1 Forschungsthema

Einfluss des Umformgrades (Kaltverfestigung) auf die Laserstrahlschweiß- und Löteignung von Feinblechen mit $R_m \geq 800$ N/mm^2

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Das Laserstrahlschweißen und -löten sind in der blechverarbeitenden Industrie wegen ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten innovative und wirtschaftliche Fügeverfahren. Diese Fügeverfahren ermöglichen konzeptionelle und konstruktive Neuerungen bei Produkten der unterschiedlichen Branchen (Automobilzulieferer, Haushaltsgerätefertigung, Konsumgüterindustrie, usw.). Zur Erweiterung der Möglichkeiten des innovativen Leichtbaus wurden von Stahlherstellern neue höherfeste und höchstfeste Feinblechwerkstoffe entwickelt, die zunehmend in der blechverarbeitenden Industrie eingesetzt werden. Die Mehrphasenstähle (z.B. CP, MS, DP, TRIP) können wegen der höheren Festigkeiten im Vergleich zu un- und niedriglegierten Stahlblechen (z.B. DC04, H430) zu einer deutlichen Gewichtsreduzierung genutzt werden. Diese Werkstoffe werden überwiegend bei kaltumgeformten Bauteilen (Türaufprallträger, Verstärkung B-Säule) oder verschleißbeanspruchten Komponenten bei Fahrzeugen eingesetzt. Dies bedeutet, dass bei fast allen Anwendungen die Bleche einem Umformungsprozess vor dem Schweißen unterzogen werden. Durch die deutlich höheren Zugfestigkeiten der Werkstoffe und durch die zusätzliche Kaltverfestigung durch den Umformprozess tritt eine Gefügeänderung mit Änderung des Spannungszustandes ein, die ein erhöhtes Risiko von Kaltrissen nach sich zieht. Die Fügeeignung ist dadurch deutlich eingeschränkt. Im Hinblick auf diese Thematik bestehen seitens der KMU-Zulieferindustrie viele Unsicherheiten und Klärungsbedarf.

3 Forschungsergebnisse

Gemäß Arbeitsplan des Forschungsantrags wurden nach den Schweißversuchen nach dem Umformen durch Biegen die Versuchsbleche durch Recken im Bereich der Gleichmaßdehnung kalt umgeformt. Dabei erfolgte das Recken in Abhängigkeit der Werkstoffeigenschaften bis ca. 50% und 90% des maximalen Reckgrades. Seit April des Jahres steht eine Zugprüfmaschine mit Feindehnungsmessung bis 50 kN zur Verfügung. Durch diese Vorrichtung kann die Einstellung eines definierten Reckgrades mit wesentlich kleineren Toleranzen durchgeführt werden.

Mit steigender Kaltverfestigung ist bei jedem der drei Werkstoffe zu erkennen, dass sich die Energieaufnahme im Zugversuch verringert, Bild 1. Das gleiche Verhalten ist bei der Bruchdehnung zu erkennen. Die Proben werden durch Recken kaltverfestigt. Während des Kaltverfestigens müssen die Proben bereits Energie aufnehmen und werden gedehnt. Diese Energie bzw. Dehnung steht dem Material im Fall eines Crashs bzw. bei übermäßiger Beanspruchung nicht mehr zu Verfügung. Aber auch

verschweißte Proben ohne Kaltverfestigung können weniger Energie aufnehmen als der Grundwerkstoff. Die Wärmeeinflusszone der Schweißnaht ist härter und spröder als der Grundwerkstoff und kann sich daher weniger dehnen und weniger Energie aufnehmen.

Da in vielen Anwendungsfällen nicht nur die statische Festigkeit von Bedeutung ist, werden von den untersuchten Blechwerkstoffen zykl.-mechanische Prüfungen durchgeführt. Hinsichtlich der Festigkeit wurde der Werkstoff im Anlieferungszustand, der Werkstoff nur verschweißt und von unterschiedlichen Kaltverfestigungen Wöhlerlinien nach dem Perlschnurverfahren angefertigt, Bild 2. Allgemein lässt sich sagen, dass die Proben eine hohe Dauerfestigkeit aufweisen. Zu erkennen ist, dass der Grundwerkstoff die höchste Dauerfestigkeit besitzt. Mit zunehmender Kaltverfestigung nimmt die Dauerfestigkeit ab, die Abnahme der dynamischen Festigkeit mit steigender Beanspruchung ist beim Grundwerkstoff und den kaltverfestigten geschweißten Proben analog, d.h. mit etwa gleich großem k-Faktor (Neigung). Lediglich beim verschweißten Grundwerkstoff nimmt die zykl.-mech. Festigkeit bei zunehmender Beanspruchung schneller ab, die Dauerfestigkeit ist geringer. Die Ursachen dafür werden noch ausgewertet.

