

Titel

Wirtschaftliche Herstellung von innenhochdruckumgeformten Bauteilen aus temperaturbeständigen Titanwerkstoffen

IGF-Nr.: 20018 BG

Forschungseinrichtungen

Forschungseinrichtung 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe,
Remscheid (IFW)

Forschungseinrichtung 2: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und
Umformtechnik, Chemnitz (IWU),

Forschungseinrichtung 3: Institut für Schicht- und Oberflächentechnik,
Braunschweig (IST)



Ansprechpartner beim IFW-Remscheid:

Dr. Frank Zobel
02191 / 5921.113
zobel@fgw.de

Ansprechpartner beim IWU-Chemnitz:

Dipl.-Ing. André Albert
0371 / 5397.1127
andre.albert@iwu.fraunhofer.de

Ansprechpartner bei IST-Braunschweig:

Dipl.-Ing. Martin Weber
0531 / 2155.531
martin.weber@ist.fraunhofer.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 20018 BG der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ausgangssituation

In der Automobilbranche stellt die Gewichtsreduktion einzelner Komponenten eine Methodik zur Emissions- und Verbrauchsreduktion der Fahrzeuge dar. Sowohl aus Qualitätsansprüchen als auch aus ökonomischen Zielrichtlinien der Branche resultieren hohe Ansprüche an zukünftige Entwicklungsarbeiten. Die Werkstoffauswahl, beispielsweise für die Abgasanlage eines PKW, ist daher in Hinblick auf die spezifischen Anforderungen an die Festigkeit, Hitze- und Korrosionsbeständigkeit sowie preiswerter Verarbeitungsverfahren zur Erstellung der komplexen Geometrie, siehe Abb. 1, stark eingeschränkt.



Abbildung 1: Abgasanlage eines PKW (Quelle: Eberspächer)

Leichtmetalle wie Titan, Aluminium und Magnesium bieten insbesondere für Anwendungen in Bereich Mobilität / Fahrzeugbau aufgrund ihrer guten gewichtsbezogenen mechanischen Eigenschaften ein großes Anwendungspotential. Demgegenüber stehen aber vergleichsweise eingeschränkte Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Herstellung von Umformbauteilen

Leichtmetalle haben bei Raumtemperatur oft nur ein vergleichsweise geringes Umformvermögen. Daher müssen zur Fertigung komplexer Bauteile häufig Prozessketten mit mehreren Umformschritten und zwischengeschalteten Wärmebehandlungen genutzt werden. Eine Alternative stellt die superplastische Umformung dar. Allerdings ist diese aufgrund der langen Taktzeiten, des hohen Energieverbrauches und der Notwendigkeit zur Verwendung von Schutzgas ebenfalls sehr kostenintensiv.

Forschungsziel

Das Ziel bestand darin, einen wirtschaftlichen, temperierten Innenhochdruck-Umformprozess von Titanbauteilen zu entwickeln. Als Zielbauteil wurde ein T-Stück aus Titan Grade 2 ausgewählt. Abbildung 2 zeigt die wissenschaftlich-technische Zielstellung.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">■ Wirtschaftliche
■ temperierte
■ Innenhochdruck-Umformung■ von Titanbauteilen (T-Stück)■ mit axialem Nachschieben | <ul style="list-style-type: none">→ kurze Prozessketten→ günstige Werkzeuge→ kurze Taktzeiten→ geringer / kein Schutzgasverbrauch
→ Bauteiltemperatur→ Werkzeugtemperatur→ isotherm vs. wechseltemperiert→ Temperierart (Ofen, Heizpatronen, induktiv, konduktiv, etc.)
→ Wirkmedium (Stickstoff, Argon, etc.)→ Titan Grade 2→ Tribologie (Oberflächenbeschichtung, Schmierstoffe)→ Temperaturkonzept im Werkzeug→ Prozessführung |
|---|---|
- Herausforderungen:**

 - Prozesssimulation,
 - Werkzeugkonzept und
 - Prozessführung

Abbildung 2: Wissenschaftlich-technisch Zielstellung

Der Lösungsansatz besteht dabei in einem temperierten Umformprozess mit gasförmigem Wirkmedium. Dabei muss bei der Umformtemperatur ein Kompromiss gefunden werden, um einerseits gegenüber Raumtemperatur deutliche bessere Umformeigenschaften des Titans zu erreichen und andererseits auf den Einsatz von Schutzgas sowie hochtemperaturtauglichen Werkzeugwerkstoffen verzichten zu können.

