch integrierte Umform-, Zerspan- und Fügeoperationen (Ludwig, C.)

Verzweigte Bauteile in Form von Mehrkammerprofilen werden in vielfältigen Bereichen der Technik als Leichtbauelemente und multifunktionale Bauteile eingesetzt. Gegenwärtig werden diese überwiegend durch Strangpressen aus Aluminiumlegierungen hergestellt. Für Stahlwerkstoffe bestehen gravierende technologische und wirtschaftliche Einschränkungen. Walzprofilieretechnik sind Mehrkammerprofile nur mit aufwändigen und gewichtserhöhenden Materialdopplungen herstellbar. Somit fehlen derzeit innovative Fertigungs- und Anlagenkonzepte zur Herstellung von Profilen aus Stahl ohne diese Einschränkungen.

In diesem Projekt werden die Grundlagen für eine synchronisierte Fertigung verzweigter Blechstrukturen durch Kombination von Umform-, Trenn-, Füge- und Beschichtungsverfahren geschaffen. Für die Realisierung der angestrebten Fließfertigung wurden die Verträglichkeit der Einzelprozesse sowie eine geringe Störungsempfindlichkeit als essentielle Voraussetzungen identifiziert.

Arbeiten früherer Forschungsphasen belegten die hohe Attraktivität dieses Fertigungssystems, wenn es gelingt, die Verträglichkeit der Einzelprozesse miteinander und die Stabilität der Vorgänge zu

gewährleisten. Für die Kombination von Spalt-, Walzprofilier-, HSC-Fräs- und Laserschweißprozessen konnten rekonfigurierbare Fertigungsfolgen identifiziert und realisiert werden, die eine Linienfertigung ermöglichen.

In der jetzigen Phase des Forschungsvorhabens wird einerseits die erfolgreich gestaltete Technologie des Spaltbiegens in die synchronisierte Fertigung integriert, andererseits zielen die Arbeiten auf die frühzeitige Erkennung von Prozessstörungen, deren Ursachen und die Identifikation möglicher Abhilfemaßnahmen. Hier liegen die Schwerpunkte auf der Qualifikation geeigneter Messverfahren und -datenverarbeitungen sowie der Ermittlung von Wechselwirkungen zwischen Prozessgrößen und qualitätsrelevanten Produkteigenschaften.

» SFB 666 – Rechnerunterstützte Bauteiloptimierung durch numerische Prozesskettenanalyse (Rullmann, F.)

Die Herstellung verzweigter Blechbauteile ohne Dopplungen ist dank des neuen Verfahrens Spaltprofilieren möglich. Durch den Einsatz dieses Verfahrens in einer Prozesskette zur Herstellung von Mehrkammer-Profilen können somit anspruchsvolle Bauteile belastungsgerecht gefertigt werden.

Während der Herstellung eines komplexen Profils entstehen prozessbedingte Eigenschaftsgradienten wie z. B. lokale Verfestigungen, so dass die Annahme eines homogenen Werkstoffs im fertigen Teil nicht mehr gültig ist. Eine zuverlässige Betriebsfestigkeitsanalyse ist somit nur unter Berücksichtigung dieser Veränderungen möglich.

Die Bewertung und Optimierung verzweigter Blechbauteile hinsichtlich der Wechselwirkungen des Herstellprozesses und der Gebrauchseigenschaften kann wirtschaftlich nur durch numerische Prozesskettensimulationen erfolgen.

Ziel ist es daher, die gesamte Prozesskette vom ebenen Blech bis zum eingeformten Bauteil durchgängig zu simulieren, um die Beeinflussung des Herstellprozesses auf die Betriebsfestigkeit zu berücksichtigen.

In einem ersten Arbeitsschritt wurden alle in der Prozesskette verknüpften umformenden Einzelprozesse (Spaltprofilieren, Walzprofilieren) der gesamten Prozesskette in den Simulationen abgebildet und auf relevante Einflussparameter untersucht. Die Ergebnisse einer Umformstufe werden als Eingangsparameter für die Simulation der nachfolgenden Stufe verwendet. Anschließend wird anhand der ganzheitlichen Prozesskettensimulation eine Prozessoptimierung hinsichtlich der Bauteileigenschaften durchgeführt.

Zukünftig sollen werkstoffspezifische Materialparameter durch Experimente ermittelt und mit den FE Simulationen verglichen werden, um dann die Werkstoffschädigungen numerisch abzubilden.

Die numerische Analyse der gesamten Prozesskette ermöglicht somit schnell, zuverlässig und mit geringem Kostenaufwand die Vorhersage der Produkteigenschaften unter Berücksichtigung des Herstellprozesses. Des Weiteren können systematisch und effektiv Parametervariationen zur Erlangung umfassenderer Informationen durchgeführt werden.

» Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität – Aufbau von Produktionsfamilien für die umformende Fertigung mittlerer und höherer Stückzahl (Schmitt, S.)

Im Rahmen des SFB 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ wird das nachfolgend beschriebene Forschungsprojekt bearbeitet. Ziel dieses Teilprojektes B2a ist die Beherrschung von Unsicherheiten, die durch Änderungen im absatz- und beschaffungsbasierten Teil der Wertschöpfungskette bei umformenden Fertigungsprozessen auftreten. Um dies zu erreichen ist es vorgesehen, so genannte Produktionsfamilien bestehend aus Teilprozessen zu entwickeln, welche die Adaptation einer Prozesskette bei Absatzmarktunsicherheiten an die zu fertigende Stückzahl bei gleich bleibender Bauteilqualität erlaubt.

Als Grundlage für die genannten Produktionsfamilien dient ein noch zu entwickelnder Prototyp einer 3D Servo Presse, der auf einem bereits vorhandenen Modell basiert. Diese Maschine zeichnet

sich durch eine Hebelkinematik aus, die sowohl einen kraft- als auch weggebundenen Betrieb sowie eine Kombination aus beiden genannten Betriebsarten ermöglicht. Gleichzeitig besitzt der Stößel neben dem vertikalen Pressenhub die Möglichkeit gezielt um zwei Achsen zu verkippen um auf diese Weise das Bewegungsspektrum und damit die Fertigungsmöglichkeiten der Maschine im Vergleich zu konventionellen Pressensystem erheblich zu vergrößern.

Für die Entwicklung der neuen 3D Servo Presse ist es notwendig, die einzelnen Elemente des vorhandenen Modells zu überarbeiten und neu zu entwickeln, um den Anforderungen zu entsprechen. Dabei wird der Schwerpunkt besonders auf die Auslegung, Konstruktion und Simulation der Stößelbaugruppen mit den eingesetzten Lagerungen und Führungen sowie auf die Hebelkinematik gesetzt.

Neben der Pressenentwicklung werden Produktklassen und die zugehörigen Produktionsprozesse definiert und systematisch nach geometrischen Merkmalen klassifiziert, um im Anschluss eine mathematische Optimierung zu ermöglichen. Mit dem Ziel, die Beherrschung von Unsicherheiten des Absatzmarktes zu ermöglichen, wird die Gesamtheit der Produkte und Prozesse zu Produktionsfamilien verknüpft.

» Vorformgeometrien für das Innenhochdruck-Umformen (IHU) durch flexibles Walzprofilieren (Vogler, F.)

Die erreichbaren Querschnittsunterschiede von hohlförmigen Bauteilen durch Innenhochdruck-Umformen sind begrenzt. Dies gilt insbesondere beim Einsatz höherfester Stahlgüten sowie Aluminium, wenn auf aufwendige Zusatzoperationen wie Glühen verzichtet werden soll. Das flexible Walzprofilieren bietet eine Möglichkeit zur angepassten Halbzeugherstellung. Durch die Verwendung querschnittsangepasster Halbzeuge ergeben sich für das IHU neue Möglichkeiten, Bauteile mit stark unterschiedlichen Querschnittsverhältnissen wirtschaftlicher herzustellen.

Es finden experimentelle Untersuchungen zur Einformung durch Rollprofilieren und zum Schließen

der Profile durch Schweißen statt. Eine große Herausforderung stellt das Schließen der Profile dar, da durch das flexible Profilieren erhebliche Formänderungen in den Flanschen der Profile eingebracht werden und somit erhöhte Anforderungen an die Prozessführung zur Erreichung der für das Schweißen benötigten Bauteilgenauigkeit gelten. Mit den gefertigten Hohlkörpern werden anschließend Untersuchungen zum Biegen sowie zum Innenhochdruck-Umformen durchgeführt. Nach der Durchführung von Berstversuchen zur Halbzeugcharakterisierung werden Ausformversuche in einem IHU-Werkzeug bewerkstelligt.

2.2 Verfahrensentwicklung

» Sonderforschungsbereich 666 – Teilprojekt B1: Erweitern der Verfahrensgrenzen beim Spaltprofilieren (Schmitt, W.)

Die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen bezüglich des Spaltprofilierens fokussierten die Umformung von Halbzeugen konstanter Breite. Leichtbauanwendungen erfordern im Fall geschlossener Profile jedoch belastungsangepasste, variable Querschnitte. Ziel des Teilprojektes ist daher die Erweiterung des herstellbaren Formenspektrums durch die Entwicklung des flexiblen Spaltprofilierens von Halbzeugen mit variablem Bandkantenverlauf. In dem Forschungsvorhaben kommen sowohl analytische als auch experimentelle Methoden zum Einsatz. Die Grundlage des Projektes bilden numerische Arbeitsschwerpunkte zur Durchführung spannungsmechanischer und kinematischer Voruntersuchungen sowie zur Werkzeugdimensionierung. Darauf folgt die Konzeption, Konstruktion und praktische Umsetzung eines Versuchswerkzeuges. Für die Aktorik sind entsprechende Steuer- und Regelungskonzepte zu entwerfen und zu realisieren. Im Rahmen von Versuchen wird das Verfahren implementiert, Parametervariationen werden durchgeführt, Schwachstellen detektiert und analysiert sowie eine Verfahrensoptimierung vorgenommen. Verfahrensgrenzen werden sowohl mittels experimenteller, als auch mit Hilfe analytischer Sensitivitätsanalysen bestimmt.

