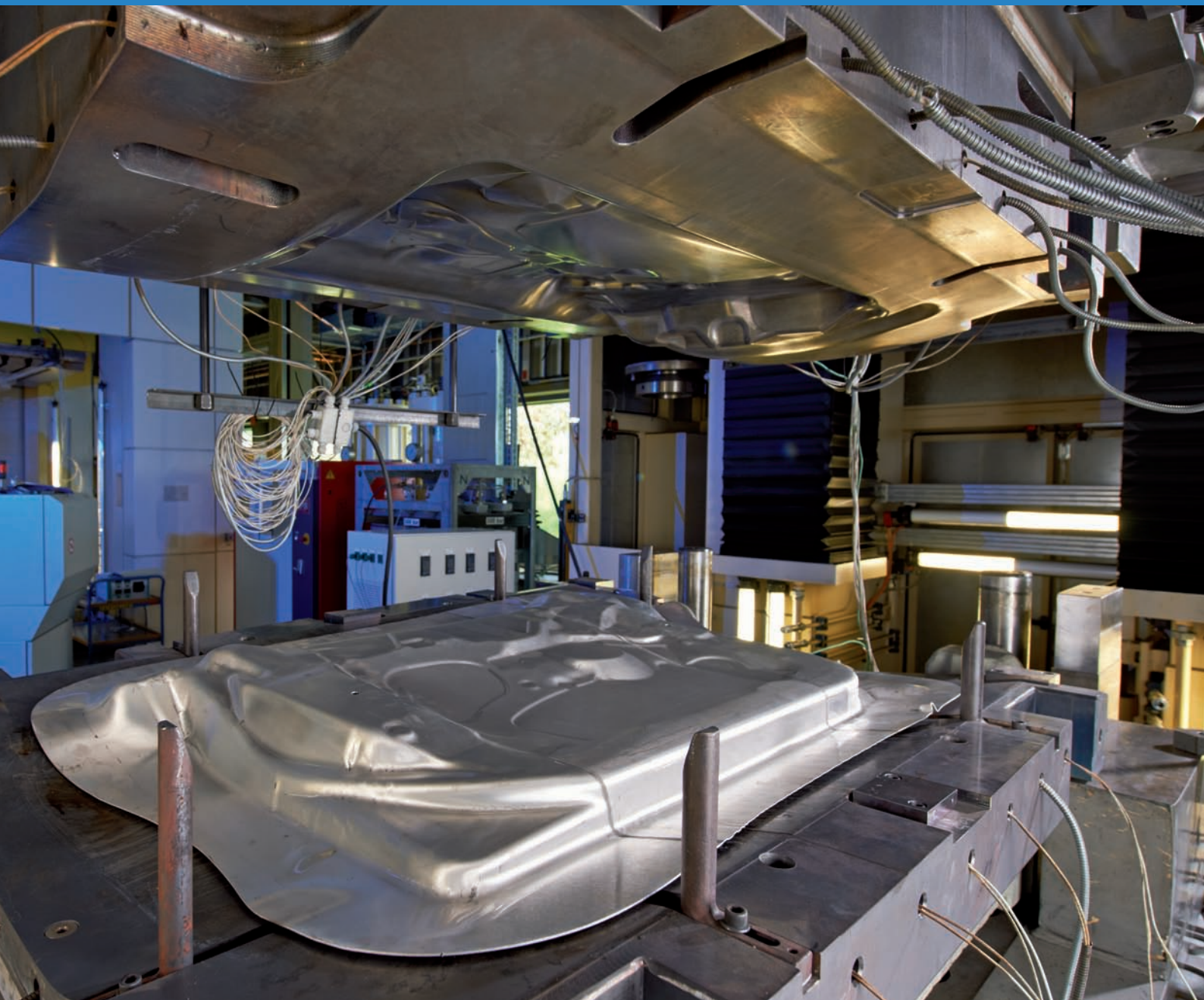


# BLECHUMFORMUNG



Die Kompetenzen des Fraunhofer IWU auf dem Gebiet der Blechbearbeitung umfassen die gesamte Prozesskette zur umformtechnischen Herstellung belastungsgerechter und funktionsoptimaler Bauteile. Dazu gehören sowohl die Auswahl geeigneter Blechwerkstoffe und deren Charakterisierung als auch die Methoden(Stadien)-Planung für alle Verfahren der Blechumformung, stets auch mit Unterstützung durch numerische Berechnungsmethoden. Neben der Entwicklung und Umsetzung von Werkzeugkonzepten für die umformtechnische Realisierung in der Einzel- oder Serienfertigung gewährleisten Überwachungs- und Regelsysteme die Stabilität und Reproduzierbarkeit der Umformprozesse. Die technologische und werkzeugtechnische Auslegung von Schneidprozessen ist ein weiterer Schwerpunkt in der Darstellung finaler Bauteilgeometrien.

