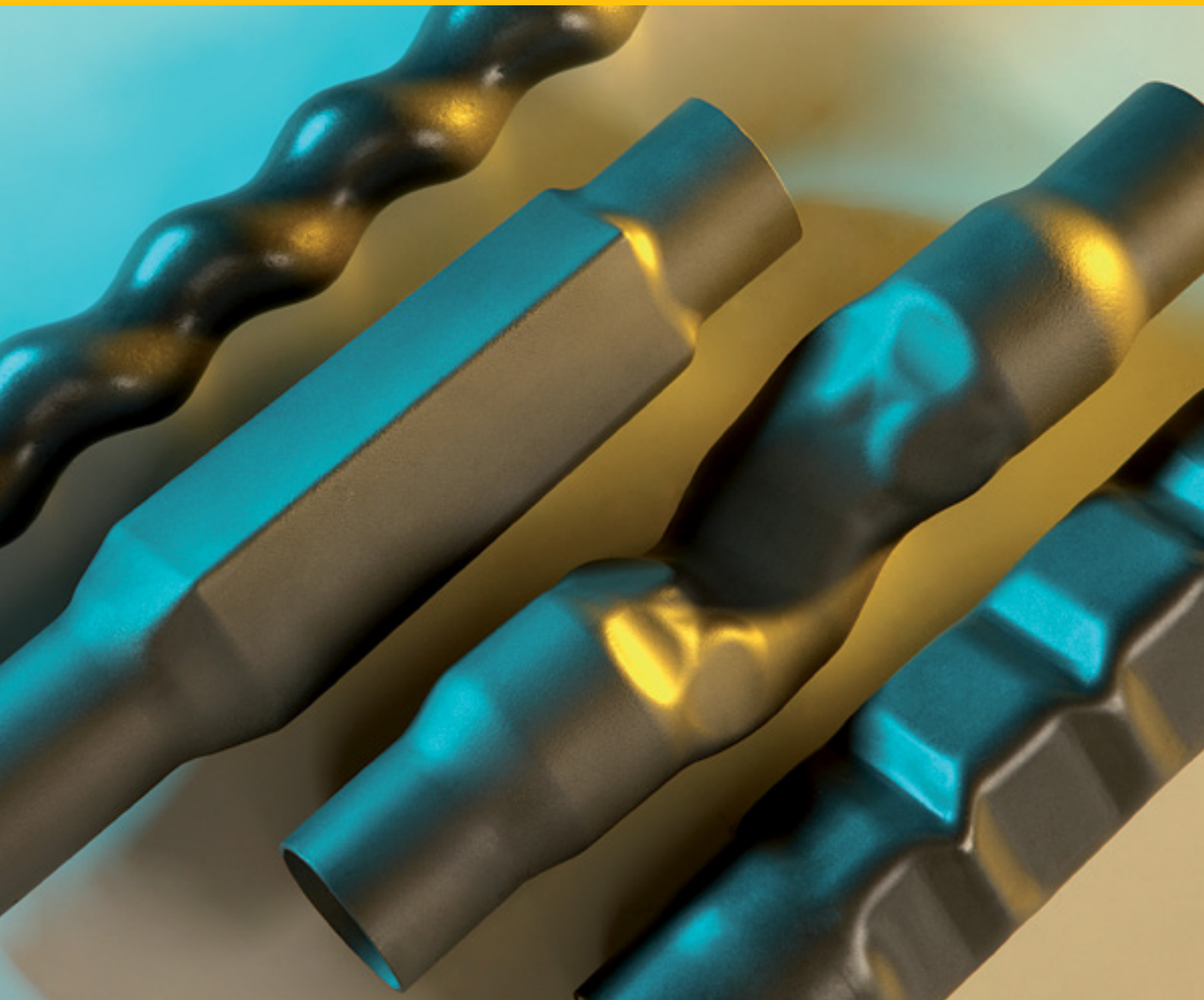


# **PRESSHÄRTEN**

## **VON BLECHEN UND GESCHLOSSENEN PROFILEN**





## HERAUSFORDERUNG PRESSHÄRTEN

Der Trend, höchstfeste Werkstoffe in innovativen Karosseriekonzepten einzusetzen, ist ungebrochen. Allein durch den Einsatz von höchstfesten Karosseriebauteilen können bei einem Mittelklassefahrzeug bis zu 20 Kilogramm Masse eingespart werden. Dies senkt nicht nur den Bedarf an Stahl in der Fahrzeugherstellung, sondern reduziert in der Nutzungsphase auch den Kraftstoffverbrauch sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Aufgrund dieser Vorteile in der Produktions- und Nutzungsphase gehen Prognosen davon aus, dass der Bedarf an höchstfesten Karosseriebauteilen bis zum Jahr 2015 auf ca. 350 Millionen Bauteile pro Jahr ansteigen wird. Um dieser rasanten Entwicklung technologisch gewachsen zu sein, müssen prozesssichere und serientaugliche Fertigungsstrategien entwickelt werden, die aktuellen und zukünftig steigenden Anforderungen hinsichtlich Energie- und Ressourceneffizienz genügen.

### Das Verfahren Presshärten

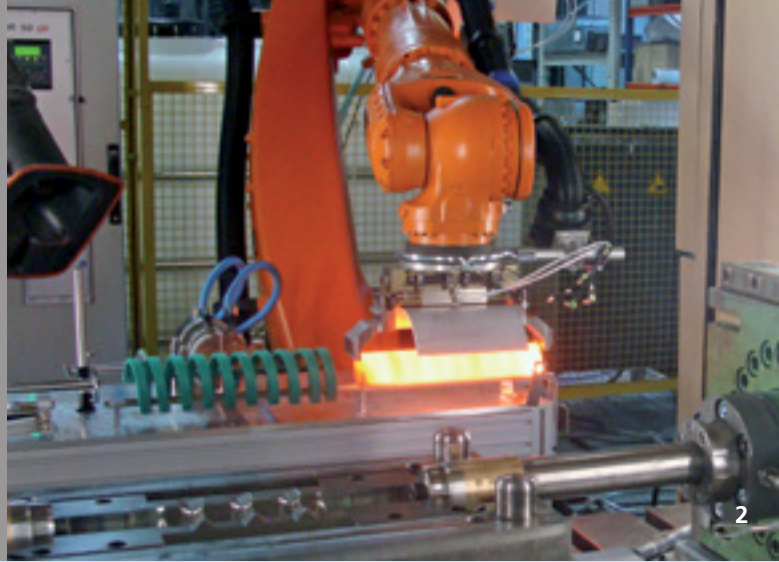
