

ALLEGRO

Hochleistungskomponenten aus Aluminiumlegierungen durch ressourcenoptimierte Prozesstechnologien

Bearbeiter:in	Timon Suckow M. Sc.
Laufzeit	Januar 2018 – Juni 2022
Abteilung	Profiliertechnik
Förderlinie	LOEWE-Förderlinie 3

Abstract

Das Kernziel des interdisziplinären Projektes „Allegro“ war die Schaffung einer Technologiebasis für neue effiziente Prozesse der integrierten Formgebung und Wärmebehandlung der hochfesten Aluminiumknetlegierung AA7075. Die Technologieentwicklung sollte durch synergistische Zusammenführung der relevanten Technologiebausteine (Umformen, Tribologie, Fügen, Beschichten, Werkstoffcharakterisierung, Bauteileigenschaften und Lebensdauer) beschleunigt und in die Anwendung transferiert werden. Am PtU wurde dazu der Prozess des Rollformens anhand temperaturunterstützter Prozessrouten untersucht. Die Temperaturunterstützung begünstigt das Formänderungsvermögen der hochfesten Aluminiumlegierung AA7075 und ermöglicht damit eine Erweiterung der Prozessgrenzen.

Projektbeschreibung

Die aktuelle Forschung in der Produktionstechnik konzentriert sich vor allem auf die Steigerung der Ressourceneffizienz und folgt somit dem Ansatz einer grundlegenden Nachhaltigkeit von Prozessen und Produkten. Die Ressourceneffizienz bezieht sich hierbei auf die gesamte Lebensdauer des Produktes mit dem Einsatz von Energie und anderen Ressourcen bis hin zur Wiedereinbringung in den Wertstoffkreislauf. Im Bereich der Aluminiumumformung zeigt sich ein großes Potenzial an Verbesserungsmaßnahmen zum Erreichen einer höheren Ressourceneffizienz. Insbesondere im Elektromobilitätssektor ist ein nachhaltiger Leichtbau erforderlich, da begrenzte Energiespeicherkapazitäten vorliegen. Ein Weg zum Ziel liegt dabei in der kostengünstigen Massenfertigung, welche durch das Fertigungsverfahren Rollformen (Projekt A1) ermöglicht wird. Neben dem PtU waren an dem Gesamtprojekt Allegro das Institut für Werkstoffkunde sowie das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit in Darmstadt beteiligt. Hinzu kamen zwei Institute der Universität Kassel. Zu diesen zählen das Institut für Werkstofftechnik / Metallische Werkstoffe und das Institut für Trennende und Fügende Fertigungsverfahren.

Zudem war am PtU eine Reihe an KMU-Verbundvorhaben fachlich im Allegro-Projekt eingegliedert.

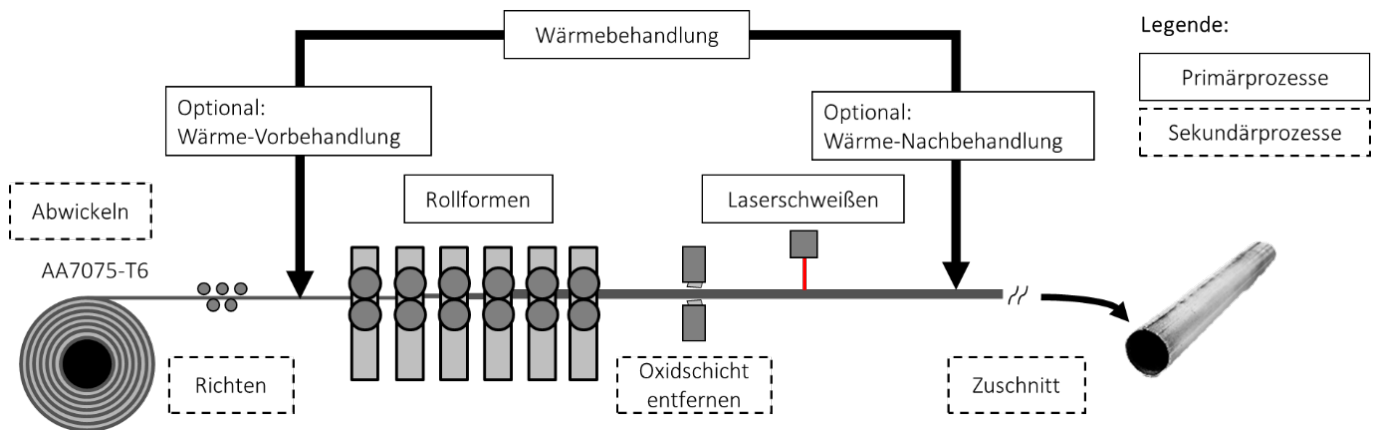
- RAmP – Lokale werkzeugintegrierte Platinenerwärmung
- Multi-hot – Mehrstufige (Warm-)Umformung hochfester Aluminiumlegierungen
- Tribo-Alu-Warm – Tribologische Untersuchung der temperaturunterstützten Aluminium Blechumformung