Unsere Kooperationspartner sind vor allem Unternehmen der Automobilindustrie und deren Zulieferer. Vor allem klein- und mittelständische Unternehmen unterstützen wir mit unserem Know-how beispielsweise bei der Verarbeitung schwer umformbarer Werkstoffe und der Anwendung neuer ressourcen- und energieeffizienter Fertigungstechnologien. Verstärkt arbeiten wir an Produktionstechnologien zur Herstellung von Komponenten für Windkraft- und Solarenergieanlagen sowie für die Elektromobilität.

---

## METHODEN(STADIEN)- UND WERKZEUGPLANUNG

Für die Auslegung von Umform- und Schneidprozessen sowie die Qualifizierung bestehender Prozesse für neue Blechwerkstoffe und Anforderungen kommt am Fraunhofer IWU die Methode der Finiten Elemente zum Einsatz. Im Fokus stehen dabei Machbarkeitsstudien und Prozessoptimierungen sowie die Rückfederungsvorhersage und -kompensation.

Für die Blechumform- und Schneidsimulation stehen diverse Softwarepakete zur Verfügung.

---

## TECHNOLOGIEOPTIMIERUNG

Wir arbeiten auf dem Gebiet der konventionellen Umformverfahren wie beispielsweise Tiefziehen und Streckziehen, Schneiden und Lochen, Biegen, Falzen und Bördeln. Unser Know-how können wir Ihnen als Verarbeitungsrichtlinien für Einzelteile und Konzepte für Baugruppen zur Verfügung stellen. Wir verfügen über umfassende Kenntnisse und Erfahrungen in allen Bereichen der Prozesskette zur Herstellung komplexer Umformteile. Dies umfasst unter anderem:

- neue Ziehtechniken
- Verfahrenskombinationen
- Vorherbestimmung des Rückfederungsverhaltens
- Verarbeitung von Tailored Blanks
- Patchwork-Technik

### Prozessüberwachung und -regelung

Schwankungen während der Fertigung, insbesondere durch die Änderungen der Werkstoffeigenschaften in den Coils bzw. den unterschiedlichen Chargen, führen zu Fehlerteilen. Durch eine kontinuierliche Überwachung des Flanscheinzugs mit einem am Fraunhofer IWU entwickelten Prozessüberwachungssystem können diese Fehler frühzeitig erkannt und somit rechtzeitig durch einen manuellen oder automatischen (Prozessregelung) Eingriff in die Fertigung verhindert werden.

Zur Prozessüberwachung kommen berührungslose Sensoren (auf optischer bzw. piezoaktiver Basis) zum Einsatz, eine gezielte Änderung der Niederhalterkraft wird zur Optimierung des Prozesses genutzt.

Durch den Einsatz dieser Systeme konnten in industriellen Anwendungen die Ausschussquote um 70 Prozent und der Einsatz von Schmierstoffen um 50 Prozent gesenkt werden. Die gleichzeitige Protokollierung der Fertigung ermöglichte einen permanenten Qualitätsnachweis.



## INNOVATIVE UMFORMTECHNOLOGIEN

### Inkrementelle Umformung

Die inkrementelle Blechumformung erlaubt eine Reduzierung der Werkzeugkosten bei der Prototypen- und Kleinserienfertigung durch die Einschränkung des Formspeichergrades der Werkzeugaktivelemente, die Verwendung nur einer Werkzeughälfte und das schnelle Umsetzen der CAD-Daten oder des Modellbauteils.

Darüber hinaus ermöglicht diese Technologie neben einer höheren Umformung und Oberflächenverfestigung auch die Realisierung minimaler Blechdicken.