Ein Erfolgsbeispiel für die Herstellung von höchstfesten Karosseriebauteilen ist das Blechwarmumformverfahren Presshärten. Dieses Verfahren kombiniert in einem Prozessschritt – dem sogenannten Press- oder Formhärten – sowohl die Formgebung als auch die Wärmebehandlung des Blechbauteils. Das Verfahren ist dadurch charakterisiert, dass die über Austenitisierungstemperatur erwärmten Platinen oder geschlossenen Profile in ein gekühltes Umformwerkzeug eingebracht und anschließend abgeschreckt werden. Diese in die Umformung integrierte Wärmebehandlung erzeugt ein martensitisches Gefüge, so dass die pressgehärteten Bauteile sehr hohe Zugfestigkeiten von bis zu 1800 MPa aufweisen. Derartige Bauteile können als crashrelevante Strukturbauteile wie zum Beispiel A- und B-Säulenverstärkung, Stoßfänger oder Schweller sowie auch im Antriebsstrang, beispielsweise als Nockenwellen, eingesetzt werden.

Gerade aus der Kombination von Umformung und thermischer Behandlung resultieren aber auch die Herausforderungen des Verfahrens:

- in der Projektierungsphase:
  - thermo-mechanische Prozesssimulation
  - Prozessmonitoring
  - Werkzeugkonzepte mit integriertem Kühlsystem
- in der Durchführungsphase:
  - Handling der warmen Bauteile
  - Beschneiden der pressgehärteten Bauteile auf Endgeometrie
  - hoher Energie- und Ressourcenbedarf