Das methodische Erweitern des Spaltprofilierprozesses ermöglicht die Realisierung von spaltprofilierten Halbzeugen mit variabler Bandbreite. Deren Weiterverarbeitung hin zu geschlossenen und belastungsangepassten Profilen variablen Querschnitts erfolgt mittels eines Walzprofilierprozesses.

» Sonderforschungsbereich 666 – Teilprojekt B5: Tiefziehen von verzweigten Blechen (Bäcker, F.)

Die Entwicklung der Verfahren Spaltprofilieren und Spaltbiegen zur integralen Verzweigung von Blechen ermöglicht die kostengünstige Herstellung verzweigter Halbzeuge für die umformtechnische Weiterverarbeitung. Diese neuen Halbzeuge erweitern ihrerseits das Anwendungsspektrum etablierter Umformverfahren. So ermöglicht beispielsweise das Tiefziehen spaltgebogener und spaltprofilierter Bleche die Herstellung mehrfach gekrümmter Flächentragwerke mit annähernd parallel verlaufenden Stegen ohne aufwendige Fügeoperationen. Die Vorteile der Tiefziehverfahren lassen sich somit auf Leichtbaustrukturen übertragen und sollen neben einer technologischen Verbesserung von Tragwerks- und Crashelementen auch die produktive Fertigung solcher Bauteile ermöglichen.

Im Kalenderjahr 2010 wurde im Rahmen des Teilprojektes B5 des Sonderforschungsbereiches 666 ein Werkzeugsystem zum wirkmedienbasierten Tiefziehen entwickelt. Neben der prinzipiellen Eignung zur Stegblechumformung standen dabei eine möglichst einfache Modifizierbarkeit der formgebenden Werkzeugteile sowie eine Vergrößerung der herstellbaren flächigen Bauteile gegenüber ersten bestehenden Versuchsbauteilen im Vordergrund. Aufgrund des sehr inhomogenen und bereichsweise stark verfestigten Halbzeugs sind bekannte Gesetzmäßigkeiten zu Materialfluss, Versagensmechanismen und -grenzen nicht gültig. Neben technologischen Fragestellungen zu dem neuen Verfahren werden daher auch die Grundlagen der Prozessauslegung und -steuerung erarbeitet. Dies beinhaltet auch die Untersuchung der Einflüsse vorgelagerter Umformoperationen auf das Tiefziehen mit Innenhochdruck sowie Einflüsse der Prozesssteuerung auf Versagensfälle, insbesondere das Stabilitätsverhalten der Stege. Die umgesetzte Werkzeugkonstruktion erlaubt sowohl das Abfahren geometriebedingter Prozessgrenzen zur systematischen Untersuchung der Stegblechumformung sowie die Herstellung anwendungsnaher Demonstratorbauteile in Form von mehrfach gekrümmten Flächentragwerken.

» Sonderforschungsbereich 666 – Transferprojekt T1: Beherrschen von Toleranzfeldern beim Spaltprofilieren (Taplick, C.)

Das neue Massivumformverfahren Spaltprofilieren ermöglicht das Fertigen von verzweigten Profilen in integraler Bauweise. Die grundsätzliche Machbarkeit des kontinuierlichen Spalt- und Walzprofilierens konnte im Rahmen des an der TU-Darmstadt eingerichteten Sonderforschungsbereiches (SFB) 666 gezeigt werden. Untersuchungen ergaben, dass verzweigte Profile aus Blech mit definierten Flanschlängen realisierbar sind. Für eine wirtschaftliche Nutzung der erarbeiteten Technologien fehlen bisher noch weiterführende Erkenntnisse über die erreichbaren Toleranzen unter industriellen Bedingungen.

Ziele dieses Transferprojektes sind die Analyse erforderlicher Genauigkeiten für potenzielle, durch Spaltprofilieren industriell realisierbare Produktklassen und das Ableiten von Maßnahmen für das Erreichen dieser Toleranzfelder in kontinuierlichen Spalt- und Walzprofilierprozessen. Anhand zweier Produkte sind die fertigen Toleranzen zu dokumentieren. Bei Abweichungen zu den zulässigen Toleranzen der ausgewählten Produkte sind Maßnahmen zur Eingrenzung des Toleranzfeldes abzuleiten und umzusetzen. Hierzu ist eine Weiterverarbeitung des Steges und der in den vorangegangenen Projektschritten erzeugten Flansche erforderlich. Aufgrund der Vielzahl an Einstellmöglichkeiten einer Spaltprofilieranlage sind eine Vereinfachung der Einrichtarbeiten und die Untersuchung des Einflusses von Störgrößen, wie z.B. die Fehljustage eines Rollenwerkzeugs, weitere Ziele des Transferprojektes.

Im ersten Arbeitsschritt wird eine Analyse von Produktanforderungen vorgenommen und die Zielgeometrie der Prototypen definiert. Darauf folgt die Prozesskettenauslegung und –gestaltung zur Herstellung der Demonstratoren. In einem anschließenden Schritt erfolgt die Auslegung und Konstruktion der Werkzeuge für die Einzelprozesse. Parallel hierzu wird eine numerische Sensitivitätsanalyse der einzelnen Prozessschritte vorgenommen. Im Folgenden werden die erreichbaren

Toleranzfelder experimentell untersucht. Maßnahmen zur Eingrenzung der gefundenen Toleranzfelder werden im weiteren Verlauf des Projektes erstellt. Die erarbeiteten Maßnahmen werden abschließend zur Entwicklung geeigneter Rüststrategien zur Beherrschung der Toleranzfelder eines Spalt- und Walzprofilierprozesses genutzt.

» Umformtechnik für Edel- und Sondermetalle (Abrass, A.)

Wegen der steigenden Nachfrage an hochwertigen Produkten aus Sonder- und Edelmetallen aus industrieller Massenfertigung zeichnet sich ein klarer Bedarf an optimierten Fertigungstechnologien ab. Insbesondere die im Projekt betrachteten Sonderwerkstoffe wie Tantal- und Nioblegierungen sowie Edelmetalllegierungen sind wissenschaftlich hinsichtlich ihrer Umformbarkeit kaum durchdrungen. Hier setzt das Projekt an: Als Ersatz für die traditionellen Trial & Error – Verfahren sollen methodenbasierte Ansätze für die schnelle und optimale Entwicklung von Bauteilen aus Sonder- und Edelmetallen auf der umformtechnischen Route erarbeitet werden.

Das Ziel des Projekts ist, neue numerische Methoden zu entwickeln und zu validieren, welche eine durchgehende Entwicklung und Herstellung von Produkten aus Sonder- und Edelmetallen auf umformtechnischem Wege ermöglichen.

Hierzu ist es notwendig, eine Datenbank für die tribologischen Kennwerte von Edel- und Sondermetallen aufzubauen. Hinsichtlich dieses Vorhabens bedarf es numerischer Methoden zur Beschreibung des Umformverhaltens von Sonder- und Edelmetallen. Eine herausragende Rolle in der umformtechnischen Simulation ist die genaue Kenntnis von Materialdaten. Dies verlangt eine exakte experimentelle Untersuchung, insbesondere den Einfluss der Temperatur und Umformgeschwindigkeit auf das Materialverhalten. Die Validierung der Methoden erfolgt durch den Abgleich der Simulationsergebnisse mit den Ergebnissen der Realversuche.

» Entwicklung neuartiger Leichtbau-Rollprofile aus flexibel gewalzten höher- und höchstfesten Mehrphasenstählen (Tailor Rolled Blanks) für den Automobil- und Transportsektor (Beiter, P.)

Um den kontinuierlich steigenden Anforderungen an Sicherheit und Umweltverträglichkeit zukünftiger Fahrzeuge Rechnung zu tragen und zusätzlich dem Trend der stetigen Gewichtszunahme von einem Fahrzeugmodell zu seinem Nachfolger entgegen zu wirken, werden im Automotive- und Transportsektor seit einigen Jahren verstärkt Leichtbaustrategien im Karosserie- und Strukturbereich gesucht und erforscht. Vor allem eine belastungsoptimierte, d.h. variable Wanddickenverteilung innerhalb der strukturbildenden Bauteile verspricht hier ein großes Einsparpotential.

Ziel des Forschungsvorhabens HI-PAT ist daher die Entwicklung einer hoch integrierten Profilbaukastenfamilie für den Automotive- und Transportsektor aus höher- und höchstfesten Mehrphasenstählen mit belastungsangepassten Blechdickenverläufen. Dazu sollen sog. Tailor Rolled Blanks (d.h. Bleche mit einem variablen Dickenverlauf in Walzrichtung) durch Walzprofilieren zu stabförmigen Strukturbauteilen umgeformt werden.

Mit Hilfe eines Prototypenwerkzeuges, welches speziell auf das eingesetzte Halbzeug angepasste Kinematiken besitzt, werden am PtU Grundlagenuntersuchungen zum Profilieren von TRBs im kontinuierlichen sowie im Reversierbetrieb durchgeführt. Von besonderem Interesse sind hierbei die Maßhaltigkeit und die resultierenden Bauteileigenschaften der erzeugten Profile.

» Grundlagen der umformgerechten Papierherstellung (Huttel, D.)

Papier ist aufgrund seiner geringen Dichte, seiner Festigkeit, aber besonders im Hinblick auf seine ökologische Verträglichkeit ein attraktiver Werkstoff. Zurzeit ist die Verarbeitung von Papier zu komplexen Strukturen hauptsächlich auf energieintensive Urformverfahren und einfache Fertigungsverfahren beschränkt. Besonders in Bezug auf um-

formspezifische Kenngrößen und Verfahren sind nur wenige wissenschaftliche Arbeiten vorhanden.