Die Ziele der KMU-Verbundvorhaben waren zum einen die Implementierung und Erprobung der in Allegro getätigten Technologiesprünge in einem industrienahen Umfeld und zum anderen die Entwicklung neuer Produktgruppen mit einer deutlichen Komplexitätssteigerung der umzuformenden Bauteile. Als Partner für die Prozessimplementierung und Methodenplanung fungierten die Werner Schmid GmbH (mehrstufige Tiefziehprozesse) und die Hörmann Automotive Gustavsburg GmbH (Tiefziehen mit lokaler Erwärmung). Darüber hinaus war die Filzek TRIBOtech GmbH als Experte für tribologische Fragestellungen tätig. Neben den KMU-Verbundvorhaben gilt der Schwerpunkt der Untersuchungen am PtU dem Rollformen (Projekt A1) und Presshärten (Projekt A2) hochfester Aluminiumprofile.

Ergebnisse

Innerhalb des Projekts A1 wurde eine Prozesskette zur Herstellung eines Rohrs aus der hochfesten Aluminiumlegierung AA7075 entwickelt und experimentell umgesetzt (Abbildung 1). Die Prozessentwicklung umfasst die Auslegung des Rollformprozesses, des Schweißprozesses und der prozessintegrierten Wärmebehandlung. Zur Erreichung optimaler Bauteileigenschaften erfolgte eine ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette. Die Herausforderung bei der Herstellung des Rohrs liegt in dem geringen Formänderungsvermögen und der schlechten Schweißbarkeit der hochfesten Aluminiumlegierung AA7075. Eine ressourcenoptimale Ausführung der Prozesskette sieht keine energieintensive Wärmebehandlung (z.B. Weichglühen oder Lösungsglühen) vor. Aufgrund des inkrementellen Charakters des Rollformens lassen sich auch hochfeste Materialien umformen. Die Herausforderung beim Rollformen eines hochfesten Aluminiumrohrs liegt in der hohen Rückfederung beim Einformen. Diese kann beim Schweißen aufgrund hoher Rückstellkräfte des Rohrs und damit hohen Eigenspannungen zu Problemen führen.

Eine geringere Rückfederung kann wiederum durch temperierte Prozessrouten erreicht werden. Innerhalb des Projekts wurden deshalb zusätzlich zur Kaltumformung im T6-Zustand die Umformung im W-Temper- und im weichgeglühten O-Zustand untersucht. Die temperaturunterstützte Umformung kombiniert die Vorteile der Kaltumformung und der Warmumformung im Hinblick auf eine einfache Prozessführung- und -auslegung sowie das gesteigerte Formänderungsvermögen des Materials.



[1] Prozesskette zur Herstellung eines Rohrs aus der hochfesten Aluminiumlegierung AA7075