1 *Presshärten eines B-Säulenfußes*

2 *Wirkmedienbasiertes Presshärten von geschlossenen Profilen*



Wissenschaftlicher Exkurs

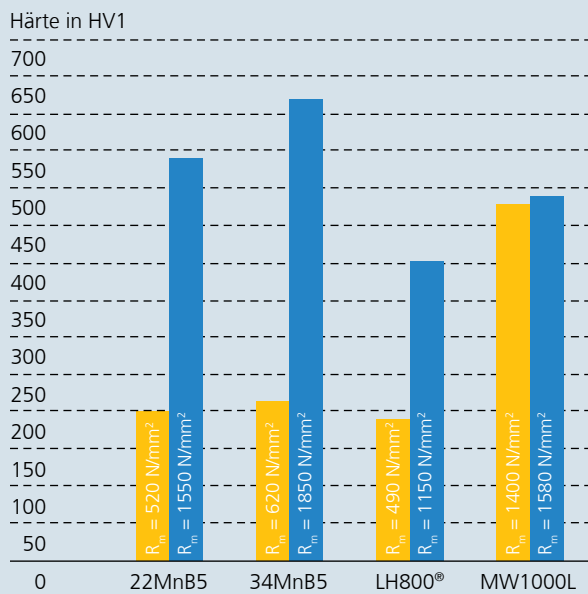
**Charakterisierung eines pressgehärteten Hohlprofils**

Beim Hot Metal Gas Forming (HMGF) – der Kombination der Verfahren Presshärten und wirkmedienbasierte Umformung – beeinflusst eine Vielzahl von Parametern den Prozess und im Ergebnis die geometrischen und mechanischen Eigenschaften des herzustellenden Produkts. Um den Einfluss dieser Faktoren ermitteln zu können, sind zur Auslegung der Prozesse numerische Simulationen von großem Nutzen.

Neben Prozessgrößen wie dem zu erwartenden Umformgrad und der Ausdünnung des Bauteils spielen speziell beim HMGF der Temperaturverlauf des Bauteils über die Prozesszeit sowie die resultierenden mechanischen Kennwerte wie Festigkeit und Härte eine entscheidende Rolle. Um ein möglichst genaues Abbild des realen Prozesses zu erhalten, kommen thermo-mechanisch gekoppelte Simulationen des Umformvorgangs zum Einsatz. In weiterführenden Betrachtungen wird sowohl das thermische Verhalten des Werkzeugs als auch der Einfluss des Wirkmediums auf das Abkühlverhalten des Bauteils in einer thermodynamischen Simulation berechnet. Im Ergebnis wurde unter anderem das Temperaturprofil des Bauteils über den Prozess ermittelt, was Aussagen über dessen finale mechanische Eigenschaften erlaubt.

Eine Auswahl der im wirkmedienbasierten Presshärten untersuchten Materialien und die dabei erreichten Härte- und Festigkeitskennwerte zeigt nebenstehendes Diagramm. Zur Verifizierung der simulierten Bauteil- und Werkzeugtemperaturverläufe ist die Implementierung einer geeigneten Messtechnik in die Werkzeugsysteme erforderlich. Am Fraunhofer IWU wurden dazu sowohl taktile als auch berührungslos messende Sensoren auf ihre Einsetzbarkeit beim HMGF untersucht und darauf aufbauend angepasste Messsysteme und -strategien entwickelt.

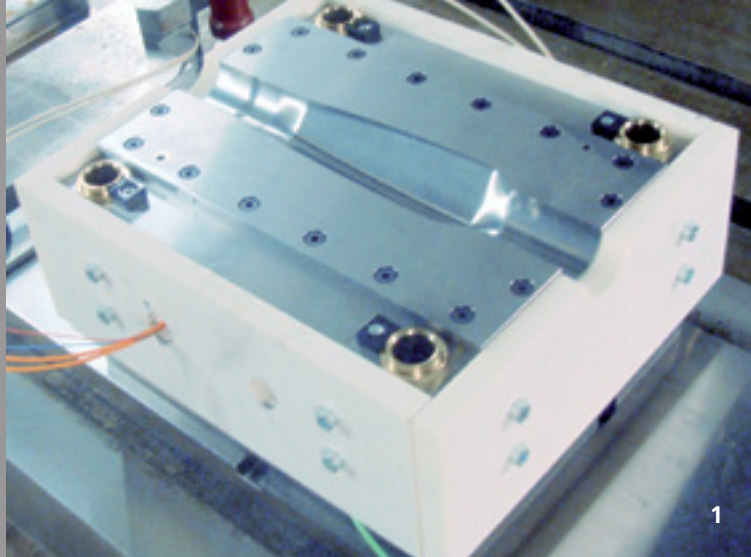
**Härte- und Festigkeitskennwerte unterschiedlicher Materialien**