Die Aufgabe des Forschungsvorhabens besteht in der Untersuchung der werkstoff- und prozesseitigen Grundlagen, die zur Bildung dreidimensionaler Strukturen aus dem Werkstoff Papier nötig sind. Hierbei stellt neben der Optimierung des Werkstoffes Papier und der Identifikation der für den Umformprozess entscheidenden Werkstoffparameter die Optimierung des eigentlichen Umformprozesses ein weiteres Ziel dar.

Die experimentelle Identifikation der Werkstoffkenngrößen dient der Beschreibung des Verformungs- und Schädigungsverhaltens des Werkstoffes Papier. Die Ziele sind eine Abbildung der Vorgänge mit den Finite Element Methoden und den Möglichkeiten der Kontinuumsmechanik. Hieraus resultiert ein tieferes Verständnis der bei der Umformung im Werkstoff Papier ablaufenden Vorgänge und daraus folgend eine Optimierung der Umformprozesse und somit der Möglichkeiten komplexe dreidimensionale Strukturen zu erzeugen.

Anhand ausgewählter Parameter werden verschiedene Papiersorten mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt, diese werden dann in einem ersten Arbeitsschritt mit diversen Prüfverfahren untersucht und ihre Eignung für das Projektziel bestimmt. Im Anschluss werden die Werkstoffparameter der selektierten Proben experimentell ermittelt und es findet der Aufbau der FEM Modelle und die Beschreibung des Verhaltens mit Hilfe der Kontinuumsmechanik statt. In nachfolgenden Experimenten wird das FEM Modell optimiert und validiert. Parallel werden für den Werkstoff optimierte Umformprozesse entwickelt und erste Bauteile hergestellt.

Dieses Forschungsprojekt ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem Fachgebiet „Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik“ (PMV, Leitung Professor Dr.-Ing. Samuel Schabel) und dem „Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen“.

» LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronik – Research, Innovation, Application) (Ibis, M.)

Mit dem LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronik – Research, Innovation, Application) wird der Aufbau und die nachhaltige Implementierung eines international führenden Forschungszentrums für Adaptronik am Wissenschaftsstandort Darmstadt verfolgt. Übergeordnetes technologisches Ziel ist es, mit Hilfe der Adaptronik einen nachhaltigen, konsequenten Leichtbau technischer Strukturen zu ermöglichen, bei sowohl gleichzeitig verbesserter Energieeffizienz über dem Lebenszyklus als auch erhöhter Funktionalität sowie Performancesteigerung.

Die Integration von elektronischen Elementen in Stahlbleche gewinnt zunehmend an Bedeutung. Daher arbeitet das PtU im Rahmen des AdRIA-Projektes an der Umformung von funktionalen Stahlblechen, die vor dem Umformprozess mit leitfähigen Polymeren bedruckt werden. Diese umformbaren elektrischen Leiterbahnen dienen als Zuleitungen zu den adaptronischen Elementen. Zur Untersuchung der Umformbarkeit funktional bedruckter Bleche sind in einem ersten Schritt speziell angefertigte Zugproben um unterschiedliche Beträge plastisch uniaxial gedehnt worden. Hierzu wurden genormte Zugproben mit isolierenden und leitfähigen Polymeren im Siebdruckverfahren bedruckt. Durch die elektrische Charakterisierung der isolierenden und der leitfähigen Schichten vor und nach dem Zugversuch (Durchschlagsfestigkeit, elektrischer Widerstand, etc.) konnte der Einfluss der Umformung auf die Funktionsfähigkeit der funktionalen Schichten qualitativ bestimmt werden. Die Analysen ergaben, dass die funktional bedruckten Bleche bis zu einer plastischen Dehnung von etwa 20% umgeformt werden können.

Zur Validierung der durchgeführten Versuche hat eine Erweiterung der Ergebnisse aus den Zugversuchen auf einen zweidimensionalen Streckziehversuch stattgefunden. Hierzu sind Blechenden funktional bedruckt und anschließend zu einem rotationssymmetrischen Napf umgeformt worden. Dabei wurden die funktionalen Sensorstrukturen so positioniert, dass durch die Umformung ein mit

den Ergebnissen aus den Zugversuchen vergleichbarer Vergleichsumformgrad von etwa 20% erreicht wurde. Erste Untersuchungen zeigen, dass sich die Ergebnisse aus den Zugversuchen auf dreidimensionale Strukturen übertragen lassen. Ferner gelang es mit metallischen, elektrischen Leiterbahnen versehene Blechstreifen durch das Verfahren des Walzprofilierens umzuformen. Nach dem Umformprozess waren sowohl die Isolationswirkung als auch die elektrische Leitfähigkeit des funktionalen Verbundes vorhanden.

» Auslegungsalgorithmen für „flexible“ Walzprofilierprozesse (Storbeck, M.)

Durch die Integration des flexiblen Profilierens in die Prozesskette Walzprofilieren ist es möglich, Produktfamilien von Profilen mit veränderlichem Querschnitt kontinuierlich und flexibel herzustellen. Beim Vorgang des flexiblen Walzprofilierens entsteht die für dieses Verfahren typische Dehnungsverteilung im Profilschenkel des Bauteils, weshalb man den aufgeweiteten Bereich des Profils in einen Zug- und einen Druckbereich aufteilen kann. Im Druckbereich kann es bei Überschreiten einer kritischen Spannung zu Beulen bzw. Falten kommen, die in Bezug auf die Maßhaltigkeit des Bauteils nicht toleriert werden können. In diesem Zusammenhang wurde ein analytisches Modell zur schnellen Überprüfbarkeit der Herstellbarkeit solcher Profile aufgestellt. Darauf aufbauend wurden in 2010 weitere Ansätze verfolgt, um die im Profilschenkel herrschenden Spannungen zu ermitteln. Bei der Validierung ergab sich eine leichte Verbesserung der Ergebnisgüte des Modells. Weiterhin konnte ein schnelles Simulationsmodell entwickelt werden, welches die oben erwähnte charakteristische Dehnungsverteilung beim flexiblen Profilieren qualitativ sehr gut wiedergibt. Ebenso wurde die verfahrenstypische Interaktion zwischen Zug- und Druckbereich detailliert untersucht. Zur Erweiterung der Verfahrensgrenzen und Verbesserung der Geometrietreue dient der Ansatz örtlich variabler Biegewinkel. Dieser wurde hinsichtlich Ort und Intensität des Biegewinkels untersucht. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass die Vergrößerung des

Durchmessers der unteren Umformrolle eine große Annäherung an die Sollgeometrie des Bauteils mit sich bringt.

» Sonderforschungsbereich 805 – Teilprojekt B4: Integration von Funktionsmaterialien (Türk, M.)

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“ werden im Teilprojekt B4 die Grundlagen für die Integration adaptronischer Komponenten in massive metallische Strukturen durch inkrementelle Umformverfahren gelegt. Die Verbindung zwischen Tragstruktur und adaptronischer Komponente muss eine wechselseitige sichere Energieübertragung ermöglichen, eine hohe Langzeitstabilität aufweisen und nachfolgenden Bearbeitungsvorgängen standhalten. Inkrementelle Umformverfahren erscheinen für diese Integrationsaufgabe besonders attraktiv, weil sie einerseits ohne zusätzliche Füge­teile auskommen und Füge- und Formgebungsaufgaben gleichzeitig lösen können. Andererseits sind bei ihnen die Formgebung und die lokale Bauteilbeanspruchung durch die Wahl der Werkzeugbahnen in weiten Bereichen beeinflussbar. Eine große Herausforderung bei dieser Art der Integration stellt die Empfindlichkeit der adaptronischen Komponenten dar. Daher müssen bislang bekannte Methoden zur Auslegung von Werkzeugbahnen um die Berücksichtigung zusätzlicher Nebenbedingungen für die auftretenden Bauteilbeanspruchungen erweitert werden. In der ersten Phase liegt der Schwerpunkt der Tätigkeiten auf der Untersuchung von Integrationsmöglichkeiten von Piezoaktoren in Hohlstäbe. Die zum Einsatz kommenden Piezoaktoren dürfen im Betrieb nur mit Druckspannungen beaufschlagt werden, weshalb sie mit einer Vorspannung eingebaut werden müssen. Zur Realisierung der Kopplung von Hohlstäben und Piezoaktoren ist eine Regelung der Werkzeugbewegung notwendig, in die auch die während des Fügevorgangs auftretenden Signale der Piezoaktoren eingehen.

» Einfluss von Faserverlauf und Gefüge auf die Schwingfestigkeit warmmassiv- umgeformter, ausscheidungshärtender, ferritisch-perlitischer Stähle (Türk, M.)

Für kostengünstige AFP-Stähle, die immer weitere Verbreitung erlangen, soll die Schwingfestigkeit unter besonderer Berücksichtigung der Umformgeschichte (Faserverlauf im Gefüge) untersucht und numerisch abgebildet werden. Deren Wettbewerbsfähigkeit soll durch einen zutreffenden Bemessungsprozess, der die gesamte Umformgeschichte eines Bauteils berücksichtigt, gesteigert werden. Der Einfluss von zeiligen Schwefelverbindungen und Phosphoreinschlüssen auf die Schwingfestigkeit soll bewertet und in die Richtlinie des Forschungskuratorium Maschinenbau "Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Bauteile im Maschinenbau" aufgenommen werden. Im Rahmen dieses Projekts soll der Faserverlauf selbst das Material charakterisieren und nicht nur eine Hilfsgröße darstellen. Hierzu soll eine Methode zur Vorhersage des Faserverlaufes erarbeitet werden. Mit einer quantitativen Beschreibung der zeiligen Schwefelverbindungen und Phosphoreinschlüsse soll es möglich sein, Gebrauchseigenschaften von Bauteilen prospektiv bewerten zu können umso zusätzliche Einsparpotenziale (Leichtbau) bzw. Festigkeits- und Lebensdauererhöhungen, basierend auf lokalen Bemessungskonzepten, zu identifizieren.