Die numerische Auslegung von temperierten Innenhochdruck-Umformprozessen von Titan sowie die Ermittlung der dafür notwendigen Werkstoffkennwerte, die Werkzeugtechnik und die Prozessparameter sind Bestandteil des erstellten Merkblattes.

Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Im Rahmen der Untersuchungen wurde die temperierte Innenhochdruck-Umformung von Titan Grade 2 untersucht. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines wirtschaftlichen einstufigen Fertigungsprozesses zur Herstellung komplexer Bauteilgeometrien aus Titanrohren mittels Innenhochdruck-Umformung. Um dies zu erreichen, wurde ein isothermer Umformprozess inklusive der Möglichkeit des axialen Nachschiebens von Material in die Umformzone am Beispiel eines T-Stückes mit 30 mm Rohrdurchmesser umgesetzt.

Die Bestimmung des möglichen Temperaturbereiches zur Umformung ohne Schutzgas erfolgte mittels Verzunderungsversuchen. Basierend darauf wurden die Materialkennwerte für die Umformsimulation temperatur-, dehnraten- und walzrichtungsabhängig im einachsigen Hochgeschwindigkeitszugversuch ermittelt. Die FEM-Simulation des Umformprozesses erfolgte in LS Dyna®.

Die hohen Prozesstemperaturen und -drücke der Innenhochdruck-Umformung (IHU) sowie die starke Adhäsionsneigung von Titan gegenüber anderen Werkzeugwerkstoffen stellen besondere Herausforderungen an die Werkzeugoberfläche bzw. die Beschichtung dar. Ein hohes Potenzial für die IHU von Titan zeigen Schichten auf Wolframbasis (CrW und WC). Bei diesen Schichten wurde eine Beständigkeit gegenüber den hohen Temperaturen und Drücken während der IHU nachgewiesen. Allerdings traten auch vermehrt Titananhaftungen im Nachschieberegion der Werkzeuge auf. Zur Eindämmung der Anhaftungen könnte zukünftig eine Kombination aus Beschichtung, angepasster Oberflächentopografie und einem geringen Trennmittelauftrag erfolgsversprechend sein.

Für die Umformversuche wurde ein temperierter Werkzeugaufbau basierend auf einem vorhandenem IHU-Basiswerkzeug entwickelt und umgesetzt. Die Werkzeugbeheizung erfolgte über Heizpatronen. Zur Kühlung der nicht beheizten Bereiche wurde Wasser verwendet. Zum Verschleißschutz der Werkzeuge wurden verschiedene Beschichtungen entwickelt und getestet.

Bei den Umformversuchen zeigte sich, dass die basierend auf der Umformsimulation erwartete verbesserte Umformbarkeit des Materials realisiert werden konnte. Die Umformergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung mit der Simulation. Eine Trockenumformung ohne zusätzlichen Schmierstoff ist allerdings aufgrund der starken Adhäsionsneigung des Titans derzeit nicht möglich. In diesem Bereich sind weitere Entwicklungen notwendig.

Abschließend erfolgte die Übertragung der Erkenntnisse auf ein Realbauteil (Endrohr einer Abgasanlage eines Premium-PKW). Dabei zeigte sich, dass insbesondere die Möglichkeit der temperierten Umformung mit gleichzeitigem axialem Nachschieben von Material in die Umformzone eine einstufige Innenhochdruck-Umformung des Bauteiles ermöglicht. Eine temperierte Umformung ohne axiales Nachschieben reicht hierzu nicht aus. Das am Fraunhofer IWU vorhanden Werkzeug zur Herstellung des Abgasbauteiles wurde abschließend konstruktiv an den entwickelten Prozess angepasst und die Werkzeugkosten wurden kalkuliert. Dabei zeigte sich eine enormes Einsparpotential im Vergleich zur bisher genutzten Hochtemperaturumformung.

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, www.fgw.de, angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn Dr. Frank Zobel unter
02191 5921.113.