- Lieferzustand
- pressgehärtet

**Versuchsparameter**

	<b>Wert</b>
Austenitisierungsdauer	5 min
Max. Bauteiltemperatur	950 °C
Werkzeugtemperatur	20 °C (wassergekühlt)
Max. Wirkmediendruck	70 MPa
Wirkmedium	Stickstoff



## UNSER ANGEBOT

### Lösungsstrategie – Ganzheitlichkeit

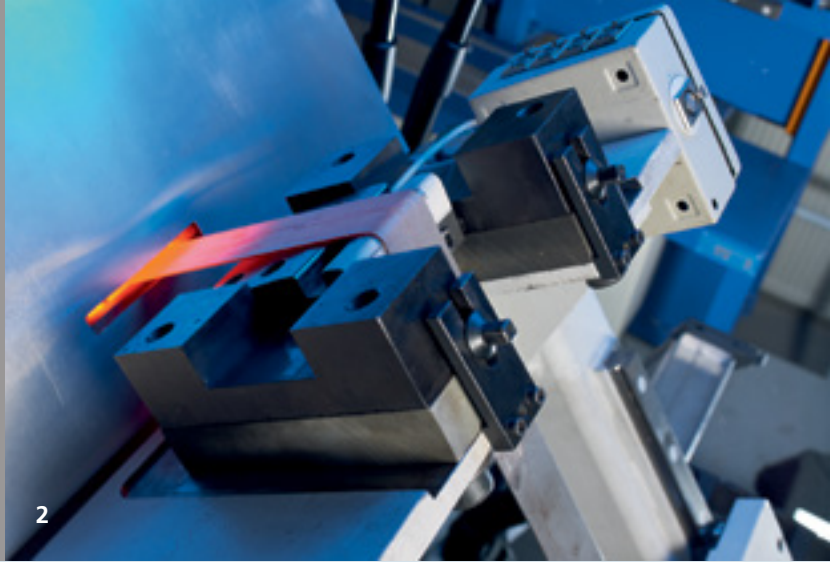
Das Verfahren Presshärten ist ein interessantes und zukunfts-trächtiges Forschungsgebiet am Fraunhofer IWU. Wir überzeugen hierbei durch ein ganzheitliches und interdisziplinäres Lösungskonzept, das von werkstofftechnischen Analysen über die Bestimmung der technologischen Prozessparameter bis hin zur Bauteilherstellung durch innovative Werkzeuge reicht. Abgerundet wird dieses Lösungskonzept durch Untersuchungen hinsichtlich der Energie- und Ressourceneffizienz der Prozessschritte sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.

### Unser Leistungsspektrum

- Fertigungsstrategien für Bauteile mit maßgeschneiderten Eigenschaften (z.B. durch Tailored Tempering-Konzepte)
- Prozessketten- und Methodenplanung für das Presshärten (z.B. Ermittlung optimaler Prozessparameter, Machbarkeitsanalysen)
- Materialphysikalische Untersuchungen (Kennwertermittlung wie z.B. thermischer Ausdehnungskoeffizient, Temperaturleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität)
- Analyse von technologischen Werkstoffkenngrößen (z.B. Grenzformänderungskurve bis zu einer Umformtemperatur von 950 °C, Grenzziehverhältnis)
- Tribologische Untersuchungen (z.B. temperierte Streifenziehversuche)
- Simulation des Umformprozesses (z.B. thermo-mechanisch gekoppelte Umformsimulation, Gefügesimulation, Strömungssimulation)
- Entwicklung von Werkzeugkonzepten und konstruktive Umsetzung (z.B. Implementierung von unterschiedlichen Werkzeugkühlkonzepten)
- Presshärten von Blechbauteilen
- Wirkmedienbasiertes Presshärten von Hohlprofilen (z.B. Nutzung unterschiedlicher gasförmiger Wirkmedien, induktive Halbzeugerwärmung außerhalb und innerhalb des Werkzeugs)
- Bewertung der Energie- und Ressourceneffizienz von Prozessen und Prozessketten