2.3 Tribologie und Oberflächentechnik

» Qualifizierung neuer Tribosysteme für die Kaltumformung höchstfester Stahlbleche (Christiany, M.)

Das Forschungsvorhaben beinhaltet die Weiterentwicklung und Optimierung von Tribosystemen zur Kaltumformung höchstfester Stahlbleche. Hierzu werden keramische und pulvermetallurgische Werkzeuge in einem Laborversuch untersucht. Im Streifenziehversuch ist die praxisnahe Abbildung des kombinierten Tief- und Streckziehprozesses und der ihm eigenen tribologischen Verhältnisse möglich.

Das Ziel dieses Projektes ist es, neue Tribosysteme zur Kaltumformung höchstfester Stahlbleche unter kontinuierlicher Aufzeichnung aller relevanten Daten zu qualifizieren.

Vorrangig tragen die Untersuchungen dazu bei, Werkzeugstandzeiten zu erhöhen und die Prozesssicherheit zu verbessern. Experimentelle Untersuchungen sollen Auskunft über die sich einstellenden Verschleißmechanismen, Verschleißvolumen und Veränderungen des Oberflächenzustandes der unterschiedlichen keramischen und pulvermetallurgischen Werkzeugmaterialien geben. Als Referenz-Tribosystem ist ein konventioneller Werkzeugstahl in einem mehrfachvergüteten Zustand mit CVD-Schichtsystem Gegenstand der Untersuchungen.

Endergebnis des Forschungsvorhabens sind Gestaltungsrichtlinien für Tribosysteme zur Umformung höchstfester Stahlbleche.

Mit der Erweiterung des Versuchsmonitorings durch chromatisch konfokale Mikroskopie und Thermografie, soll es ermöglicht werden, geeignete Kenngrößen zu identifizieren, die genauere und verlässlichere Aussagen zum Verschleißverhalten von Werkzeugwerkstoffen unmittelbar im Versuch zulassen und gleichzeitig das Verhalten lückenlos aufzeichnen.

» Grundlagen und Mechanismen des EMPT-Schweißens (Elsen, A.)

Mit Hilfe der Elektromagnetischen Pulsumformtechnologie (EMPT) ist die stoffschlüssige Verbindung metallischer Komponenten ohne Zuführung von thermischer Energie möglich. Hierzu erfolgt eine gezielte Beschleunigung der zu verbindenden Bauteile durch ein gepulstes, hochenergetisches Magnetfeld. Sofern die Prozessparameter innerhalb eines Prozessfensters liegen ist die stoffschlüssige Verbindung beider Kontaktpartner durch Aufbau einer metallischen Bindung möglich. Im Gegensatz zum thermischen Schweißen tritt keine Gefügebeeinflussung durch Wärmeeinwirkung auf. Darüber hinaus ist mit Hilfe des EMPT-Schweißens auch die stoffschlüssige Verbindung ungleicher und konventionell nicht schweißbarer Materialpaarungen, wie z.B. Aluminium und Stahl, möglich.

Ziel des Kooperationsprojektes ist neben der Erstellung von Algorithmen und empirischen Modellen zur virtuellen Schweißsimulation (PSTproducts) und der Konzeption, Auslegung und Fertigung eines Modellprüfstands (LS-Mechanik), die grundlegende Untersuchung der beim EMPT-Schweißen wirkenden Mechanismen mittels oberflächentechnischer und materialwissenschaftlicher Methoden (PtU).

» Analyse und Beeinflussung des Wärmehaushaltes in der Blechumformung (Engels, M.)

Sowohl in der Umformung von Aluminium als auch hochfesten Stahlblechen wird während des Prozesses Wärme frei. Ursache hierfür sind einerseits in Wärme umgesetzte Umformenergie, andererseits Wärmeenergie aus Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück. Dieser dissipative Vorgang führt einerseits zu Aluminiumadhäsion an den Umformwerkzeugen und andererseits zu deutlich erhöhten Prozesstemperaturen und Schmierfilmeinbrüchen bei der Stahlumformung. Zudem weisen die umgeformten Werkstücke sehr hohe Temperaturen auf, was die Handhabung in der betrieblichen Praxis erschwert. In der Stahlumformung sind daher aktiv gekühlte Werk-

zeuge verbreitet. Bisher unbekannt sind allerdings die Einflüsse tribologischer Systemkomponenten auf thermodynamische Vorgänge und Wechselwirkungen zwischen Umformung, Reibung und Wärmeübertragung sowie -leitung.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, ein grundlegendes Verständnis für die Mechanismen der Wärmeentstehung und -ausbreitung in der Blechumformung zu entwickeln. Im Fokus steht dabei, die Haupteinflussparameter auf die Wärmeentstehung zu identifizieren. Über die Entwicklung einer Kennwertformulierung soll die Charakterisierung tribologischer Systeme hinsichtlich ihrer thermischen Wirksamkeit in der Blechumformung ermöglicht werden. Daneben konnten Tiefzieh- und Abstreckgleitziehprozesse thermomechanisch gekoppelt bis in einen stationären Temperaturzustand simulativ abgebildet werden. Dies ermöglicht es insbesondere durch Sensitivitätsanalysen gezielt die Haupteinflussgrößen auf die Temperaturentstehung und die Ausbreitung von Wärmeströmen im Gesamtsystem zu ermitteln. Mit Hilfe von Realversuchen wurden zusätzliche Erkenntnisse betreffend Wärmeübergänge sowie Zeitpunkte für das Erreichen stationärer Zustände ermittelt. Mit diesen Daten ist einerseits eine Präzisierung in der Simulation möglich, etwa bei der korrekten Abbildung von Wärmesenken durch Kühlung, freie Konvektion an Luft, erzwungene Konvektion durch Schmierfilmströme. Andererseits kann auf diese Weise die Simulation verifiziert werden.

» Maschinelle Oberflächeneinglättung für den effizienten Werkzeug- und Formenbau (Engels, M.)

Umformwerkzeuge in der Tiefziehindustrie bedürfen einer hohen Oberflächengüte bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an verschleißmindernde Maßnahmen wie Aufhärtung oder Oberflächenbeschichtungen. Ebenso ist der Einsatz effizienterer Fertigungslösungen im Werkzeugbau in hohem Maße erstrebenswert.

Aus diesem Grund soll mit Hilfe von Verfahren der maschinellen Oberflächeneinglättung wie Festwalzen und Festklopfen die konventionelle Prozesskette im Werkzeugbau verkürzt werden.

Mit Hilfe eines experimentellen und numerischen Vorgehens wird zunächst auf eine Erweiterung des grundlegenden Verständnisses der beiden Verfahren hingearbeitet. Die Herleitung des zeit- und richtungsabhängigen Materialverhaltens erfolgt über die entsprechenden FE-Simulationen. Gleichzeitig dienen experimentelle Parametervariationen dazu, die optimalen Prozessgrößen hinsichtlich der maximal erreichbaren Einglättung und Härtesteigerung zu identifizieren.

Auf Basis dieser Erkenntnisse werden schließlich in einem zweiten Arbeitspaket geklopfte bzw. gewalzte Proben beschichtet, um die Stützwirkung der mechanisch randschichtverfestigten Oberflächen zu untersuchen. Im kombinierten Streifenziehversuch kann dann für die erfolgversprechendsten Verfahrenskombinationen das Verschleißverhalten ermittelt werden.

Zwei weitere Arbeitspakete untersuchen das Potenzial von Verfahrenserweiterungen der maschinellen Oberflächeneinglättung. So werden einerseits Nanopartikel, auf der anderen Seite Legierungselemente in die Randschicht eingewalzt bzw. -geklopft, um deren Einfluss auf das Verschleißverhalten zu bewerten.

Den Abschluss findet das Projekt durch Bearbeitung realer Tiefziehwerkzeugen in Industrieunternehmen.

» Reduzierung von Geräuschemissionen, Werkzeugverschleiß und Oberflächenbeschädigungen beim Ziehen durch geregelte Hubverläufe mit Servopressen (Heß, B.)

Das Tiefziehen stellt eines der wichtigsten Umformverfahren für die wirtschaftliche Herstellung von Blechformteilen in der industriellen Großserienfertigung dar. Wichtige Kriterien für den Erfolg einer Fertigung sind eine hohe Bauteilqualität, geringer Ausschuss und hohe Werkzeugstandzeiten. Schwingungen haben einen negativen Einfluss auf diese Kriterien. So erschweren schwingungsüberlagerte Bewegungen die eindeutige Positionsbestimmung und sie wirken sich auf Maschinenelemente durch erhöhte Kräfte und Kraftspitzen aus. Zudem führen Schwingungen zu einer erhöhten Schallemission.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, den Ziehprozess zu optimieren, indem Schwingungseigenschaften während des Umformprozesses durch angepasste Stempelweg-Zeitverläufe verbessert werden. Diese Anpassung gelingt durch die Ausnutzung der Servopresstechnologie, welche einen, im Rahmen der Antriebs- und Regelungsmöglichkeiten, frei einstellbaren Stempelweg zulässt.

Zur Untersuchung dieser Ziele sind Modellversuche zum Tiefziehen eines Rundnapfes auf der Servopresse des PtU durchzuführen, die durch theoretische und numerische Betrachtungen begleitet werden. Dazu zählen Modalanalyse und Finite Elemente Methode zur dynamischen Modellierung des Prozesses und zur Berechnung der Belastungen. Des Weiteren sind Untersuchungen des Werkzeugverschleißes und der Oberflächenbeschädigungen in Dauerversuchen im industriellen Umfeld geplant. Mit Hilfe der Ergebnisse des Projekts wird eine Methode generiert, die eine schnelle und kostengünstige Optimierung der Hubverläufe von Servopressen ermöglicht.