### Rollbiegen

Die Fertigung hochpräziser rohrförmiger Bauteile wie Lager- schalen und -buchsen aus Platinenmaterial lässt sich durch dornloses Rollbiegen realisieren. Durch Einleitung und Dimensionierung von tangentialen Druckspannungen in die Stoß- flächen der gerollten Platine entstehen spaltfreie Bauteile mit minimalen Rundheitsabweichungen und Durchmessertoleranzen.

### Feinstblechverarbeitung

Um den Ansprüchen nach mehr Funktionalität, besserer Hand- habbarkeit und geringerem Ressourcenverbrauch gerecht zu werden, werden die Herstellprozesse in der Metallverpackungs- industrie weiter optimiert. Dabei stehen vor allem Einziehvor- gänge, Expandierprozesse und inkrementelle Verfahren im Vordergrund. Mit der FEM-Simulation werden Machbarkeits- studien für neue Konzepte erarbeitet, optimiert und anschlie- ßend technologische Prototypen entwickelt und umgesetzt. Hauptziel ist dabei die Entwicklung und Qualifizierung existierender und neuer Prozesse zur Verarbeitung von dünneren und hochfesten Werkstoffgüten.

### Elektromagnetische Umformung

Bei diesem Verfahren wird die Impulsenergie (elektroma- gnetischer Impuls) zur Umformung von Blechwerkstoffen eingesetzt. Als wesentliche Vorteile der Technologie gelten – die oberflächenschonende, stempellose Umformung, – die kurze Prozesszeit, – die gute Reproduzierbarkeit und – die geringen Betriebskosten.

Die Technologie ist für Umform- und Trennoperationen, Füge- vorgänge und Schweißaufgaben einsetzbar. Dabei kommen Rohre und Profile, aber auch ebene Bleche zur Anwendung. Kernpunkte der Entwicklungen am Fraunhofer IWU sind die Auslegung und Gestaltung von Werkzeugspulen sowie die Optimierung der Prozessgestaltung.

### Gasgeneratortechnik

Die wirkmedienbasierte Fertigung metallischer Blechformteile auf der Basis komprimierter Gase ermöglicht die Herstellung komplexer Bauteile und schwer umformbarer Werkstoffe. Gasgeneratoren sind feste Stoffgemische, die durch eine Verbrennungsreaktion in kurzer Zeit eine große Menge Gas freisetzen können. Diese Eigenschaft wurde bisher vor allem in passiven Sicherheitssystemen im Automobilbereich (Airbag) genutzt. Die Eigenschaft der schnellen Gaserzeugung kann auch zur Umformung von Blechen in Anlehnung an das Innenhochdruck-Umformen genutzt werden. Die Vorteile von Gasgeneratoren gegenüber den bisher verwendeten Wirkme- dien liegen vor allem in einem schnelleren Druckaufbau. Durch die Zündung der Gasgeneratoren und den damit verbundenen Druckaufbau wird das umzuformende Blech in die Form der Matrize gedrückt.

**TITEL** Innenteil einer Autotür aus Magnesium

**1** Inkrementelle Blechumformung eines Getriebeträgers



## SCHNEIDTECHNOLOGIEN

In der Blechverarbeitung spielen Schneidverfahren eine wichtige Rolle, da jedes Bauteil bei seiner Herstellung einem oder mehreren Trennprozessen ausgesetzt ist. Tendenziell werden fügefertige Bauteile angestrebt, die keiner weiteren Nacharbeit bedürfen. Am Fraunhofer IWU liegen umfangreiche Untersuchungsergebnisse zum Beispiel für das Scherschneiden mit offener und geschlossener Schnittlinie sowie für das Genauschneiden von Aluminiumlegierungen, organisch beschichteten Stahlblechen, mikrolegierten Feinkornbaustählen sowie hoch- und höchstfesten Blechwerkstoffen vor. Bei der Optimierung des Schneidprozesses spielen die Werkzeuggestaltung (Schneidspalt, Geometrie der Schneidkanten) und die Wahl der richtigen Werkzeugwerkstoffe (Schnellarbeitsstahl, Kaltarbeitsstahl, pulvermetallurgischer Stahl, Hartmetall, Keramik) und Beschichtungen (Hartstoffschichten, Kohlenstoffschichten) eine entscheidende Rolle für das Schnittergebnis.

Wesentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Fraunhofer IWU befassen sich mit innovativen Schneidtechnologien wie dem Genauschneiden, dem Hochgeschwindigkeitsscherschneiden und dem komplexen Beschneiden von Umformwerkstücken mit der Gasgenerator-technologie.