1 IHU-Presshärtegerät mit integriertem Kühlsystem

2 Temperierter Streifenziehversuch



Wissenschaftlicher Exkurs

### Untersuchung der Reibverhältnisse beim Presshärten

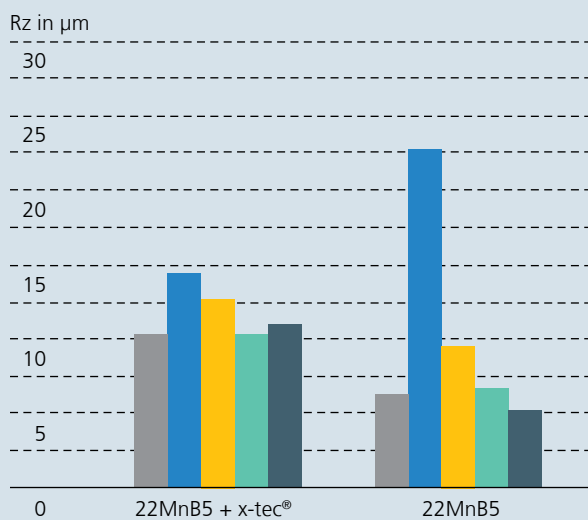
Die Tribologie ist sowohl für die Kalt- als auch für die Warmumformung eine Prozessstellgröße mit großem Einfluss auf die Prozessstabilität. Der Reibungskoeffizient zwischen Werkzeug und Blech bestimmt in beiden Verfahren maßgeblich das Umformergebnis, also ob ein Gutteil erzeugt wird oder Werkstückversagen auftritt. Im Unterschied zur Kaltumformung wirken jedoch beim Presshärten zusätzliche Verschleißmechanismen, die hohe Ansprüche an die Werkzeugoberfläche stellen. Die hier entscheidenden Verschleißmechanismen sind Ermüdungserscheinungen durch thermische Wechselbeanspruchung, Adhäsions- und Abrasionserscheinungen (je nach angewandter Blechbeschichtung), Auswaschungen aufgrund der durch die hohen Temperaturen ausgelösten Gefügeumwandlungen und Diffusionsvorgänge in der Werkzeugoberfläche.

Durch die gezielte Auswahl von Werkzeugwerkstoff, Werkzeugbeschichtung und gegebenenfalls Schmierstoff können die Standzeiten der Werkzeuge verlängert und Wartungsintervalle vergrößert werden.

Mit dem temperierten Streifenziehversuch wurden Hartstoffschichten sowie ein unbeschichteter Werkzeugstahl auf die Eignung für Presshärtewerkzeuge untersucht. Bei den Versuchen kam der x-tec<sup>®</sup> beschichtete sowie unbeschichtete Presshärtewerkstoff 22MnB5 zum Einsatz. Nach dem Austenitisieren im integrierten Ofen der Anlage wurden die Blechstreifen unter Aufbringung einer Flächenpressung über die beschichteten Ziehkanten gezogen. Die Versuche wurden hinsichtlich Werkzeugverschleiß, Blechoberflächenbeschaffenheit und Reibungskoeffizient ausgewertet.

Durch den Einsatz von PVD-Beschichtungen kann ein Aufschweißen des unbeschichteten Blechwerkstoffs auf das Werkzeug vermieden werden. Die Reibwerte bleiben für den jeweiligen Blechwerkstoff durch die Werkzeugbeschichtung nahezu unbeeinflusst.

### Rz-Blechrauhheiten (Ziehkanten mit PVD-Beschichtung)



- Lieferzustand
- unbeschichtet
- CrVN
- (NbTiAl)N
- (TiZrCr)N

### Versuchsparameter

	Wert
Ziehgeschwindigkeit	50 mm/s
Ziehweg	300 mm
Ziehradius	8 mm
Werkzeugtemperatur	23 °C
Ofentemperatur	900 °C
Austenitisierungsdauer	8 min
Flächenpressung	20 N/mm <sup>2</sup>



## UNSERE AUSSTATTUNG

### Anlagentechnik

- Multiservopresse MSP4-2000-2.5x1.2-400 (4 Hauptantriebe und Presskraft von max. 2000 kN)
- Hydraulische Tryout-Pressen EHP4-1600 mit Mehrpunktziehkissen und High-Speed-Technik
- Hydraulische Doppelständer-, Zweiständer- und C-Gestellpressen
- Walzprofilieranlage (bis zu 11 Profiliergerüste und 500 mm Bandbreite)
- Innenhochdruck-Umformanlage (Schließkräfte 15 000 kN und 50 000 kN mit Gasverdichterregelmodul bis 70 MPa, Wirkmedium Stickstoff)
- Induktionsanlage mit je 25 kW Mittel- und Hochfrequenz Magnet-Umformanlage (105 kJ Pulsenergie)
- Anlage zum Hochgeschwindigkeitsschneiden (ADIA7) mit Geschwindigkeiten bis zu 15 m/s und 120 Hub/min
- Robotertechnik mit Greifersystemen für das Handling warmer Bauteile
- 10 kW Rückkühlanlage zur Werkzeugkühlung