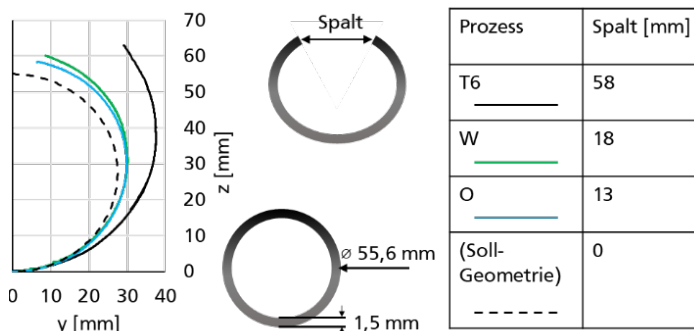
Vorteil der W-Temper-Wärmebehandlung ist die Integration der Wärmebehandlungsschritte „Lösungsglühen“ und „Abschrecken“ in die Prozesskette. Dabei wird das Blechband vor dem Rollformen inline mittels induktiver Erwärmung auf die Lösungsglüh-temperatur von $T = 460\text{ °C} - 480\text{ °C}$ erwärmt und nachfolgend abgeschreckt. Der damit einhergehende W-Temper-Zustand führt zu einer zeitlich begrenzten Verbesserung des Formänderungsvermögens und damit ebenso eine Erweiterung der Prozessgrenzen, trotz Umformung im kalten Zustand. Mit dieser Prozessroute können auch Profile mit kleinen Biege-radien (z.B. U- oder Hutprofile) hergestellt werden. Bei der Prozessroute mit weichgeglühtem Material (O-Zustand) wird das Material vor der Umformung in einem definierten Zyklus für 10 Stunden bei Temperaturen von $410\text{ °C} - 230\text{ °C}$ weichgeglüht. Die Wärmebehandlung findet dabei entkoppelt vom Rollformen statt. Innerhalb dieser Prozessroute ist eine energieintensive Wärme-Nachbehandlung nach dem Rollformen zur Wiederherstellung des T6-Zustands notwendig. Abbildung 2a zeigt die Rückfederung des Rohrs nach dem Rollformen und vor dem Schweißen.

Innerhalb der Schweißversuche konnte wurde gezeigt, dass die Rohre nach der T6-Umformung geschweißt werden können. In Abbildung 2b ist das Prozessfenster (Laserleistung / Drahtvorschub) dargestellt. Als Zusatzwerkstoff wurde ein mit Titancarbid dotierter Draht aus AA7075 verwendet. Bei Verwendung des Zusatzwerkstoffs vergrößert sich das Prozessfenster maßgeblich. Ebenso führt die verringerte Rückfederung nach dem Rollformen zu geringeren Anforderungen an den Schweißprozess. Dies betrifft insbesondere die Spannsituation des Rohrs während und nach dem Schweißprozess.

Innerhalb Projekts konnte gezeigt werden, dass eine Prozesskette zur Herstellung eines hochfesten Rohrs aus der Aluminiumlegierung AA7075 innerhalb verschiedener Prozessrouten möglich ist. Im Folgenden sind die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst:

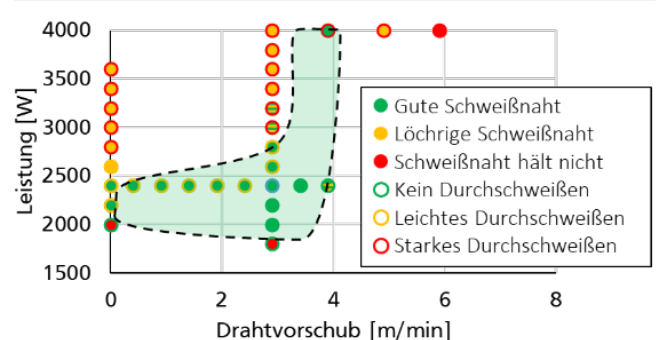
- Das Rollformen eines hochfesten Rohrs ist selbst im hochfesten T6-Zustand möglich.
- Die verringerte Rückfederung in den temperaturunterstützten Prozessrouten ermöglicht die einfache Umsetzung des Schweißprozesses mit konventionellen Rohr-Schweißrollen.
- Mittels verschiedener Wärmebehandlungen innerhalb der Prozesskette lassen sich die Eigenschaften der Endbauteile gezielt einstellen. Dies betrifft insbesondere die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit.
- Die Wahl der Parameter (Temperatur, Haltezeiten, Aufheizraten und Abschreckraten) innerhalb der Wärmebehandlungen hat ebenfalls einen Einfluss auf die Eigenschaften der Endbauteile.
- Aus diesem Grund ist eine akkurate Temperaturführung bei den Wärmebehandlungen von großer Bedeutung. Abweichungen von den Soll-Temperaturen, z.B. beim Lösungsglühen, führen zu einer signifikanten Reduzierung der Festigkeit im Endbauteil.
- Eine Wärme-Nachbehandlung führt zu einer Verbesserung der Schweißnahtfestigkeit um bis zu 50 %.