### Genauschneiden

Das Genauschneiden ist eine Alternative zum Feinschneiden. Durch Integration von Genauschneidwerkzeugen in Folgeverbundwerkzeuge zur Herstellung komplexer Blechkomponenten ist es möglich, auch ohne den Einsatz von Feinschneidpressen Schnittflächen mit einer hohen Genauigkeit zu erzeugen.

Auf herkömmlichen, einfach wirkenden Pressen können an Bauteilen mit großer Blechdicke Schnittflächen erzeugt werden, die einen Glattschnittanteil im Bereich von 60 bis 90 Prozent aufweisen. Die Maßtoleranzen bewegen sich im Bereich zwischen dem Feinschneiden und dem Normalschneiden.

Mit Hilfe der FE-Simulation sind wir in der Lage, Analysen der auftretenden Beanspruchungen bei unterschiedlichen Schneidkantengeometrien und tribologischen Parametern durchzuführen.

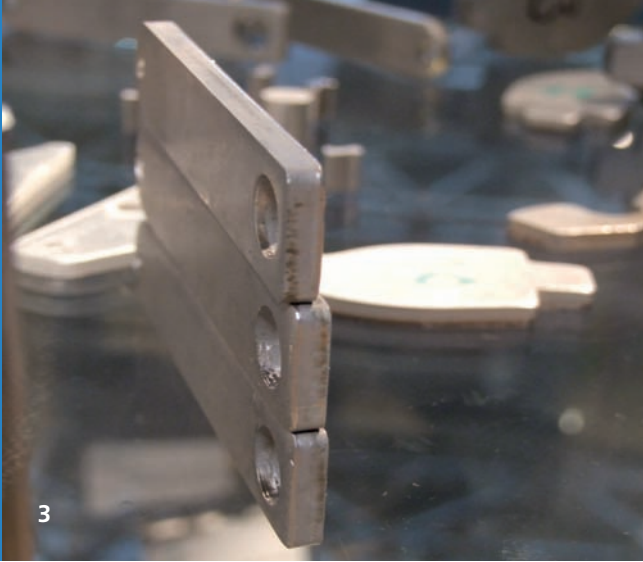
### Hochgeschwindigkeitsscherschneiden

Das Trennverfahren beruht auf dem physikalischen Phänomen der »Scherbandbildung«. In einem sehr schmalen Werkstoffbereich (< 100 Mikrometer) tritt kurzzeitig (< 100 Mikrosekunden) ein extrem hoher Temperaturanstieg bis zur Schmelztemperatur auf. Weil dieser Prozess sehr schnell und lokal begrenzt abläuft, kann die entstehende Wärme nicht in die Umgebung der Prozesszone abfließen. In der Scherzone laufen mit der Verformungsverfestigung und dem temperaturbedingten Festigkeitsverlust zwei gegenläufige Prozesse ab. Überwiegt das entfestigende Werkstoffverhalten, kommt es zur Scherbandbildung und damit zur schlagartigen »scharfen« Werkstofftrennung durch die Gefügekörner, die letztendlich zu der hohen Schnittqualität führt. Diese ist durch eine gratarme, ebene Trennfläche mit überwiegend feinkörnigem Bruchzonenanteil sowie eine hohe Maßhaltigkeit und geringe Bauteil deformation gekennzeichnet. Weitere Vorteile dieser Trenntechnologie sind beispielsweise der schmiermittelfreie Schneidprozess, die Reduzierung der Randverfestigung und die geringeren Steg- und Randbreiten.

Das Fraunhofer IWU verfügt über eine Anlage zum Hochgeschwindigkeitsscherschneiden (ADIA7) der Firma Adiapress, deren Hochgeschwindigkeitshydraulik eine maximale Energie von sieben Kilojoule zur Verfügung stellt und damit Stempelschnitgeschwindigkeiten bis zu zehn Meter pro Sekunde ermöglicht.