» Mikromechanische Simulation von Grenz- und Mischreibungsphänomenen in der Blechumformung (Ludwig, M. und Müller, Cecile)

In der Blechumformung treten große Flächen von Werkzeug und Werkstück miteinander in Kontakt, die sich während des Umformvorgangs relativ zueinander bewegen. Für die Prozessauslegung ist daher die Kenntnis der tribologischen Verhältnisse unerlässlich.

Die Abbildung makroskopischer Reibvorgänge in FEM-Modellen ist in guter Näherung mit empirischen Modellen bereits gelungen. Die Berechnung lokaler Reibschubspannungen mit Hilfe dieser Gesetze ist bei Umformprozessen aber bislang nicht möglich. Zur mathematischen Formulierung der in der Wirkfuge stattfindenden mikroskopischen Vorgänge mangelt es noch am physikalischen Verständnis.

Hydrostatisch und hydrodynamisch wirkende Schmierstofftaschen bilden sich im Laufe der Umformung auf der Oberfläche aus und beeinflussen

so die tribologischen Verhältnisse. Die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Oberflächenstrukturen und Schmierstoffen ist bislang nur unzureichend möglich.

Aus diesem Grund zielt das Vorhaben auf die Analyse und Modellierung der zwischen Werkzeug und Werkstück auftretenden Grenz- und Mischreibungsphänomene in der nicht durch Erwärmung unterstützten Blechumformung ab.

Zur Gewinnung detaillierter Kenntnisse bezüglich der Beeinflussung der Spannungszustände im Werkstück durch die Schmierstoffdrücke erfolgt eine Modellierung der Vorgänge mit Hilfe numerischer Methoden.

Durch Oberflächeneinglättung und -aufrauung können abgeschlossene Schmierstofftaschen entstehen, in denen hydrostatischer Druck aufgebaut werden kann. Durch Tangentialbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück entstehen hydrodynamische Effekte im Schmierstoff, deren Auswirkungen auf die Oberfläche bislang weitestgehend unbekannt sind.

Die numerische Modellierung soll Aufschluss darüber geben, in wie weit Spannungen und Dehnungen im Material entstehen, die die Umformung in entscheidendem Maße beeinflussen.

» Formäleon, Arbeitspaket B „Lärm- und Vibrationsreduktion“ (Möller, N.)

In diesem Arbeitspaket wird durch die systematische Gestaltung der Stößelbewegung die Reduzierung von Lärmemissionen sowie von Schwingungen angestrebt. Der Produktionsprozess kann so auch in lärmempfindlicher Umgebung um einen „Nachtbetrieb“ erweitert werden, der es dem Anwender erlaubt, durch die Einführung von Nachtschichten auf Nachfrageschwankungen zu reagieren. Die Reduzierung von Erschütterungen bewirkt weiterhin, dass die benachbarten Prozesse weniger beeinflusst werden, wodurch im Sinne der Wandelbarkeit eine flexiblere Nutzung der zur Verfügung stehenden Ressourcen erreicht wird.

Nach der Untersuchung der bezüglich Körperschallemission relevanten Bauteileigenschaften wie Werkstoffe, Bauteilabmessungen sowie der

Prozesskräfte, findet anhand eines einfachen, einstufigen Ziehzeugs die Auswahl von Messmethoden und –sensorik statt, die für die vorgesehenen Messungen von Körperschall und Geräuschemission geeignet sind. Ergänzt werden die experimentellen Untersuchungen durch analytische und numerische Modelle der relevanten Maschinen-, sowie Werkzeugteile und des Bauteils.

Anschließend werden die relevanten Charakteristika des Stößelgeschwindigkeitsverlaufes identifiziert, die für die Erzeugung von Erschütterungen und Schall verantwortlich sind.

Um den Nutzen optimierter Hubverläufe vergleichbar zu machen, werden die Ergebnisse mit alternativen Maßnahmen zur Lärm- und Vibrationsreduktion verglichen. Basierend auf diesen Betrachtungen kann das Zusammenspiel solcher Maßnahmen mit einem schwingungsoptimierten Verlauf der Stößelgeschwindigkeit untersucht werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Arbeitspaketen werden Strategien zur Lärm- und Vibrationsreduktion durch Anpassung des Hubverlaufs abgeleitet. Hierzu werden die numerischen und analytischen Berechnungsmodelle herangezogen und erweitert. Anschließend werden diese Modelle durch praktische Versuchsreihen überprüft und angepasst.

Im Anschluss wird untersucht, inwiefern sich eine Körperschallreduktion auf die Produktivität auswirkt. In der industriellen Anwendung kann diese Bewertungsmethodik als Entscheidungsgrundlage über Lärmreduktionsmaßnahmen dienen.

» Tribologische Optimierung beim Tiefziehen durch Servopressen (Möller, N.)

Durch das Streben nach reduzierten Bauteilgewichten kommen zunehmend Aluminiumlegierungen und höherfeste Stahlwerkstoffe in der blechverarbeitenden Industrie zum Einsatz. Durch das geringere Formänderungsvermögen dieser Werkstoffe ist das Spektrum der herstellbaren Geometrien eingeschränkt. Weiterhin führen diese zu erhöhtem abrasivem und adhäsivem Verschleiß.

Eine Möglichkeit, die Prozesskräfte zu reduzieren und somit die Prozessgrenzen zu erweitern, besteht in der Reduzierung des Reibkoeffizienten. Durch die in den letzten Jahren auch in Europa in vielfältigen Bauarten und Leistungsklassen verfügbar gewordenen Servopressen besteht die Möglichkeit, den Geschwindigkeitsverlauf eines Prozesses nahezu beliebig anzupassen und die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Reibkoeffizienten auszunutzen. Ziel dieses Projektes ist es daher, durch eine Anpassung des Geschwindigkeitsverlaufes des Stempels beim Tiefziehen die Prozesskräfte zu reduzieren und die Prozessgrenzen zu erweitern.

Zunächst muss die genaue Abhängigkeit des Reibkoeffizienten von der Gleitgeschwindigkeit bekannt sein. Hierfür werden Reibversuche in Form von Streifenziehversuchen durchgeführt. Dabei wird neben dem Geschwindigkeitseinfluss auch der Einfluss des Schmierstoffes, der Schmierstoffmenge sowie der Kontaktnormalspannung untersucht. Auch weitere Parameter, wie z.B. Materialeigenschaften, müssen bei einer Optimierung berücksichtigt werden. Die genauen Verhältnisse, nicht nur der Relativgeschwindigkeiten, müssen bekannt sein, um eine tribologische Optimierung des Prozesses durchführen zu können. Verschiedene analytische Ansätze werden hierfür entwickelt und erprobt. In einem weiteren Schritt wird ein FEM-Modell entwickelt, in das die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Reibkoeffizienten integriert ist. In Kombination mit Tiefziehversuchen mit einer rotationssymmetrischen Geometrie wird ein tribologisch optimales Geschwindigkeitsprofil entwickelt und anhand einer beliebigen Geometrie verifiziert. Am Ende des Projektes stehen Strategien für die Optimierung von Geschwindigkeitsverläufen beim Tiefziehen mit Servopressen.

» Schnelles Rüsten beim Walzprofilieren (Müller, Christian)

Bei der Herstellung von Profilbauteilen ist das Walzprofilieren als hochproduktives Verfahren in der Industrie etabliert. Die Produktpalette reicht von Kleinbauteilen für Konsumgüter über Linear-

führungen jedweder Art, Rohren und Rahmenbauteilen bis hin zu Längsträgern für LKW-Rahmen und Strukturbauteilen an PKW-Karosserien. Walzprofilieranlagen bestehen aus einer Vielzahl von Gerüsten bzw. Umformstationen. In den Gerüsten werden Werkzeuge, die so genannten Rollen, gelagert und ggf. angetrieben. Aus der großen Anzahl von Gerüsten - bei komplexen Profilgeometrien sind bis zu 70 Einzelgerüste notwendig - resultiert eine Vielzahl von Ein- und Verstellmöglichkeiten. Die Rüst- und Einstellzeiten, die erforderlich sind bis die Produktion eines neuen Profils oder einer geänderten Geometrie prozesssicher begonnen werden kann, bestimmen maßgeblich die Herstellkosten. Bis heute beruhen die Einstellarbeiten und die Fehlersuche im Wesentlichen auf einer erfahrungsbasierten Vorgehensweise. Diese stößt an Grenzen, weil die Komplexität von Produkten und Anlagen stetig weiter ansteigt. Für die Fertigung kostengünstiger, individueller und flexibler Produkte bei geringeren und mittleren Losgrößen findet das Walzprofilieren demnach aufgrund der langen Rüstzeiten nur in sehr geringem Maße Anwendung. Dieses Projekt zielt auf die Reduzierung dieser nicht wertschöpfenden Zeiten ab. Mit diesem Forschungsvorhaben sollen wissenschaftlich abgesicherte Methoden zur Beherrschung dieser Problematik erarbeitet werden. Das Ziel ist es, die entstehenden Rollenabdrücke auf dem Blech als Signalgeber zu nutzen und durch die Auswertung dieser Abdrücke Informationen über die Rollenfehlstellung zu erhalten und so Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Dazu soll im Rahmen dieses Projektes eine Walzprofilierstrecke samt Messsystem und Strukturierungseinheit konzipiert und realisiert werden.

Daraus ergeben sich folgende Schwerpunkte:

- Beschaffung eines potentiellen Messsystems
- Konstruktion einer Blechstrukturierungseinheit
- Ermittlung von Korrelationen zwischen Rollenabdrücken und Belastungsgrößen im Kontaktbereich Rollen – Blech
- Aufbau von FE-Modellen zur Ermittlung der Kontaktnormalspannungsverteilung

und Abgleich mit den experimentellen Ergebnissen

- Herleitung von Gegenmaßnahmen und Handlungsempfehlungen sowie anschließende Transferanwendungen in der Industrie

» ZIM Kooperationsprojekt: Entwicklung grundlegender innovativer Methodiken zur Qualifizierung tribologischer Systeme der Kaltmassivumformung auf Basis von Laborversuchen und computergestützten Analyse-Tools (Müller, Christoph)

Die Eignung von Tribosystemen der Kaltmassivumformung ist vor der eigentlichen Produktion sehr schwer abzuschätzen. Dies begründet sich in dem geringen Wissen über die Einsatzgrenzen der verwendeten Schmierstoffsysteme und führt zur deren Auswahl über die Trial & Error- Methode. Hierdurch wiederum werden die möglichen Prozessfenster wenig ausgereizt, alternative Schmierstoffe nur selten eingesetzt und Produktionskapazitäten gebunden.