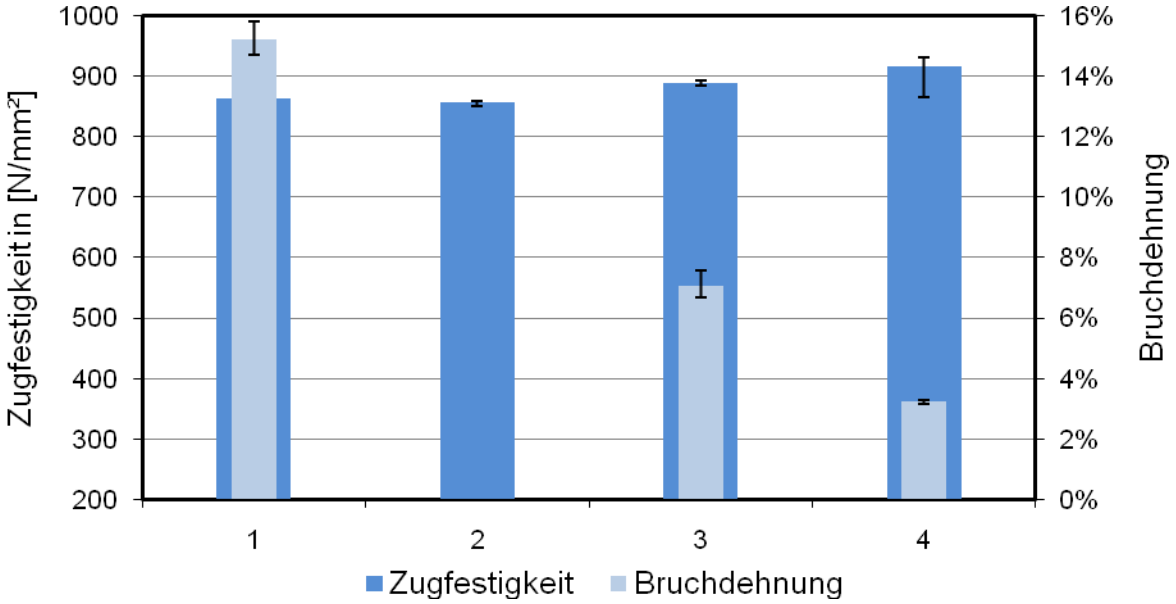
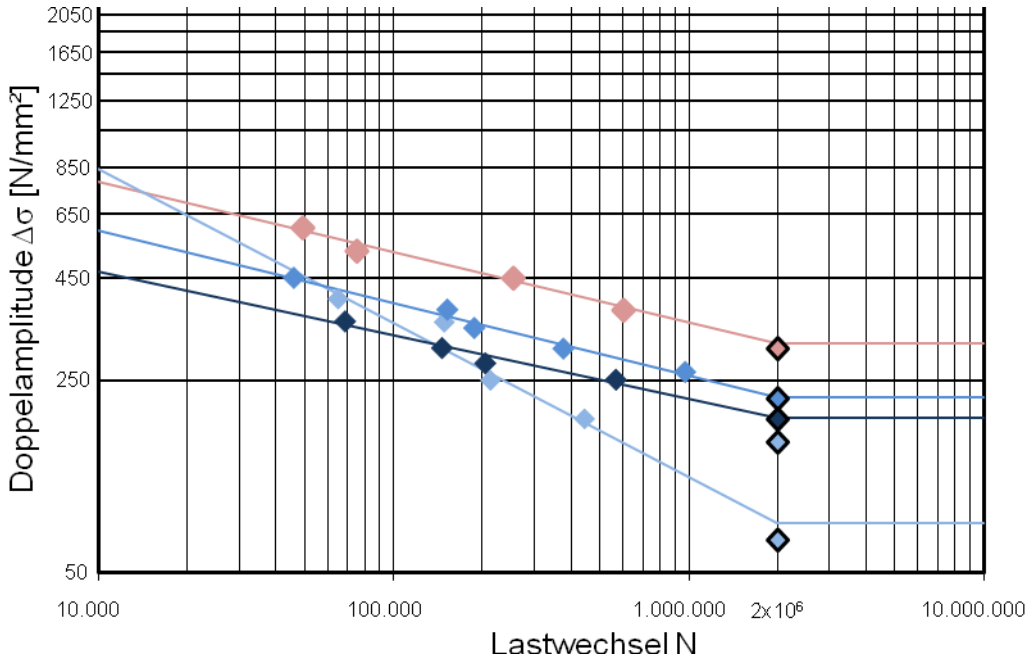


