



1 Presshärntwerkzeug (Stempel) mit generativ gefertigtem Mittelsegment

Fraunhofer-Institut für  
Werkzeugmaschinen und  
Umformtechnik IWU

Reichenhainer Straße 88  
09126 Chemnitz

Gruppe  
Generative Fertigungsverfahren  
Nöthnitzer Straße 44  
01187 Dresden

Dr.-Ing. Bernhard Müller  
Telefon +49 351 4772-2136  
bernhard.mueller@iwu.fraunhofer.de

[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)  
[www.greencarbody.de](http://www.greencarbody.de)



## KONTURNAHE TEMPERIERUNG BEIM PRESSHÄRTEN

### Presshärten

Die Wirtschaftlichkeit von Leichtbaulösungen im Karosseriebau ist hinsichtlich des Ressourceneinsatzes von zentraler Bedeutung. Derzeit werden Karosseriebauteile überwiegend aus konventionellem Stahlblech in hoch automatisierten Presswerken durch mehrstufige Kaltumformung gefertigt. Im Vergleich dazu können Bauteile aus höherfesten Stählen bei gleicher Festigkeit wesentlich dünnwandiger ausgeführt werden und bieten demzufolge ein enormes Leichtbaupotenzial.

Für die Herstellung von Karosseriebauteilen aus hochfestem Stahl wird das Presshärten eingesetzt. Dabei werden Bauteile oberhalb der Austenitisierungstemperatur (über 950°C) erwärmt und während des Umformens rapide unter 200 °C abgekühlt, wodurch ein hochfestes, martensitisches Gefüge entsteht.

### Problemstellung

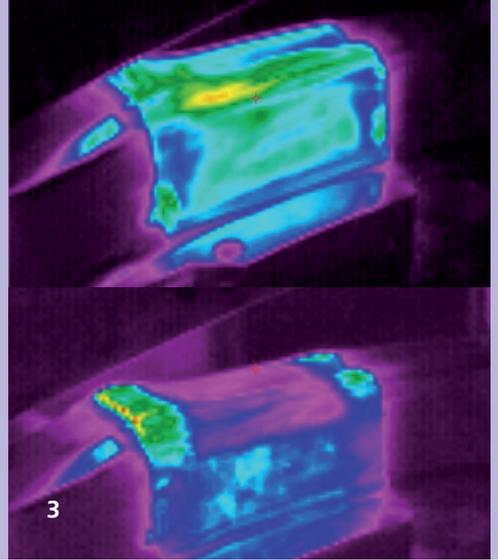
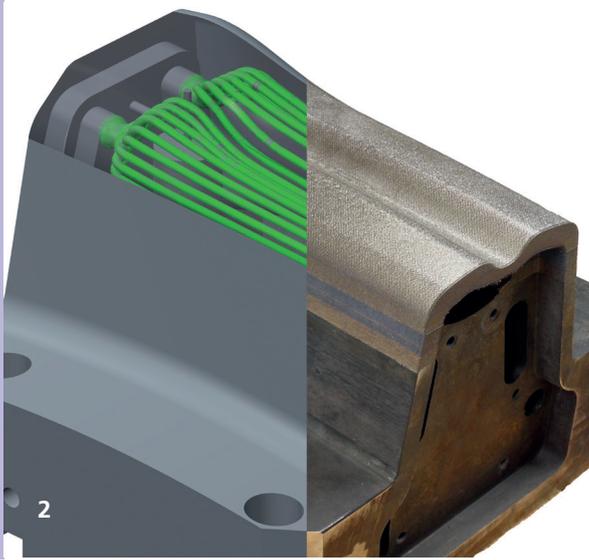
Der Aufbau eines Presshärntwerkzeugs ist im Vergleich zu einem konventionellen Kaltumformwerkzeug wesentlich komplexer, da in Stempel und Matrize Kühlkanäle eingearbeitet werden müssen. Das Einbringen der Kanäle erfolgt dabei durch Tieflochbohren oder eine Segmentierung der Werkzeuge. Eine gezielte Temperierung einzelner Bereiche nahe und konform zur Werkzeugkontur ist damit nur sehr aufwändig und eingeschränkt realisierbar. Daraus resultieren ein hoher Energieeinsatz für das Kühlmedium und lange Zykluszeiten, um die für die martensitische Gefügeausbildung im Pressteil notwendigen Bedingungen im Werkzeug zu schaffen. Die Zykluszeit im Presshärntprozess wird zu ca. 30 Prozent durch die Bauteilabkühlung (Haltezeit der geschlossenen Form nach der Umformung vor der erneuten Öffnung zur Bauteilentnahme) bestimmt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung





## Zielstellung

Ziel eines Forschungsprojekts war die Entwicklung und Fertigung von Presshärwerkzeugen mit einem optimierten Kühlsystem unter Nutzung thermo-fluidischer Simulation und der Laserstrahlschmelztechnologie, um die Ressourceneffizienz in der Blechwarmumformung zu verbessern. Die Werkzeugtemperatursteuerung sollte dabei durch eine komplexe, großflächig vernetzte Kühlkanalgeometrie erfolgen. Um die beste Synthese von größtem Mehrwert, kurzen Fertigungszeiten und geringen Kosten zu erreichen, sollten die Werkzeugeinsätze in der sogenannten Hybridbauweise gefertigt werden. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus einem herkömmlich durch spanende Bearbeitung gefertigtem Grundkörper und einer direkt darauf generativ aufgebauten Funktionsgeometrie mit Kühlung.

## Lösungsweg

Die Werkzeugkonstruktion sowie die Gestaltung der Kühlgeometrie erfolgten unter dem Gesichtspunkt der Werkzeugfertigung bei Anwendung konventioneller Verfahren wie Fräsen und Tieflochbohren. Parallel dazu begann die Gestaltung der innovativen, konturnahen Werkzeugkühlung. Dazu wurden verschiedene Varianten der Werkzeugkühlung entwickelt und mit Hilfe der numerischen Simulation miteinander verglichen. Anhand der Simulationsergebnisse und unter Berücksichtigung der fertigungstechnischen Besonderheiten des Laserstrahlschmelzens konnte die optimale

Kühlkanalgeometrie für die Werkzeugfertigung abgeleitet werden. Die komplexen Kühlkanäle mit einem Durchmesser von nur 4 Millimetern wurden netzartig mit gleichmäßig geringem Abstand zur Werkzeugoberfläche angeordnet.

Zur Bestätigung der Simulationsergebnisse wurden Umformversuche auf einer Standard-Warmumformpresse unter produktionsnahen Bedingungen durchgeführt. Die Fertigungs- und Maschinenparameter wurden dabei, ausgehend von Standardwerten aus der Serienfertigung, kontinuierlich angepasst und optimiert. Mit Hilfe neuester Messtechnik wie Temperatursensoren, Thermografie und computergestützter Analyse wurden alle relevanten Daten der Versuche aufgezeichnet und anschließend analysiert.

Die Wärmeabfuhr in den generativ gefertigten Werkzeugeinsätzen mit optimiertem Kühlsystem erfolgte 6-mal schneller als in den Werkzeugeinsätzen mit konventionell gebohrten Kühlkanälen. In weiteren Versuchen mit Werkstück und Pressvorgang wurden verschiedene Haltezeiten mit unterschiedlichen Volumenströmen des Kühlwassers gefahren. Hier wurden sowohl der Temperaturverlauf im Werkzeug als auch die Temperatur des Werkstücks vor, während und nach der Umformung aufgezeichnet und analysiert.

## Ergebnisse

Der Nachweis des positiven Effekts der optimierten, konturnahen Werkzeugtemperierung wurde im Realversuch erbracht. Die erfolgversprechenden Simulationsergebnisse konnten bestätigt werden.

Im Ergebnis wurde nachgewiesen, dass unter Nutzung der optimierten, generativ gefertigten Werkzeugeinsätze die Haltezeit (Kühlzeit) um 50 Prozent (von 10 Sekunden auf 5 Sekunden) reduziert werden kann. Beim betrachteten Bauteil entspricht dies einer Gesamtzykluszeitreduzierung von 20 Prozent und einer Energieeinsparung von 248 Megawattstunden pro Jahr im Presswerk.

2 *Werkzeugeinsatz mit konturnaher, generativ gefertigter Temperierung (links: CAD, rechts: Realwerkzeug)*

3 *Thermografieaufnahme des Stempels (oben: mit konventioneller Kühlung – Temperatur im Konturbereich des Werkzeugs 142 °C; unten: mit generativ gefertigter Kühlung – Temperatur im Konturbereich des Werkzeugs 68 °C)*