Entsprechend ist das Ziel dieses ZIM Kooperationsprojektes unter Beteiligung von Filzek Tribotech, CPM Gesellschaft für Computeranwendung, Prozess- und Materialtechnik mbH, Schondelmaier GmbH und dem Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen die Entwicklung einer Methodik zur Auswahl tribologischer Systeme für die Kaltmassivumformung und einer tribologisch orientierten Prozessauslegung.

Im Rahmen des Projektes wird eine Software entwickelt, welche es ermöglicht, Belastungen von Umformprozessen aus tribologischer Sicht zu betrachten. Diese Kenntnisse sollen in einem weiteren Tool mit einer Datenbasis, welche die im Versuch ermittelten Prozessgrenzen von Tribosystemen beinhaltet, abgeglichen werden. Zur Entwicklung dieser zwei Programme ist es jedoch notwendig, das Tribometer des PtU für die Kaltmassivumformung zu optimieren und reale Prozesse der Kaltmassivumformung zu analysieren. Eine Verifikation erfolgt über ergänzende Realversuche.

Dieses Vorgehen erlaubt eine frühere Aussage, ob ein Schmierstoffsystem den Belastungen standhal-

ten kann und eine Auslegung eines Prozesses vor der eigentlichen Werkzeugfertigung aus tribologischer Sicht möglich ist.

» Entwicklung eines Reibmodells zur Beschreibung der tribologischen Verhältnisse in der Kaltmassivumformung bei strukturierten Halbzeugoberflächen (Stahlmann, J.)

Prozesssimulationen in der Umformtechnik kristallisieren sich mehr und mehr als Faktor für erfolgreiche Werkzeug- und Prozessplanung in Unternehmen der Kaltmassivumformung heraus. Der steigende Kostendruck verlangt nach schnellen, aussagekräftigen Simulationen, die die Anzahl an Realversuchen minimieren und somit Prozessauslegungen an kritischen Stellen im Produktionsprozess vereinfachen.

Moderne FE-Systeme bieten für die Massivumformung weit entwickelte Modellierungs- und Berechnungsalgorithmen. Den komplexen Vorgängen im Tribosystem wird aufgrund einfacher Reibmodelle nur unzureichend Rechnung getragen. Heute werden im Wesentlichen Reibmodelle nach Coulomb sowie das Reibfaktorgesetz angewendet.

Effekte der lokal auftretenden, starken Oberflächenveränderungen durch Einebnung und Reibung, die während der Kaltmassivumformung auftreten, können diese Modelle nicht abbilden.

Ziel dieses DFG-Projektes ist daher ein halbempirisches Reibmodell zu entwickeln, das den aktuellen Anforderungen aus der Kaltmassivumformung gerecht wird. Neue Ansätze, wie die Reduktion von Prozesskräften durch gezielte Oberflächenstrukturierung zur Ausbildung von hydrostatischen und dynamischen Schmierstofftaschen werden integriert.

Das zu entwickelnde Reibmodell basiert auf physikalischen Grundlagen, erfasst wesentliche Einflussparameter, die Auswirkungen auf das tribologische System haben, und ist auf vielfältige tribologische Systeme der Kaltmassivumformung übertragbar.

» Einführung fließender Prozesse in der Kaltmassivumformung - Entwicklung und Bewertung von Oberflächentopografien zur Anwendung ökologisch optimierter Schmierstoffsysteme und Halbzeugoberflächen (Wohletz, S.)

Die zur Kaltmassivumformung benötigten Schmier- und Trennschichten werden in einem separaten, sehr aufwändigen Fertigungsschritt auf das Halbzeug aufgebracht. Die eingesetzten Trennschichten basieren bisher zumeist auf gesundheits- und umweltbedenklichen Zink-Phosphatschichten. Hauptziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von Methoden, die zur branchenweiten Einführung von schnell aufbringbaren Einsichtschrämlschmierstoffen notwendig sind. Mittelfristig soll so die Substitution von konventionellen, batchweise aufgetragenen Schmierstoffsystemen durch moderne inline- aufbringbare Schmierstoffe ermöglicht werden.

Durch die angestrebte Synchronisation und Verkettung von Schmierstoffauftrag und Umformung können die Teilziele „Verkürzung von Durchlaufzeiten“ und „Vereinfachung des Materialstromes“ sowie die Erschließung daraus entstehender wirtschaftlicher Potentiale erreicht werden.

Weiterhin sind beim Einsatz von Inline-Schmierstoffen keine aufwändigen Entphosphatierungsbäder vor Wärme- und Oberflächenbehandlungen notwendig, da die Funktion der Schmierstoffträgerschicht durch die Halbzeugtopografie erfüllt wird.

Die Nutzung von Halbzeugoberflächenstrukturen mit dem Ziel verbesserter Schmierstoffhaftung und optimiertem Schmierstofftransport zur Reibkraftreduzierung und Werkzeug- Werkstücktrennung in der Umformtechnik basiert auf dem Wechselspiel zwischen gezielter Schmierstoffeinlagerung und Freigabe durch funktionale Bauteiloberflächen während des Fertigungsprozesses.

Das PtU erarbeitet gemeinsam mit Projektpartnern erstmals Wissen über Ausbildung und Wirkung von Oberflächenstrukturen, die in einem fließenden Prozess durch spezialisierte Schälprozesse eingebracht werden. Auf Basis des Verständnisses der Einebnung von Bauteiloberflächen unter verschiedenen Belastungen soll ermöglicht werden, Oberflächentopografien bereits in der Prozesspla-

nungsphase so zielgerichtet einzustellen, dass sie ihre tribologische Wirkung in Verbindung mit neuen, ökologisch unbedenklichen Schmierstoffen während der Umformung entfalten können und nach der Umformung soweit eingeebnet sind, dass eine für die Nutzungsphase hinreichend glatte Bauteiloberfläche erreicht wird. Weiterhin soll in diesem Projekt die Basis für eine mathematische Beschreibung der Oberflächeneinebnung gelegt werden, so dass für zukünftige Generationen von Simulationsprogrammen die Einebnung strukturierter Oberflächen in vielfältigen Prozessen beschrieben werden kann.

» Einfluss der Relativgeschwindigkeit zwischen Werkzeug und Werkstück sowie der Temperaturentstehung auf die tribologischen Verhältnisse bei der Kaltmassivumformung (Zang, S.)

In der Kaltmassivumformung sind im Zusammenhang mit der Reibung an den Wirkflächen Fragen der Energieeinsparmöglichkeiten über die Reduzierung der Umformkraft, der Umformarbeit und auch der Umformleistung interessant. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Stabilität der Prozesse. Hierbei sind die Einflussgrößen auf die Reibverhältnisse vielfältig und ihre Wechselwirkungen komplex. Sie können unterteilt werden in äußere Einflüsse sowie Einflüsse der Schmierung, der Reibpartner und des Umformprozesses selbst. Die Beeinflussungsmöglichkeiten des Umformprozesses durch die Umformgeschwindigkeit sind hinsichtlich fortschreitender Entwicklungen in der Servomotorpressen-Technologie besonders hervorzuheben und sollen daher in diesem Projekt im Fokus stehen.

Ziel dieses AiF-Projektes ist es, den Einfluss der Relativgeschwindigkeit und der Temperaturentstehung auf die tribologischen Verhältnisse zu untersuchen und zu nutzen. Besonders die Umformkraft und die Bauteilgenauigkeit sollen hierbei genauer betrachtet werden.

Im Rahmen des Projekts werden zunächst die Umformprozesse unterschiedlicher Fließpress-

Matrizen (Voll-Vorwärts, Voll-Vorwärts mit Nebenelement, Napf-Rückwärts mit Innenverzahnung und Double Cup Extrusion Test) und Werkstoffe (C15 und austenitischer, rostfreier Stahl) mit Hilfe des FE-Programms `simufact.forming` simuliert. Zur Optimierung der Simulation werden geschwindigkeitsabhängige Reibwerte und Fließkurven der im Projekt vorhandenen Werkstoffe und Schmierstoffsysteme auf einem Tribologieprüfstand (Gleitstauchanlage) aufgenommen und in das FE-Programm implementiert. Die aus der Simulation erhaltenen Ergebnisse werden anschließend im Realversuch auf einer Servomotorpresse validiert.