Bild 1: Einfluss der Kaltverfestigung auf die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung

Parameter für Bild 1:

1) Grundwerkstoff
2) Grundwerkstoff verschweißt
3) mit ca. 2,6 % GMD gereckt und verschweißt
4) mit ca. 7,3 % GMD gereckt und verschweißt

WS: HCT780X+ZE75/75
Geometrie: **Blindnaht**
P_L= 3 kW
v_S= 3 m/min
Bruchlage: GW



Grundwerkstoff	Grundwerkstoff verschweißt	ε = 5 % verschweißt	ε = 9 % verschweißt
Versuchswerte	Versuchswerte	Versuchswerte	Versuchswerte
Durchläufer	Durchläufer	Durchläufer	Durchläufer
Wöhlerlinie	Wöhlerlinie	Wöhlerlinie	Wöhlerlinie
σ_D = 308 N/mm²	σ_D = 110 N/mm²	σ_D = 226 N/mm²	σ_D = 201 N/mm²
k = 4,21 x 10^{-4}	k = 9,23 x 10^{-4}	k = 4,36 x 10^{-4}	k = 3,81 x 10^{-4}

Bild 2: Einfluss der Kaltverfestigung auf die Schwingfestigkeit

Parameter für Bild 2: WS: HCT780C+ZE75/75, **I-Stoß**, P_L= 3 kW, v_S= 3 m/min

Arbeitsprogramm	***erzielte Forschungsergebnisse***
1. Vorbereitung der Umformwerkzeuge, Ermittlung der relevanten Umformungen durch z. B. Recken, Biegen, Qualifizierung der Varianten	erfolgt
2. Umformen und Laserstrahlfügen der hochfesten Blechwerkstoffe (CP-W 800, TRIP 800) mit s = 1,6 mm, blank, verzinkt mit 7,5 µm Schichtdicke für die Lötungen	erfolgt
2.1 Umformen der Bleche durch Recken, Biegen	erfolgt
2.2 Schweißen der Bleche im Anlieferungszustand für den Vergleich mit den umgeformten Proben	erfolgt
2.3 Schweißen an gereckten Proben mit der Geometrievariante G1 und G2 (Dehnung 1/3 und 2/3 der Gleichmaßdehnung)	erfolgt
2.4 Schweißen der unterschiedlich über Biegestempel umgeformten Blechproben, Variante G3 (r = s, 2s, 5s)	erfolgt
2.5 Schweißen der unterschiedlich über Biegestempel umgeformten Blechproben, Variante G4 (r siehe 2.4)	erfolgt
2.6 Schweißen/Löten der unterschiedlich über Biegestempel umgeformten Blechproben, G5 (r siehe 2.4)	erfolgt
3. Prüfen und Bewerten der Schweißproben	erfolgt und noch in Bearbeitung
3.1 Zerstörungsfreie Prüfungen (visuell, Röntgen- und Farbeindringprüfung)	erfolgt
3.2 Zerstörende Prüfungen (statische und zyklisch-mech. Untersuchungen: z.B. Zugfestigkeit, Dehnung, Härteverlauf, Erichsentiefung, Perlschnurverfahren)	erfolgt
3.3 Metallografische Untersuchungen (Mikroschliff, Gefügebeurteilung, Rissanfälligkeit)	erfolgt und noch in Bearbeitung
4. Untersuchungen zur Übertragung der erzielten Ergebnisse auf Realbauteile aus der Fertigung	noch in Bearbeitung
5. Vergleich und Bewertung fügetechnischer und qualitativer Erkenntnisse beim Laserstrahlschweißen von umgeformten, hochfesten Blechen	noch in Bearbeitung
6. Bericht	noch in Bearbeitung

Das Forschungsvorhaben wird entsprechend dem Zeit- und Arbeitsplan weiter bearbeitet.

München, den 22.09.2010

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt
SLV München, NL der GSI mbH