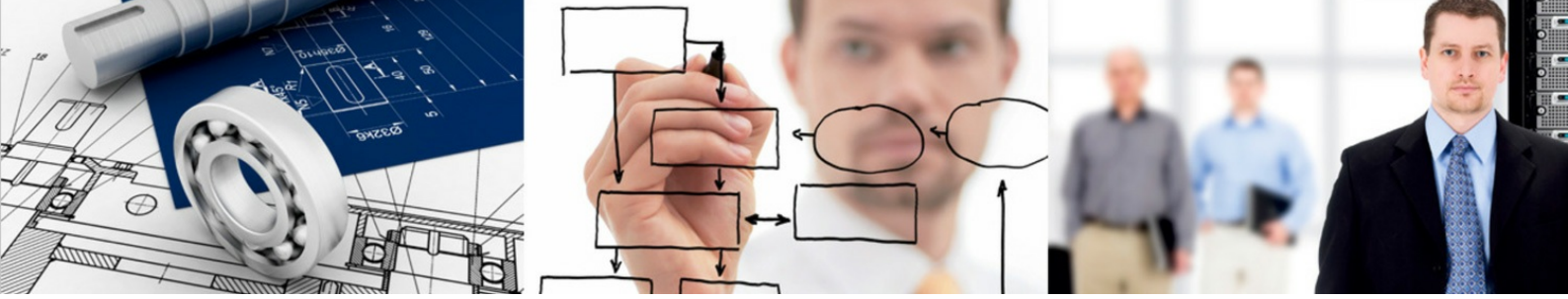


KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

Zukunft durch Innovation und Forschung

Grüne-Stahl-Flachprodukte aus Post-Consumer-Schrott (ELECTRIC-GREEN)

Während niedrigqualitative Langprodukte aus Post-Consumer-Schrott mittels Elektrolichtbogen-Schmelzen etabliert sind, stellen Flachprodukte und hochqualitative Langprodukte höhere Anforderungen an chemische Zusammensetzung, Gefüge und Verarbeitung. Diese werden durch unvermeidliche Begleitelemente wie Kupfer, Zinn oder Zink kritisch beeinflusst. Ziel ist es daher, die Auswirkungen dieser Elemente auf Zähigkeit, Umform- und Fügbarkeit, Oberflächengüte und mechanische Eigenschaften systematisch zu verstehen. Dies soll eine wissensbasierte Qualifizierung grüner Lang- und Flachprodukte ermöglichen, die kurz- bis mittelfristig industriell einsetzbar sind. Daraus resultiert eine signifikante Reduktion des CO2-Rucksacks der Downstream-Produkte und damit Wettbewerbsvorteile durch höhere Marktakzeptanz und potenziell reduzierte Kosten bei CO2-Bepreisung.

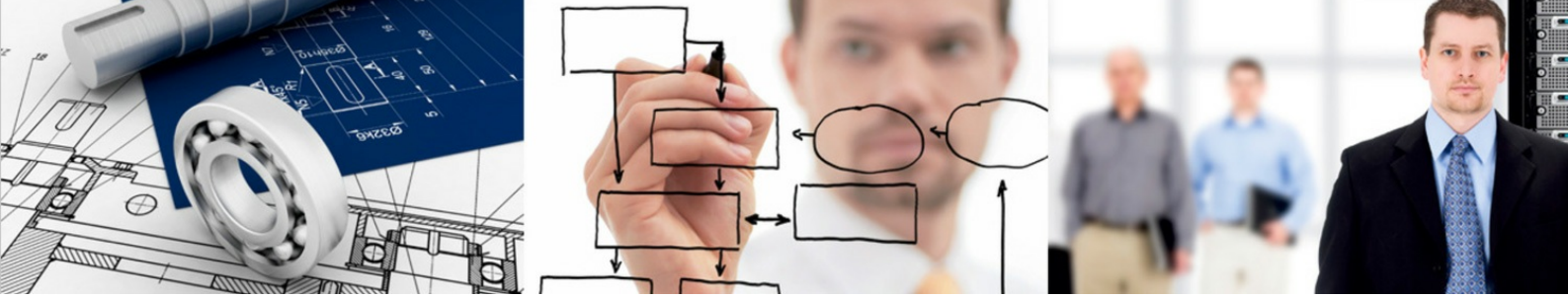
Problemstellung

Durch den Klimawandel getrieben, werden stetig schärfere Anforderungen an Produkte in allen Industriesparten hinsichtlich des CO2-Fußabdrucks gestellt. Dabei tragen die im Produkt verwendeten Materialien entscheidend bei. Konventionell hergestellte Stähle sind hier mit ca. 1,7 t CO2 pro t Stahl besonders klimaschädlich, auch da Stähle einen signifikanten Materialanteil in vielen Produkten darstellen. Deshalb liefert die Stahlindustrie mit ca. 7 % des globalen CO2 auch einen vielfach unterschätzten Beitrag zum weltweiten CO2-Ausstoß.