### Gasgenerator-technologie

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal beschäftigt sich das Fraunhofer IWU mit dem Beschneiden von komplexen Bauteilgeometrien aus Stahl- und Aluminiumwerkstoffen mit Hilfe der Gasge-



neratortechnologie. Durch die Nutzung des Wirkmediums Gas und dessen allseitige und gleichmäßige Ausbreitung ist ein Beschnitt in jede Raumrichtung möglich. Dies ist eine gute Alternative zu Schneidoperationen, die nicht in direkter Hauptwirkrichtung der genutzten Anlage liegen. Für diese Fälle wurde bisher ein werkzeugtechnisch aufwendiges System (Keilschieber) eingesetzt, das Randbedingungen wie Kraft- und Platzbedarf unterlag und unter Umständen auf mehrere Folgeoperationen verteilt werden musste. Die Ausbildung der Schnittkanten erfolgt aufgrund der hohen Geschwindigkeiten gratfrei und durch Nutzung der auf die unterschiedlichen Werkstoffe abgestimmten Gasgeneratoren auch nahezu rückstandsfrei.

Für den praxistauglichen Einsatz der Technologie wurde ein Werkzeugkonzept entwickelt, das auf einem Basiswerkzeug mit kompletter Funktionsintegration aufbaut. Es müssen lediglich Wechselelemente ausgetauscht werden, die die Form des Fertigteils (für das Umformen mit Gasgeneratoren) und Schneideinsätze (für den Beschnitt durch Gasgeneratoren) aufweisen. Die Gasgeneratoren selbst werden patroniert und – auf den jeweiligen Einsatzfall abgestimmt – von Lieferanten gestellt.

---

## VERARBEITUNG NEUER BLECHWERKSTOFFE

Wir stellen uns der Herausforderung, neu entwickelte Leichtbauwerkstoffe für die Serienproduktion nutzbar zu machen. Wir ermitteln Werkstoffkennwerte und umformtechnische Grenzen zum Beispiel für presshärtende Stähle (Mangan-Bor-Stahl 22MnB5/1.5528), Aluminium- und Magnesiumlegierungen, Titan, Multiphasenstähle (DP, TRIP, CP), Metall-Kunststoff-Verbunde sowie strukturierte Bleche.

Für den Einsatz der genannten Blechwerkstoffe stehen den Anwendern unsere Ergebnisse aus den in Modellwerkzeugen und Demonstratoren erprobten Kombinationen von Werkzeug- und Werkstückwerkstoffen zur Verfügung. Umfangreiche

Erfahrungen liegen auf dem Gebiet der Verarbeitung organisch beschichteter Feinbleche vor. Eine Vielzahl von Beschichtungsvarianten wurde mit speziellen Aktivteilwerkstoffen (Kunststoff, sprühkompaktiertes Aluminium) untersucht. Besonderes Augenmerk galt dabei der Erprobung und Optimierung des tribologischen Systems (Werkzeugwerkstoff, Beschichtung, Schmierstoff, Blechwerkstoff) sowie der Qualität der umgeformten Bauteile (Glanzgrad, Schichthaftung), um den Anwendern gesicherte Verarbeitungsparameter für beschichtete Feinbleche und Richtlinien zur Auslegung der Werkzeuge zu liefern.

### Verarbeitung von Magnesiumblechen

Im Wachstumskern »TeMaK – Technologieplattform zum Einsatz von Magnesium-Knetlegierungen für den Fahrzeugbau im Produktlebenszyklus« wurde das Potenzial des Leichtbauwerkstoffes Magnesium durch die vollständige Betrachtung seines Lebenszyklus untersucht. Partner aus Industrie und Forschung arbeiteten in den Bereichen Magnesiumblechherstellung, Konstruktion, Umformen und Zerteilen, Fügen, Oberfläche und Recycling mit dem Ziel, spezifische Teilaufgaben gemeinsam zu lösen und am Beispiel einer Autotür den Nachweis einer ganzheitlichen Lösung zu erbringen. Im Fokus des Fraunhofer IWU stand unter anderem die Entwicklung der erforderlichen Technologien, die zum Umformen der Magnesiumbleche für den industriellen Einsatz benötigt werden.

Ziel war die Umsetzung einer möglichst seriennahen Konstruktion (Autotür). Vor allem beim Türinnenteil waren hohe Umformgrade zu realisieren, die letztendlich die geometrische Anbindung der verschiedenen An- und Einbauteile ermöglichten.

