

PRESSEINFORMATION

10. April 2025 || Seite 1 | 4

Innovativer Stahlguss: TRIP/TWIP-Effekt ebnet den Weg für sicherere und nachhaltigere Bauteile

Dem Fraunhofer IWU und der TU Bergakademie Freiberg ist ein Durchbruch in der Stahlgusstechnologie gelungen. Ihre Entwicklung eines kaltumformbaren, kupferlegierten austenitischen Stahlgusses mit TRIP/TWIP-Eigenschaften markiert einen Meilenstein in der Materialwissenschaft und eröffnet gänzlich neue Perspektiven für sicherheitskritische Anwendungen. Die neue Legierung bietet eine bisher beispiellose Kombination aus Festigkeit und Duktilität: Sie ist hoch belastbar und kann sich dennoch plastisch verformen.

Das Geheimnis des TRIP/TWIP-Effekts

Der Kern dieser Innovation liegt im sogenannten TRIP/TWIP-Effekt, der dem neuen Stahlguss seine außergewöhnlichen Eigenschaften verleiht. TRIP steht für »Transformationsinduzierte Plastizität« und TWIP für »Zwillingsinduzierte Plastizität«. Diese Mechanismen bewirken, dass sich die Mikrostruktur des Materials unter Belastung verändert, was zu einer deutlichen Steigerung von Festigkeit und Duktilität führt.

- **TRIP-Effekt:** Unter mechanischer Beanspruchung wandelt sich ein Teil des Austenits, einer weichen und zähen Gefügephase, in Martensit um, also in eine harte und feste Phase. Diese Umwandlung führt zu einer lokalen Verfestigung des Materials und erhöht seine Widerstandsfähigkeit gegen Risse.
- **TWIP-Effekt:** Hierbei bilden sich im Austenit sogenannte Verformungszwillinge, die ebenfalls zu einer Verfestigung und Erhöhung der Zähigkeit des Materials beitragen.

Beide Effekte steigern die Zugfestigkeit des Werkstoffs bzw. seine Fähigkeit, mechanische Energie aufzunehmen:

»Durch die Kombination dieser beiden Effekte wird die Festigkeit des Werkstoffes signifikant erhöht und das Bauteilversagen unter dynamischer Belastung verzögert. Zudem verbessern sich das Umformvermögen und das Energieaufnahmevermögen im Falle eines Aufpralls erheblich«, erläutert Nadine Lehnert, die am Fraunhofer IWU die Projektleitung im DFG-geförderten Forschungsvorhaben »Kaltumformung von Stahlguss« übernommen hat.

Kontakt Pressestelle

Andreas Hemmerle | Fraunhofer-IWU | Telefon +49 371 5397-1372 |
Reichenhainer Straße 88 | 09126 Chemnitz | www.iwu.fraunhofer.de | presse@iwu.fraunhofer.de |

FRAUNHOFER IWU

Und das funktioniert so: Die Anfangsform aus der betrachteten Stahlguss-Legierung wird durch die Kaltmassivumformung zu einem Produkt mit einer feinkörnigen, rückumgewandelten austenitischen Gefügestruktur umgeformt. Die Fertigungsroute beginnt mit einer grobkörnigen, austenitischen Struktur. Das Werkstück wird zunächst in einer Fließpressmatrize hinsichtlich des Durchmessers reduziert. Diese mechanische Belastung führt durch den TRIP-/TWIP-Effekt zu einem teilweise martensitischen Gefüge. Die anschließende Wärmebehandlung im Ofen bewirkt eine Reduzierung der Korngröße (Feinkörnigkeit) im Bauteil, dank der Rückumwandlung von Martensit in Austenit. Bei hoher Belastung kann es im Bauteil, konkret im Austenitgefüge, zu einem Anriss kommen, der allerdings nicht zum Versagen führt, sondern durch eine martensitische Umwandlung des Gefüges gestoppt wird. Durch die erneute Verfestigung (Martensit) wird die Belastbarkeit des Materials sogar erhöht.

10. April 2025 || Seite 2 | 4

Anwendungsbereiche mit hohem Sicherheitspotenzial

Die einzigartigen Eigenschaften des neuen Stahlgusses prädestinieren ihn für den Einsatz in sicherheitskritischen Anwendungen, in denen höchste Anforderungen an Festigkeit, Zähigkeit und Zuverlässigkeit gestellt werden.

- **Automobilbau:** Schrauben, Fahrwerksbauteile, Crashabsorber und Karosseriestrukturen profitieren von der hohen Energieaufnahme und Crashesicherheit des Materials.
- **Luft- und Raumfahrt:** Strukturbauteile und Befestigungselemente können durch den neuen Stahlguss leichter und widerstandsfähiger gestaltet werden.
- **Medizintechnik:** Implantate und chirurgische Instrumente können durch die hohe Biokompatibilität und Festigkeit des Materials optimiert werden.
- **Bauwesen und Infrastruktur:** Gebirgsanker und Befestigungselemente für Brücken und Tunnel können durch die hohe Rissbeständigkeit des Materials sicherer gemacht werden. Denn die Legierung spielt ihre Vorteile aus, wo es auf die Haltbarkeit des Materials auch unter extremen Belastungen ankommt.

Energieeffiziente Kaltumformung als Schlüsseltechnologie

Ein weiterer entscheidender Vorteil des neuen Stahlgusses ist die Eignung für die Kaltmassivumformung. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung von Bauteilen bei Raumtemperatur, wodurch energieintensive Prozesse wie das Warmwalzen überflüssig werden. »Die Prozesskette der Kaltumformung ist deutlich kürzer und effizienter. Wir beginnen mit einem vorgegossenen Werkstück, das dann direkt umgeformt wird. Dadurch entfallen zahlreiche energieaufwendige Schritte wie das Erwärmen, Walzen und Entzundern, die bei der Warmumformung erforderlich sind«, erklärt Lehnert.

Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit im Fokus

10. April 2025 || Seite 3 | 4

Neben den technischen Vorteilen trägt die Entwicklung des neuen Stahlgusses auch zur Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit bei.

- **Ressourcenschonung, gesundheitliche Aspekte:** Der teilweise Ersatz von Nickel durch Kupfer reduziert den Einsatz teurer und knapper Ressourcen sowie die gesundheitlichen Gefahren bei der Verarbeitung.
- **Energieeinsparung:** Die Kaltumformung verbraucht deutlich weniger Energie als die Warmumformung, was zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen führt.
- **Kosteneffizienz:** Die vereinfachte Prozesskette, der geringere Materialeinsatz und der niedrigere Gasverbrauch (Kaltmassivumformung) senken die Produktionskosten.

Ein Blick in die Zukunft

Die Forschungsergebnisse des Teams bilden die Grundlage für eine gezielte Nutzung des TRIP/TWIP-Effekts für sicherheitskritische Anwendungen. Zukünftige Forschungsarbeiten am Fraunhofer IWU werden sich auf die Optimierung des Umformprozesses und die gezielte Einstellung von Materialeigenschaften konzentrieren. »Unser Ziel ist es, die Potenziale des TRIP/TWIP-Effekts voll auszuschöpfen und die wirtschaftliche Herstellung von hochleistungsfähigen Bauteilen für eine Vielzahl von Anwendungen zu ermöglichen«, so Lehnert.



Abb. 1 Bei Gebirgsankern, die Felswände entlang von Verkehrswegen, Tunnelwände oder Abbauräume im Untertagebau sichern, kann ins Sicherungsnetz stürzendes Gesteinsmaterial zu Schäden im Anker führen. Bei der untersuchten, kaltumgeformten Legierung bewirkt diese Belastung eine erneute Verfestigung des Materials. Auch Verbindungselemente profitieren von diesem Effekt.

© Fraunhofer IWU

FRAUNHOFER IWU

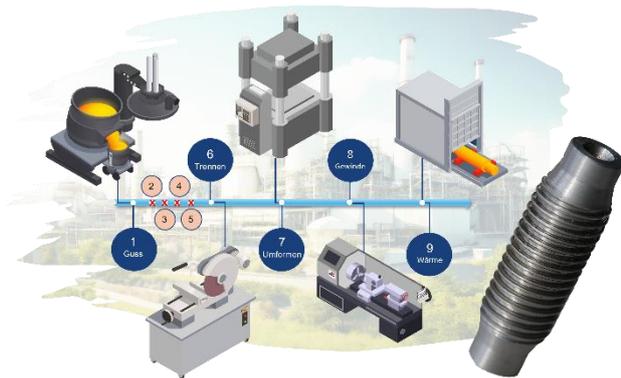


Abb. 2 Herstellung von Verbindungselementen aus Drahtthalbezeugen: Gegenüber der herkömmlichen Prozesskette entfallen durch die Kaltmassivumformung die Schritte Warmwalzen (2), Wärmebehandlung (3), Entzundern (4) und Kaltziehen/-walzen auf Endmaß (5). Jährlich könnten in Deutschland 1,5 GJ/t Energie und 40 Tonnen CO₂ eingespart werden.

10. April 2025 || Seite 4 | 4

© Fraunhofer IWU/Freepick

Gefördert durch
 **DFG** Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Das Projekt »Legierungs- und Gefügedesign von austenitischem Cr-Ni-Cu-N-Stahlguss mit TRIP/TWIP-Eigenschaften zur Kaltmassivumformung« des Fraunhofer IWU und der TU Bergakademie Freiberg wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Das **Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU** ist innovationsstarker Partner für die angewandte Forschung und Entwicklung in der Produktionstechnik. Mit rund 670 hochqualifizierten Mitarbeitenden sind wir an den Standorten Chemnitz, Cottbus, Dresden, Leipzig, Wolfsburg und Zittau vertreten. Wir erschließen Potenziale für die wettbewerbsfähige Fertigung beispielsweise im Automobil- und Maschinenbau, der Luft- und Raumfahrt, der Elektrotechnik oder der Feinwerk- und Mikrotechnik. Im Fokus von Wissenschaft und Auftragsforschung stehen Bauteile, Verfahren und Prozesse sowie die zugehörigen komplexen Maschinensysteme und das Zusammenspiel mit dem Menschen – die ganze Fabrik. Als eines der führenden Institute für ressourceneffiziente Fertigung setzen wir auf eine hochflexible, skalierbare und von der Natur lernende, kognitive Produktion. Dabei haben wir ganz im Sinne der Kreislaufwirtschaft die gesamte Prozesskette im Blick. Wir entwickeln Technologien und intelligente Produktionsanlagen. Wir optimieren umformende, spanende und fügende Fertigungsschritte. Auch maßgeschneiderte Leichtbaustrukturen, die Verarbeitung unterschiedlichster Werkstoffe sowie neueste Technologien der additiven Fertigung (3D-Druck) sind wichtige Bestandteile unseres Leistungsportfolios. Damit die Energiewende gelingen kann, zeigen wir Lösungsräume für den klimaneutralen Fabrikbetrieb und die Großserienfertigung von Wasserstoffsystemen auf.