Die Herstellung von Stahl kann aber viel „grüner" erfolgen. Um auf lange Sicht grünen Stahl aus Eisenerz herzustellen, werden aktuell Werke für Direktreduktion mit Wasserstoff gebaut und/oder es kann auf Basis von Schrott Stahl im Elektrolichtbogenofen (ELBO) erschmolzen werden. Letzterer ist sehr flexibel hinsichtlich der Stahlgüten, lange etabliert und verursacht nur ca. 0,3 t CO2 pro t Stahl, je nach Energie- und Materialquelle. Bisher waren ELBOs außer bei der Herstellung von Spezialstählen ausschließlich im Bereich Langprodukte (Stabstahl etc.) zu finden, wo geringere Warm- und Kaltumformgrade notwendig sind, und um Qualitätsstähle herzustellen, wird hochqualitativer Schrott wie z.B. Stanzabfälle eingesetzt. Generell sind ca. 40 % der produzierten Stahlmenge Flachprodukte, also Grobbleche und warm- und kaltgewalzte Feinbleche. Besonders in den Bereichen Automotive, Consumer Products, Landmaschinen etc. stellen Flachprodukte und Qualitätsstähle einen großen Anteil.

Flachprodukte und Qualitätsstähle stellen im Allgemeinen höhere Anforderungen an den Werkstoff, um die gewohnten Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften zu erhalten. Diese werden entscheidend durch die chemische Zusammensetzung beeinflusst. Dies ist besonders kritisch bei der ressourcenschonenden Verwendung von Post-Consumer-Schrott, in der Begleitelemente wie Kupfer, Zinn, Zink und weitere unvermeidlich sind. Für die Anwendung von über die ELBO-Route hergestellten Flachprodukten stellen sich daher folgende Probleme:

- **Verfügbarkeit von Post-Consumer-Schrott in definierten chemischen Zusammensetzungen:** Während fossile Rohstoffquellen wie Eisenerz und metallurgische Kohle in großen Mengen mit konstanter Qualität verfügbar sind, variiert die Zusammensetzung von Post-Consumer-Schrott örtlich und zeitlich. Hier ist sowohl eine Entwicklung auf der Supply-Seite (Vorhersage von Schrottverfügbarkeit) als auch der Materialseite (wissensbasierte Toleranzbereiche von chemischen Zusammensetzungen) gefragt, um die Verfügbarkeit sicherzustellen.
- **Einfluss der Begleitelemente in Post-Consumer-Schrott auf die Herstellbarkeit spezifischer Stahlgüten für Flachprodukte:** Im Herstellungsprozess (ELBO/Strangguss/Warmwalzen/Kaltwalzen) können Begleitelemente zu nicht tolerierbaren Defekten führen. Hier ist noch nicht geklärt, wo die Grenzen in Kombinationen von Begleitelementen, Stranggussparametern, Umformgraden und Temperaturen liegen.
- **Einfluss der Begleitelemente auf die erzielbaren mechanischen Eigenschaften, insbesondere Zähigkeitswerte:** Die Begleitelemente können sich im Stahl durch die Bildung von Defekten wie Ausscheidungen und intermetallischen Phasen, Korngrenzensteigerungen und Oberflächen-/Volumsdefekten auswirken. Diese reduzieren dann vor allem die Zähigkeit des Werkstoffs und erhöhen die Streuung der mechanischen Eigenschaften.
- **Einfluss der Begleitelemente auf die Umform- und Fügbarkeit:** Außer auf die Zähigkeit wirken sich o. g. Defekte auch auf die Umformbarkeit des Materials aus. Da diese oft ultimativ ausschlaggebend für die Verarbeitbarkeit ist, kommt diesem Aspekt besondere Bedeutung zu. Gleichzeitig können auch neue Defekte in Schweißprozessen geschaffen werden.
- **Einfluss der Begleitelemente auf die Oberflächengüte:** Defekte treten bei Flachprodukten auch verstärkt an der Oberfläche des Werkstoffs auf. Ob dies die Nutzbarkeit des Materials beeinflusst, hängt stark von den mechanischen bzw. ästhetischen Anforderungen des Endprodukts ab.



Zielsetzung

Das geplante Forschungsvorhaben widmet sich dieser Thematik und setzt an der Schnittstelle Stahlhersteller / Weiterverarbeiter an, und zwar mit dem Ziel, kurzfristig umsetzbare Ergebnisse (<2 Jahre) zu erlangen.