### Mess- und Prüftechnik

- Erichsen Blech- und Bandprüfmaschine 145 mit einer Stempelkraft von 600 kN
- Materialprüfmaschine Zwick 1475 mit ortsauflösender Dehnungsmessung, einer Hochtemperiereinrichtung bis 1100 °C und einer Maximalkraft von 100 kN
- Materialprüfmaschine UTS 20 mit Vakuum-Schutzgas-Ofensystem bis 1600 °C
- Biaxialzugprüfmaschine der Marke Zwick mit einer Gesamtzugkraft von 250 kN

- Temperierte Streifenzieheinrichtung mit 90°-Umlenkung
- Automatische Härteprüfmaschine EMCOTEST M1C 010-DR
- Thermografiekamera InfraTec VarioScan 3021 ST mit einem Messbereich von Raumtemperatur bis 1100 °C
- Auflichtmikroskop NikonEpiphot und Stereomikroskop Olympus SZX 10
- 3D Kontur-, Verschiebungs- und Dehnungsmesssystem der Firma GOM
- AutoGrid®-Formänderungsanalyse-Systeme der Firma ViALUX
- Optimiertes Berasterungszubehör (elektrochemisches Berastern, Siebdrucktechnik)
- Trenn-, Einbett-, Schleif- und Poliertechnik als Grundlage für metallografische Untersuchungen (z.B. Mikro- und Makrogefügebestimmung, Härteprüfung, Ermittlung der Schnittflächenkenngrößen)

### Software-Tools

Konstruktion: Creo Elements/Pro (Pro/ENGINEER), CATIA V5, Autodesk®, Inventor®, AutoCAD®

Simulation: PAM-STAMP, DEFORM™, LS-DYNA, AutoForm, Abaqus, ANSYS®



## REFERENZEN

### Leit- und Referenzprojekte

#### Spitzentechnologiecluster »Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik« (eniPROD)

*Laufzeit: 2009-2014*

Vision einer energieautarken, emissionsfreien Produktion bei gleichzeitiger Reduzierung des Energiebedarfs und Erhöhung der Ressourceneffizienz

Gefördert von der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen

#### »Trennen und Fügen höchstfester Stähle«

*Laufzeit: 2008-2010*

Anforderungen an einen sicheren Serienprozess und Entwicklungen neuer Trenntechnologien für höchstfeste Stähle

Gefördert von der Sächsischen Aufbaubank (SAB)

#### »Ermittlung von geeigneten Verfahrensstrategien für die Integration von Presshärteprozessen in die wirkmedienbasierte Umformung«

*Laufzeit: 2009-2013*

Grundlagenuntersuchungen, Strategien zur numerischen Prozessauslegung, Entwicklung innovativer Werkzeugtechnologien, Analyse der Formgenauigkeit sowie Einstellung gradierter Eigenschaften

Gefördert von der AiF über die EFB (16182BR und 16961BR)

#### Verbundprojekt »Flexible Wärmebehandlung« (FlexWB)

*Laufzeit: 2009-2012*

Gezielte Gestaltung von Bauteileigenschaften und Erhöhung der Energieeffizienz der Prozesskette Warmumformen, Werkzeugkonstruktion, thermo-mechanisch gekoppelte Simulation  
Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

### Netzwerke

#### Netzwerk Innenhochdruck-Umformung

Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von KMU durch Einführung neuer Technologien, die zur effizienteren Herstellung von vorhandenen und/oder neuartigen Produkten beitragen

([www.netzwerk-ihu.de](http://www.netzwerk-ihu.de))

1 *Versuche zur Bestimmung des Warmfließverhaltens – Warmzugversuch*

2 *Visualisierung des Energieflusses beim Presshärten*

**Herausgeber**

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

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

**Abteilung Blechbearbeitung**

Dipl.-Ing. Matthias Demmler  
Telefon +49 371 5397-1327  
Fax +49 371 5397-6-1327  
matthias.demmler@iwu.fraunhofer.de

**Bildquellen**

Seite 2: TU Chemnitz/Jürgen Lösel  
Seite 6: TU Chemnitz/Wolfgang Schmidt  
Alle übrigen Abbildungen: © Fraunhofer IWU

© Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU 2021