**2** *Genauschneidwerkzeug für Schnittflächen mit hohem Glattschnittanteil*

**3** *Durch Hochgeschwindigkeitsschneiden erzeugte gratfreie bzw. -arme rechtwinklige Trennflächen*



Als Erfolg versprechend in Bezug auf die industriell erforderlichen Taktzeiten erwiesen sich Kombinationen aus elektrisch beheizten Werkzeugen und induktiv bzw. magnetisch erwärmten Halbzeugen. Dadurch konnten in der praktischen Umsetzung seriennahe Taktzeiten von acht Sekunden für die Tür außen- bzw. -innenteile umgesetzt werden. Die Erwärmung der Tailored-Blank-Platinen erfolgte induktiv vor Zuführung in das beheizte Werkzeug. Aus energetischen Gründen wurden ausschließlich Platinenbereiche mit erhöhten Umformgraden durch einen bauteilspezifischen Induktor direkt erwärmt. Im Werkzeug wurde durch verschiedene variable Regelkreise ein nicht-isothermes Temperaturgefüge aufgebaut. Der anfänglich komplett isotherm ausgelegten Prozess konnte so differenziert und die notwendigen Energieeinträge für eine stabile Gutteilfertigung um mehr als 40 Prozent reduziert werden.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten spiegeln sich im Demonstrator Autotür wider. Die Baugruppe in Magnesiumausführung wiegt ca. 4,6 kg gegenüber einer Tür in Stahlkonstruktion mit ca. 11,2 kg und hat ähnliche Gebrauchseigenschaften.

## WERKZEUGENTWICKLUNG UND -OPTIMIERUNG

Wir entwickeln Ideen für neue Werkzeugkonzepte zur Herstellung komplexer Umformteile im Feinstblechbereich bis hin zu Bauteilen mit Blechdicken von mehr als zehn Millimetern. Der Fokus in der Werkzeugkonstruktion ist dabei sowohl auf die Prototypen- und Einzelfertigung als auch auf den Serienbetrieb gerichtet, stets unter Berücksichtigung neuester Trends in der Werkzeugwerkstoffentwicklung und der Anlagentechnik. Je nach Bedarf und Projektumfang realisieren wir auch die Umsetzung der Werkzeuge und deren Abmusterung.

### Modulare Werkzeugkonzepte

Die vom Kunden gewünschte Modellvielfalt, beispielsweise in der Automobilindustrie, zieht häufig anteilmäßig hohe Werkzeugkosten nach sich, da gleichzeitig die Stückzahl der gefertigten Derivate sinkt. Oft unterscheiden sich die betreffenden Bauteile nur in Details, so dass bei Anwendung modularer Werkzeugaufbauten nur diese betreffenden Abschnitte gewechselt werden müssen. Durch ein am Fraunhofer IWU entwickeltes Werkzeugbasiskonzept werden kurze Wechselzeiten zwischen zwei oder mehreren Geometrien bei gleichzeitig hoher Bauteilgenauigkeit und Reproduzierbarkeit ermöglicht.

### Aktivteilbeschichtungen für Umform- und Schneidwerkzeuge

Der zunehmende Einsatz neuer Blechwerkstoffe mit – gegenüber konventionellen Blechwerkstoffen – verändertem Formänderungs- und Verfestigungsvermögen stellt besondere Anforderungen an die Werkzeugauslegung. Am Fraunhofer IWU wurden daher in den letzten Jahren mit verschiedenen Partnern Untersuchungen zum Einsatz von Werkzeugbeschichtungen und deren Verhalten im tribologischen System in Umform- und Schneidwerkzeugen durchgeführt. Eine belastungsgerechte Schichtauslegung erfordert die Betrachtung des Gesamtsystems Blechwerkstoff – Beschichtung/Schmierstoff – Werkzeugwerkstoff, die Abstimmung der Werkzeug-Finishbearbeitung auf den Beschichtungsprozess, die Beachtung des veränderten Schichtverhaltens bei der temperierten Umformung sowie die Anpassung des Schichtsystems an das jeweilige Temperaturfeld.