3 Abgeschlossene Arbeiten

3.1 Habilitationen und Dissertationen

3.1.1 Habilitationen

- keine -

3.1.2 Dissertationen

» Elsenheimer, Dirk

Entwicklung eines Verfahrens zur Untersuchung des Halbzeug- und Materialverhaltens bei der Warm-Innenhochdruck-Umformung
Shaker Verlag, Aachen 2010

» Köhler, Michael

Beitrag zur zinkphosphatschichtfreien Kaltmassivumformung durch tribologisch vorteilhafte Halbzeugoberflächen
Shaker Verlag, Aachen 2010

» Klöpsch, Christian

Generierung lokaler, hydrostatischer Druckschmierzustände beim Tiefziehen
Shaker Verlag, Aachen 2010

» Scheitza, Mathias

Konzeption eines flexiblen 3D-Servopressensystems und repräsentative Basisanwendungen
Shaker Verlag, Aachen 2010

» Vucic, D.:

Methoden zum Herstellen und Weiterverarbeiten von Spaltprofilen.
Shaker Verlag, Aachen 2010

3.2 Studien und Diplomarbeiten

3.2.1 Studienarbeiten bzw. Bachelorthesis

» Huth, Andreas

Optimierung der Stempelgeschwindigkeitsverläufe beim Tiefziehen mit Servopressen durch numerische Simulationen

» Schmidt, Patrick

Optimierung der Fertigungstechnologie zur Herstellung einer Exzentrerschneckenpumpe

» Landmann, Andreas

Untersuchungen zur Umformbarkeit von funktionalen Polymer-Metall-Verbunden

» Galle, Sebastian

Polarisationskontrolle von CO₂-Lasern

» Stracke, Markus

Erstellung von Wertströmen auf Basis von Plandaten und strukturierte Ableitung von Idealwertströmen

» Hohmann, Johannes

Experimentelle Ermittlung von charakteristischen Parametern zur Abbildung von Schmierstoff Materialmodellen in der Umformtechnik

» Hartwig, Martin

Konzeption und Implementierung eines Echtzeit-Reglers für die hydraulischen Achsen einer Umformmaschine

» Braun, Johannes

Entwicklung einer Prüfmethode für vorgedehnte Bleche

» Noll, Tobias

Systematische Untersuchungen der Einflussfaktoren auf das Bearbeitungsergebnis bei der Strukturierung von Metalloberflächen mittels Nd:YVO₄ Festkörperlaser

» Zang, Sebastian

A Study of the Reduction of Kerf Taper in Abrasive Waterjet Contouring of Amorphous Magnetic Metal

» Hornig, Sabrina

Konzepte für die Herstellung von Profilen mit veränderlichen Querschnitten

» Reiffert, Hans

Konzeption und Konstruktion eines Tiefziehwerkzeuges für eine zweifachwirkende Servopresse

- » Nubert, Tobias
Konstruktive Überarbeitung einer 3D-Servopresse zur Verbesserung ihres dynamischen Verhaltens und Entwicklung eines Messsystems zur optischen Überprüfung von Getriebebelagen
- » Willy, Robert
Systematische Entwicklung und Auslegung exemplarischer Umformverfahren unter Ausnutzung der vielfältigen Kinematik einer neuartigen 3D-Servopresse
- » Leipold, Hannah
Erstellung eines Modells zur Bewertung wandlungsfähiger Produktionssysteme
- » Kreuzig, Fabian
Untersuchungen zur Erzeugung makroskopischer Schmierstofftaschen auf Blechhalbzeugen und deren Verformung unter Last
- » Knobl, Oliver
Simulation des Einflusses von Schmiermittel auf die Einglättung von strukturierten Blechoberflächen
- » Sevinc, Orhan
Untersuchungen zum Einfluss der Rollengeometrie und veränderlicher Biegewinkel beim Flexiblen Walzprofilieren
- » Bersch, Martin; Jost, Christoph
Untersuchung der Oberflächenveränderung an strukturierten Blechen durch Walzprofilieren
- » Fuchs, Johanna
Einfluss der Werkstoffeigenschaften auf das Beulverhalten von Außenhautteilen beim Karosserieteilziehen
- » Eich, Erich
Tribologische Analyse der Kontaktbedingungen beim Walzprofilieren
- » Olbert, Dirk; Steidel, Tobias
Erarbeitung von Strategien zur hochgenauen Halbzeugoberflächenstrukturierung durch Laserstrahlung
- » Bürkle, Ulrich
Entwicklung von Methoden zur Untersuchung von Kontaktbedingungen beim Walzprofilieren mittels FEM
- » Stäudel, Tobias
Entwicklung und Konstruktion eines IHU-Werkzeuges
- » Bachmann, Jenny
Analysis and Improvement of a Process Chain for Roll Forming of Warm Edge Spacers
- » Tang, Sijia
Experimentelle Untersuchungen von adhäsiven Verschleißerscheinungen tribologischer Systeme zum Tiefziehen von Aluminium-Legierungen
- » Cetin, Tolga
Theoretische Untersuchungen zur Herstellung von UFG Werkstoffen mittels FEM
- » Kraus, Dominik
Optimierung der Maschinensteuerung einer Drückwalzanlage
- » Habermeier, Julius
Bestimmung des Prozessfensters für den IHU-Prozess eines Profils mit nicht konstantem Ausgangsquerschnitt
- » Münster, Marco
Entwicklung und Konstruktion eines Prototypen-Werkzeuges zum Walzprofilieren von Tailor Rolled Blanks

3.2.2 Diplomarbeiten bzw. Masterthesis

- » Daniel, Christian
Auslegung und Konstruktion von Gestell und Walzereinheit eines Reversiergerüsts zum flexiblen Spaltprofilieren

- » Wohletz, Simon
Untersuchung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Bauteilqualität beim Rundkneten
- » Shen, Yunliang
Titel: Simulation von Umformprozessen mit Anwendung verschiedener Schädigungsgesetze
- » Boekhoff, Heiko
Untersuchungen zur Beurteilung von triboinduzierten Grenzschichten bei kaltmassiv umgeformten Bauteilen
- » Wang, Hong
Konstruktion einer Fügevorrichtung zur Applikation von funktionalen Schichten auf Blech während des Walzprofilierprozesses
- » Brenneis, Matthias
Entwicklung und Konstruktion der Kinematik eines Reversiergerüsts zum flexiblen Spaltprofilieren
- » Christiany, Matthias
Konstruktive Anpassung eines Prüfstandes mit anschließender Durchführung von Berstversuchen und deren Auswertung sowie numerischer Abbildung der Prozesse
- » Tscherepanow, Waldemar
Inkrementelle Umformung von Karosserieblechbauteilen
- » Ehrhardt, Christoph
Untersuchung der Einebnung eingekneteter Oberflächenstrukturen durch Beanspruchung der Kaltmassivumformung
- » Hankel, Sebastian
Optimierung eines Drückprozesses zur Herstellung von Verbundstrukturen unter Berücksichtigung der Bauteilbeanspruchung
- » Hassis, Alexander
Grundlagenuntersuchungen zum Biegen von Blech
- » Heß, Benjamin
Modellierung und Analyse von Drückwalzprozessen
- » Kruse, Marcus
Weiterentwicklung von Algorithmen für die beschleunigte Simulation von Profilierprozessen
- » Summa, Martin
Beurteilung des Formänderungsvermögens von rund gekneteten Rohren
- » Nagel, Manuel
Analyse des Herstellungsprozesses von Profilbauteilen mit Hilfe experimenteller Untersuchungen und Validierung durch Finite-Elemente-Simulationen
- » Herraiz, Mansilla und Javier, Francisco
Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zur Integration eines IHU-Prüfstands in eine hydraulische Universalpresse zur Realisierung tribologischer Untersuchungen
- » Shen, Yi
Digitale Fabrik: Prozessplanung und Untersuchungen zur Planungsqualität in der Automobilindustrie am Beispiel Nutzfahrzeuge
- » Gao, Qi
Erstellung eines Simulationsmodells zur numerischen Abbildung des Clinchprozesses
- » Krumbholz, Peter
Konzeption und Konstruktion eines geregelt temperierbaren Werkzeugsystems sowie dessen Peripherie unter Berücksichtigung der thermisch-mechanischen Komplexbeanspruchung für tribologische Untersuchungen mit einer Streifenziehanlage
- » Zubi, Abdullah
Entwicklung der Algorithmen zum Mapping zwischen verschiedenen Netzen in FEM
- » Subbarayudu, Pesala Venkata
Finite Element Simulation of Equal Channel Angular Swaging Process
- » Nicodemus, E. Rajasekhar
Modelling of surface roughness with the help of finite element analysis

» Damten, Samer

Experimentelle Untersuchungen der metallkundlichen Mechanismen adhäsiver Verschleißentstehung vom Aluminium-Stahl-Paarungen in der umformtechnischen Anwendung

» Spies, Andre

Experimentelle Untersuchungen der Wärmequellen sowie deren Einfluss auf die Mechanismen der Verschleißentstehung in umformtechnischen Tribosystemen vom Aluminium-Stahl-Paarungen in der umformtechnischen Anwendung