Es sollen die **Auswirkungen der Begleitelemente aus Post-Consumer-Schrott** auf die mechanischen und Verarbeitungseigenschaften von Qualitätslang- und Flachprodukten untersucht werden. Das Ziel hierbei ist, die **Grenzen der Einsetzbarkeit von Blechen und Stabstahl in Produkten** zu erforschen, in denen metallurgisch umsetzbare Mengen an Begleitelementen enthalten sind. Das Limit an metallurgischer Umsetzbarkeit wird hierbei durch die Verarbeitbarkeit im Strangguss sowie in Warm- und Kaltwalzprozessen definiert.

Vorgehensweise

Die Basis für die Untersuchungen sollen ein bis zwei Schmelzen aus dem ELBO liefern, die nach dem Strangguss von Partnerunternehmen warm- und ggf. kaltgewalzt werden. Diese Schmelzen werden aus Post-Consumer-Schrotten und ggf. weiteren Schrotten (z. B. Paketschrott, Stanzabfälle) und ggf. antagonistischen Legierungselementen (z.B. Nickel) zu einer noch gieß- und walzbaren chemischen Analyse zusammengestellt. Dazu sind Limits in Kupfer, Zink und Zinn sowie weiteren Elementen einzuhalten.

Durch den wissenschaftlichen Partner (FAU) werden auf Basis dieser Werkstoffe die mechanischen Eigenschaften sowie deren Ursprung auf Gefügeebene untersucht. Dazu gehören:

- Charakterisierung von Blechhalbzeugen und gefertigten Produkten bezüglich Oberfläche und Oberflächendefekten mittels Laser Scanning, Interferometrie und Atomic Force Microscopy
- Prüfung mechanischer Eigenschaften im Zugversuch und ggf. Ermüdung
- Charakterisierung von Gefüge mittels Lichtmikroskopie sowie Rasterelektronenmikroskopie inkl. Orientierungsverteilungsfunktion, daraus resultierenden Anisotropiewerten und Verteilung sowie chemischer Zusammensetzung von Einschlüssen
- Untersuchung der Auswirkungen von Begleitelementen, besonders Kupfer auf potenzielles Ausscheidungshärtungsverhalten mittels Atomsondentomographie inkl. Wärmebehandlungen
- Untersuchung der Auswirkungen von Begleitelementen, besonders Zinn und Zink auf potenzielle Segregation zu Korngrenzen mittels Atomsondentomographie
- Untersuchung der Auswirkung von Begleitelementen, bes. Kupfer auf potenzielle Segregation zu Austenitkorngrenzen und resultierenden Limitationen im Warmwalzprozess bezüglich Umformgrad und Oberflächenqualität

Diese Untersuchungen erfolgen in engem Austausch mit den Industriepartnern an Proben im Lieferzustand (Coil) und aus Fertigungsprozessen. Diese Fertigungsprozesse können Trennprozesse (z. B.: Scherschneiden, Stanzen, Laserschneiden), Umformprozesse (Biegen, Tiefziehen etc.) und Fügeprozesse (Schweißen und Hartlöten in Lichtbogen und Laserprozessen) enthalten.

Durch die Integration von metallkundlichen Untersuchungen und Versuchen an Fertigungsanlagen kann eine wissensbasierte Qualifikation von grünen Flachprodukten aus Post-Consumer-Schrott für die Fertigung erfolgen.

Ergebnisse / Nutzen

Durch die Qualifizierung von Flachprodukten aus Post-Consumer-Schrott über die ELBO-Route wird ein ökonomischer Weg eröffnet, den Bezug von grünen Stählen von existierenden Anlagen/Suppliern zu ermöglichen. Dies ist kurz- bis mittelfristig machbar und hat das Potenzial den CO2-Rucksack der Downstream-Produkte erheblich zu reduzieren. Im Lichte abzusehender Regularien und Kosten durch die CO2-Bepreisung liefert dies einen signifikanten Wettbewerbsvorteil für die teilnehmenden Unternehmen im Herstellungs- und Verarbeitungsbereich.

Dieses Projekt wird dazu die notwendigen metallkundlichen Untersuchungen liefern, um wissensbasiert die Grenzen dieser im industriellen Umfeld neuen Werkstoffe zu verstehen.

Forschungspartner

Prof. Dr. Peter Felfer
Institut für Allgemeine Werkstoffeigenschaften
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Projektpartner

BMW AG
Brose Fahrzeugteile SE & Co. Kommanditgesellschaft
Lech-Stahlwerke GmbH
LSV Lech-Stahl Veredelung GmbH
Schaeffler Technologies AG & Co. KG
SCHERDEL INNOTEC Forschungs- und Entwicklungs-GmbH
TRATON R&D Germany GmbH