**4** *Beheiztes Werkzeug zur Herstellung einer Autoinnentür aus Magnesium*

**5** *In-line Prozessüberwachung einer Ziehstufe*

**6** *Magnet-Umformanlage*



## SENSORIK UND AKTORIK IM WERKZEUGBAU

Die Überwachung des Fertigungsprozesses ermöglicht sowohl beim Tryout als auch in der Anlaufphase und im Serienprozess eine deutliche Reduzierung von Fehlerteilen, da diese häufig in den schleichenden Änderungen der Werkstoffkennwerte innerhalb eines Coils bzw. einer Charge zu suchen sind. Durch geeignete Sensorik können nahezu alle Fertigungsstufen überwacht werden; Auswertelgorithmen erzeugen bei signifikanten Abweichungen vom optimalen Zustand Korrekturwerte. Durch Nutzung einer werkzeugintegrierten Aktorik (zum Beispiel Piezoelementen) werden automatisch geringfügige Änderungen der Prozessparameter erzeugt, die eine gleichbleibende Bauteilqualität über die gesamte Fertigung garantieren.

### Dünnschichtkraftsensoren zur Überwachung von Schneidprozessen

Für eine wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Fertigung in der Scherschneidtechnik ist eine Online-Prozessüberwachung unumgänglich. Sie bildet die Grundlage für eine effektive Prozesssteuerung und ermöglicht ein frühzeitiges Reagieren auf Veränderungen im Scherschneidprozess, um beispielsweise einen Werkzeugbruch zu vermeiden. Neue Sensoren auf Basis kraftsensorischer Schichten (sogenannte Dünnschichtkraftsensoren) stellen eine preisgünstige Alternative zu herkömmlichen Systemen dar, sind robust ausgelegt und können platzsparend in Schneidwerkzeuge integriert werden. Vergleichende Messungen mit handelsüblichen Sensoren haben gezeigt, dass mit den neuen Sensorsystemen Kraftverläufe von Schneidvorgängen in guter Übereinstimmung, jedoch mit wesentlich besserer Auflösung wiedergegeben werden können.

## AUSSTATTUNG

### Verfügbare Software-Tools

Pro/ENGINEER/CATIA/AutoCAD/PAM-STAMP™/DEFORM™/LS-DYNA/AUTOFORM/ABAQUS/ANSYS

### Verfügbare Anlagentechnik

- Hydraulische Tryout-Pressen EHP4-1600 mit Mehrpunktziehkissen und High-Speed-Technik (Presskraft 16000 kN, Tischgröße 4000 x 2500 mm)
- Multiservopresse MSP4-2000-2.5x1.2-400, 4 Hauptantriebe (max. Presskraft 2000 kN, Stößelgeschwindigkeit 280 mm/s, Tischabmessung 2500 x 1200 mm)
- Hydraulische Doppelständer-Rahmenpresse HD 315 (Presskraft 3150 kN, Tischgröße 800 x 1000 mm)
- Hydraulische Zweiständerpresse PYZ 250 mit Mehrpunktziehtechnik (Presskraft 2500 kN, Tischgröße 1700 x 1250 mm)
- Hydraulische C-Gestellpresse CLDZ 250 mit Ziehkissen (Presskraft 2500 kN, Tischgröße 1060 x 780 mm)
- Innenhochdruck-Umformanlagen
  - (1) Arbeitsfläche 2000 x 1500 mm, Schließkraft 15000 kN, Innendruck 4000 bar
  - (2) Arbeitsfläche 2150 x 4440 mm, Schließkraft 50000 kN, Innendruck 2 x 4000 bar
- Anlage zum Hochgeschwindigkeitsscherschneiden (ADIA 7)
  - Energievermögen 0,7...7 kJ (erweiterbar)
  - Geschwindigkeiten 10 m/s (erweiterbar bis 15)
  - Energieerzeugung durch Hochgeschwindigkeitshydraulik
  - Serientauglichkeit bis 120 Hub/min
- Walzprofilieranlage (Länge der Profiliermaschine ca. 6 m, Bandbreite 100...500 mm, max. 11 Profiliergerüste)
- Magnet-Umformanlage 100 kJ
- Einrichtungen zur inkrementellen Umformung
- Hydraulische Tafelschere CP 3100 x 13

**Herausgeber**

Fraunhofer-Institut für  
Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  
Reichenhainer Straße 88  
09126 Chemnitz

Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c.  
Reimund Neugebauer

Telefon +49 371 5397-0  
Telefax +49 371 5397-1404  
info@iwu.fraunhofer.de  
www.iwu.fraunhofer.de

Abteilung Blechbearbeitung und Grundlagen

Dr.-Ing. Roland Müller  
Telefon +49 371 5397-1464  
Telefax +49 371 5397-6-1464  
roland.mueller@iwu.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU 2012