Rückfederung nach dem Rollformen (vor dem Schweißen) – Experimentell



[2] a) Rückfederung nach dem Rollformen – Vergleich der Prozessrouten

Prozessfenster beim Schweißen des AA7075-T6 Rohrs



b) Prozessfenster beim Schweißen des Rohrs mit und ohne Zusatzwerkstoff (AA7075-TiC)

Projektbezogene Veröffentlichungen (01/2023)

Groche, Peter; Günzel, Janosch; Suckow, Timon (2018):
Blechkomponenten aus hochfestem Aluminium – Möglichkeiten und Potenzial der Inline-Wärmebehandlung von EN AW-7075 beim Walzprofilieren.
In: wt Werkstattstechnik online, 10 (108), S. 639-645, Springer-VDI-Verlag, [Artikel]

Suckow, Timon; Günzel, Janosch; Schell, Lukas; Sellner, Erik; Dagneu, Jonathan; Groche, Peter (2019):
Temperatureinfluss in der Aluminium-Blechumformung – Rückfederungsverhalten und Prozessgrenzen beim Gesenkbiegen von EN AW-6082 und EN AW-7075.
In: wt Werkstattstechnik online, 10 (109), S. 733-739, VDI Fachmedien, [Artikel]

Günzel, Janosch; Suckow, Timon; Veitenheimer, Ciaran; Hauß, Joachim; Groche, Peter (2020):
Robuste W-Temper-Umformung von hochfestem Aluminium = Robust W-Temper forming of high-strength aluminum : how time and quenching method affect the mechanical properties of EN AW-7075.
In: Werkstattstechnik online: wt, 10 (110), S. 697-703, VDI Fachmedien, ISSN: 1436-5006, DOI: 10.37544/1436-4980-2020-10-53, [Artikel]

Suckow, Timon; Schroeder, Julius; Groche, Peter (2021):
Roll forming of a high strength AA7075 aluminum tube.
In: Production Engineering, S. 573-586, Springer, ISSN: 0944-6524,
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01046-2>, [Artikel]

Günzel, Janosch; Suckow, Timon; Sellner, Erik; Schell, Lukas; Fawaro, Andreas; Groche, Peter (2021):
Effizienter Leichtbau durch moderne Prozesstechnologien.
In: Technik und Mensch, 2 (2021), S. 11-13, VDI, ISSN: 1611-5546, Offizielle URL, [Artikel]

Suckow, Timon; Groche, Peter (2021):
Effiziente Umformung hochfester Aluminiumlegierungen am Beispiel des Rollformens.
In: VDI Technik und Mensch, 3, S. 6, [Artikel]

Suckow, Timon; Völkers, Stephan; Bütev Öcal, Ezgi; Grass, Markus; Böhm, Stefan; Groche, Peter (2022):
Effect of Shortened Post Weld Heat Treatment on the Laser Welded AA7075 Alloy.
In: metals, 12(3), 393. DOI: <https://doi.org/10.3390/met12030393>, [Artikel]

Suckow, Timon; Groche, Peter (2022):
Evaluation of Cold Roll Forming Strategies for the Production of a High-Strength Aluminum Hat Profile.
In: Key Engineering Materials, 926, In: Achievements and Trends in Material Forming, S. 690-699, Baech, Trans Tech Publications Ltd., ESAFORM 2022, Braga, Portugal, 27.04.2022 - 29.04.2022, DOI: [10.4028/p-y5090o](https://doi.org/10.4028/p-y5090o)

Sajadifar, Seyed Vahid; Suckow, Timon; Heider, Ben; Oechsner, Matthias; Groche, Peter; Niendorf, Thomas (2022):
Cooling rate as a process parameter in advanced roll forming to tailor microstructure, mechanical and corrosion properties of EN AW 7075 tubes.
In: Materials Science & Engineering Technology, 53(12), S.1479-1493. DOI: <https://doi.org/10.1002/mawe.202200116>

Sajadifar, Seyed Vahid; Suckow, Timon; Chandra, Caroline Karina; Heider, Ben; Heidarzadeh, Akbar; Zavasnik, Janez; Reitz, Rüdiger; Oechsner, Matthias; Groche, Peter; Niendorf, Thomas (2023):
Assessment of the impact of process parameters on the final material properties in forming of EN AW 7075 employing a simulated forming process.
In: Journal of Manufacturing Processes, 86, S. 336-353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.12.056>

Danksagung

Das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen dankt LOEWE, der Hessen Agentur und den beteiligten Partnern für die Unterstützung bei der Durchführung dieses Projekts.

Gefördert durch



LOEWE

Exzellente Forschung für
Hessens Zukunft



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH

Projektpartner