4 Veröffentlichungen und Vorträge

- » Bäcker, F.; Ertugrul, M.; Groche, P.:
A New Process Chain for the Forming of Individually Curved Sheet Stringers.
In: International Journal of Material Forming, 3 (1) pp. 837-840.
- » Bäcker, F.; Ertugrul, M.; Groche, P.:
Möglichkeiten und Grenzen der Stegblechumformung.
In: wt Werkstattstechnik online pp. 760-765.
- » Groche, P.; Kraft, M.; Schmitt, S.; Martin, A.; Lorenz, U.; Ziems, M.; Pokutta, S.:
Rechnet sich Flexibilität in der Umformtechnik.
In: Werkstattstechnik Online 10/2010, 2010 (10) pp. 734-742.
- » Groche, P.; Scheitza, M.; Kraft, M.; Schmitt, S.:
Increased Process Flexibility by 3D Servo Press.
In: CIRP 2010, 13.04.2010, Wien, Austria.
- » Groche, P.; Bäcker, F.; Ertugrul, M.:
Tiefziehen verzweigter Bleche.
In: Tagungsband / Sonderforschungsbereich 666 Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung - Entwicklung, Fertigung, Bewertung : 3. Zwischenkolloquium 29./30. Meisenbach, Bamberg, pp. 71-76. ISBN 978-3-97525-301-6
- » Groche, P.; Stahlmann, J.:
Gezielte Nutzung strukturierter Halbzeugoberflächen / Selective use of structured semi finished part surfaces.
25. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer, VDI, Düsseldorf
- » Groche, P.; Türk, M.:
Integration of adaptive components by incremental forming processes.
In: SPIE Smart Structures/NDE—For the Latest Research on Smart Sensors, NDE, Aerospace Systems, Energy Harvesting, USA, San Diego.
- » Groche, P.; Vogler, F.; Bäcker, F.:
Tailored Tubes and Blanks for Hydroforming | IHU mit maßgeschneiderten Halbzeugen.
In: Liewald, M.: Hydroumformung von Blechen, Rohren und Profilen, 6
- » Gräbener, T.; Groche, P.; Kraft, M.:
Recent Developments in Servopress Technology and their Applications in Cold Forging Processes.
In: 43rd ICFG Plenary Meeting 2010, 12.-15.10.2010, Darmstadt, Germany.
- » Landersheim, V.; Rullmann, F.; Jöckel, M.; Groche, P.; Bruder, T.; Hanselka, H.:
Untersuchung schädigungsmechanischer Ansätze an UFG Gefügebauteilen sowie Bewertung ihrer Schwingfestigkeit mit Hilfe der FEM.
In: Tagungsband 3. Zwischenkolloquium Sonderforschungsbereich 666, Meisenbach Verlag, Bamberg 2010, ISBN 978-3-87525-301-6
- » Ludwig, C.:
Integration von Fräs- und Spaltprofilierprozessen in Walzprofilieranlagen
7. Fachtagung Walzprofilieren und 3. Zwischenkolloquium Sonderforschungsbereich 666, 29.-30.09.2010, Darmstadt
- » Ludwig, C.; Jalizi, B.; Apprich, S.; Abele, E.; Groche, P.:
Integration von Fräs- und Spaltprofilierprozessen in Walzprofilieranlagen.
In: Tagungsband 3. Zwischenkolloquium Sonderforschungsbereich 666, Meisenbach Verlag, Bamberg 2010, pp. 61-70, ISBN 978-3-87525-301-6
- » P. Groche, M. Ibis, W. Schmitt, C. Ludwig
Leichtbauprodukte mit hoher Funktionsintegration
2nd International Conference on Advanced Metal Forming Processes in Automotive Industry AutoMetForm 2010 ISBN 978-3-86012-412-3, pp. 189-201

- » Groche, P.; Beiter, P.; Ludwig, Ch.; Mirtsch, M.; Davalos, D.
Innovative Profiliertechnologien für den Leichtbau
25. ASK Umformtechnik, RWTH Aachen, 2010
ISBN 3-8107-0079-7, pp. 133-143
- » Groche, P.:
Innovative Profiliertechnologien für den Leichtbau
25. ASK Umformtechnik, RWTH Aachen, 2010
- » Groche, P.; Ludwig C.; Müller C.; Beiter P.; Schmitt W.; Ibis M.:
Future trends in colled rolled profile process technology
In: Confederation of British Metalforming (cbm): metal matters, 19 Issue, ISSN-1759-5975, AUT UMN 2010
- » Raedt, H.- P.; Groche, P.; Türk, M., Görtan, O.:
Recent Developments in Incremental Bulk Metal Forming.
In: 43rd ICFG Plenary Meeting 2010, 12.-14.09.2010, Darmstadt
- » Taplick, C.; Groche, P.:
Vom Verfahrensprinzip des Spaltprofilierens zum Industriellen Einsatz.
In: Tagungsband 3. Zwischenkolloquium Sonderforschungsbereich 666, Meisenbach Verlag , Bamberg 2010, pp. 125-130. ISBN 978-3-87525-301-6
- » Taplick, C.; Rullmann, F.; Groche, P.:
Further Processing of UltraFine-Grain Materials.
In: International Journal of Material Forming, 3 (1), pp. 833-836.
- » Beiter, P.
Leichtbau im Automobil- und Transportsektor durch Rollprofile aus flexibel gewalzten höher- und höchstfesten Mehrphasenstählen
7. Fachtagung Walzprofilieren, PtU, Darmstadt, 2010
- » Beiter, P.
An Analysis of State-of-Art Methods and Proposal of Closed-Loop Calibration System for Compensating Springback in Roll Forming of High and Ultra High Strength Steels
30. SENAFOR Conference, Porto Alegre, Brasilien, 2010
- » Abrass, A.:
Usage of similarity in incremental bulk forming for speed up the FE-Simulation
Numiform2010, Südkorea, Pohang, 15. Juni 2010
- » Abrass, A.; Groche, P.:
Usage of similarity in incremental bulk forming for speed up the FE-Simulation
In: Numiform 2010, AIP Conference Proceedings Volume 1252, American Institute of Physics, 2010
- » Groche, P.; Abrass, A.:
New Algorithms for Thermo-mechanical FE-Simulation of Quasi-periodic Processes
In: steel research international Vol. 81, 6. Apr 2010
- » Groche P.; Engels M.; Müller C.:
Wear behavior of sheet metal forming tools made from nodular cast iron after mechanical surface treatment.
In: Transactions of North American Manufacturing Research Institution of SME 2010, pp.531–538.
- » Groche P.; Engels M.; Müller C.:
Verschleißschutz von Umformwerkzeugen in der Blechumformung durch mechanische Oberflächenverfestigung.
In: 51. Tribologie-Fachtagung. Reibung, Schmierung und Verschleiß. Bd. 2, ISBN 978-3-00-032180-1. S. 74/1-74-11
- » Groche, P.; Engels, M.:
Potenziale mechanischer Oberflächenverfestigung im Werkzeug- und Formenbau.
7. Forum Tribologische Entwicklungen in der Blechumformung. 10.11.2010 Institut für Fertigungsforschung. Darmstadt.
- » Groche, P.; Engels, M.; Müller, C.:
Wear behavior of sheet metal forming tools made from nodular cast iron after mechanical surface treatment. 38th NAMRC. Kingston. Ontario. Canada. 5.2010.
- » Groche, P.; Engels, M.; Müller, C. :
Verschleißschutz von Umformwerkzeugen in der Blechumformung durch mechanische Oberflächenverfestigung.
In: 51. Tribologie-Fachtagung. Reibung, Schmierung und Verschleiß.

- » Elsen, A.
Basic Principles and Associated Mechanisms of Electromagnetic Pulse Welding
4th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes (ICTMP), Nice (France)
13.- 15.06.2010
- » Elsen, A.; Ludwig, M.; Schäfer, R.; Groche, P.:
Basic Principles and Associated Mechanisms of Electromagnetic Pulse Welding
In: Proceedings of the 4th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes (ICTMP), 2010
- » Elsen, A.
Fundamentals of EMPT-Welding
4th International Conference on High Speed Forming (ICHSF), Columbus, OH (USA)
09.- 10.03.2010
- » Elsen, A.; Ludwig, M.; Schäfer, R.; Groche, P.:
Fundamentals of EMPT-Welding
In: Proceedings of the 4th International Conference on High Speed Forming (ICHSF), 2010
- » Elsen, A.
Adhesive Wear in Dry Sliding of Aluminum
16th International Symposium on Plasticity and its Current Applications, St. Kitts (St. Kitts & Nevis)
03.- 08.01.2010
- » Elsen, A.; Groche, P.:
Adhesive Wear in Dry Sliding of Aluminum
In: Proceedings of the 16th International Symposium on Plasticity and its Current Applications, 2010
- Groche, P.; Müller, C.; Görtan, M.O.; Bruder, E.:
Kontinuierliche Herstellung hochfester ultrafeinkörniger Drähte mithilfe des ECAS-Prozesses
In: wt-online, 10-2010, 804-811
- Görtan, M.O.; Bruder, E.; Groche, P.; Müller, C.:
A New Severe Plastic Deformation Process to Produce Ultrafine Grained Materials; Steel Research International 81-9 (2010), 478-481
- » Ludwig, M.
Simulation of dynamic lubricant effects in sheet metal forming processes
The 8th THE Coatings International Conference, Keynote speaker, Erlangen (Germany)
14.- 15.04.2010
- » Ludwig, M.; Müller, C.; Groche, P.:
Simulation of dynamic lubricant effects in sheet metal forming processes
In: Key Engineering Materials Vol. 438, pp 171–178, 2010
- » Ludwig, M.
Simulation des Schmierstoffverhaltens in der Umformtechnik
Deutsche SIMULIA-Konferenz, Heidelberg (Deutschland), 20.–21.09.2010
- » Ludwig, M.; Müller, C.; Knobl, O.; Groche, P.:
Simulation des Schmierstoffverhaltens in der Umformtechnik
In: Tagungsband Deutsche SIMULIA-Konferenz 2010, Heidelberg, 20.–21.09.2010
- » Müller, C.; Ludwig, M.; Groche, P.:
Quantification of lubricant film thickness by a fluorescence measurement technique
In: Proceedings of the 4th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes (ICTMP), 2010
- » Groche, P.; Schäfer, R.; Justinger, H.; Ludwig, M.:
On the correlation between crystallographic grain size and surface evolution in metal forming processes
In: International Journal of Mechanical sciences Vol. 52, pp 523–530, 2010

5 Veranstaltungen

» 43rd ICFG Plenary Meeting 2010
12.-15. September 2010

» 7. Fachtagung Walzprofilieren,
3. Zwischenkolloquium SFB 666,
29.- 30. September 2010

» 7. Forum Tribologie
11. November 2010

6 Studentenzahlen

Studierendenzahlen WS 2009/2010
lt. Hochschulstatistik

» TU Darmstadt gesamt: 21.248

» Diplom Maschinenbau
gesamt: 473
davon • Anfänger: 0
• weiblich: 22

» Bachelor Mechanical and Process Engineering
(MPE)
gesamt: 1691
davon • Anfänger: 441
• weiblich: 157

» Master Mechanical and Process Engineering
(MPE)
gesamt: 399
davon • Anfänger: 97
• weiblich: 42

» Bachelor Computational Mechanical and
Process Engineering (CMPE)
gesamt: 1
davon • Anfänger: 0
• weiblich: 0

» Master Computational Mechanical and
Process Engineering (CMPE)
gesamt: 1
davon • Anfänger: 0
• weiblich: 0

» Master Paper Science and Technology
gesamt: 7
davon • Anfänger: 1
• weiblich: 3