

LASERSTRAHLGESCHWEISSTE LEICHTBAU-SEITENWAND FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

DIE AUFGABE

Im Schienenfahrzeugbau sind für eine effizientere und somit kostengünstigere Fertigung von Seitenwänden bei gleichzeitiger Gewichtsreduzierung neue Auslegungs- und Fertigungskonzepte erforderlich. Erfolgversprechende Leichtbaukonzepte sind geschweißte, voll angeschlossene Integralstrukturen. Dieser Ansatz bedingt grundsätzlich den Einsatz eines wärmeintragsarmen, hoch effizienten Schweißverfahrens, wie das Laserstrahlschweißen mit modernsten und brillanten Strahlquellen. Im Zusammenspiel mit neuen Auslegungskonzepten für den Aufbau von Seitenwandstrukturen lässt sich zugleich eine Reduzierung von Einzelteilen, Gewicht und Fertigungszeiten erzielen.

Im Rahmen eines öffentlich geförderten Projektes war eine neuartige Seitenwandstruktur zu entwickeln, die den genannten Kriterien Rechnung trägt. Die Projektpartner präferierten hauptsächlich eine Strategie zum vollständigen Verschweißen der U-förmigen Längs- und Querversteifungselemente mit dem gekrümmten Außenhautblech. Durch die schweißtechnische Bearbeitung war der abschließende Beweis für die Umsetzbarkeit des neuartigen Seitenwandkonzeptes zu erbringen.

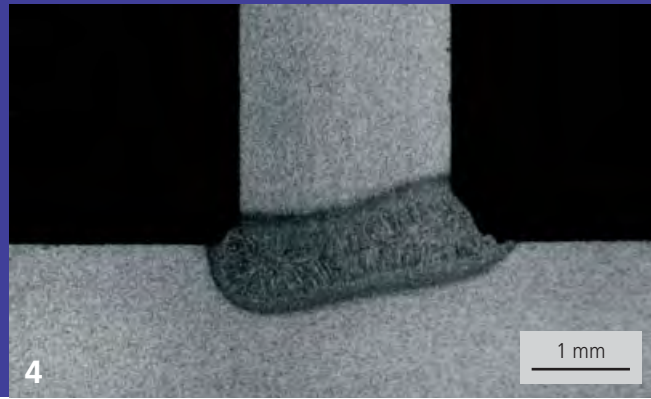
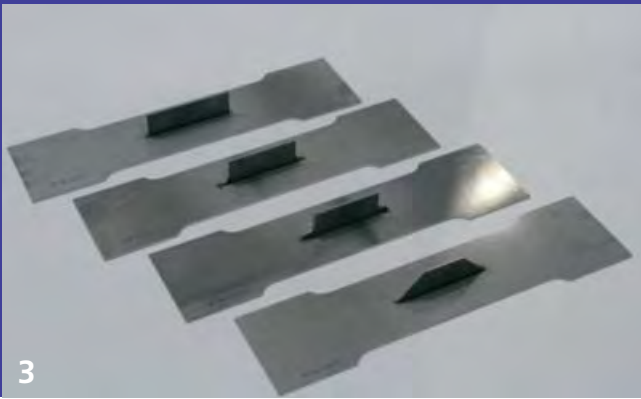
UNSERE LÖSUNG

Zur rechnerischen Abschätzung der Belastung an den mittels Laser zu fertigenden Schweißverbindungen wurden die entsprechenden Kennwerte in Zugschwingversuchen evaluiert. Ziel war die Findung von geeigneten Formen für Schweißnahtanfänge bzw. -enden. Sie müssen weitgehend unempfindlich gegen die zyklische Beanspruchung sein, die im realen Fahrzeugbetrieb permanent auftritt.

Die Effektivität des Laserstrahlschweißens steigt mit der zu schweißenden Nahtlänge. Handlings- und Positionierzeiten treten dann in den Hintergrund. Die Konstruktion der vorliegenden Seitenwand wurde daher so gestaltet, dass sich große Schweißnahtlängen gut realisieren lassen.

Der eigentliche Fertigungsprozess untergliedert sich in zwei wesentliche Schritte. Zuerst werden die durchgehenden Längsversteifungen aufgeschweißt, im Anschluss daran die unterbrochenen Querversteifungen. Vor dem vollständigen Verschweißen der Längs- bzw. Querversteifungen werden alle Profile mit hoher Geschwindigkeit und geringer Laserleistung geheftet. Die Schweißanlage des Fraunhofer IWS ist mit zwei CO₂-Lasern vom Typ DC045 ausgestattet. Das Heften und Schweißen der Profile kann dadurch beidseitig-gleichzeitig erfolgen (Abb. 1 und 2). Ein Verkippen der Profile, wie es beim einseitigen Schweißen zu erwarten ist, wird vermieden.

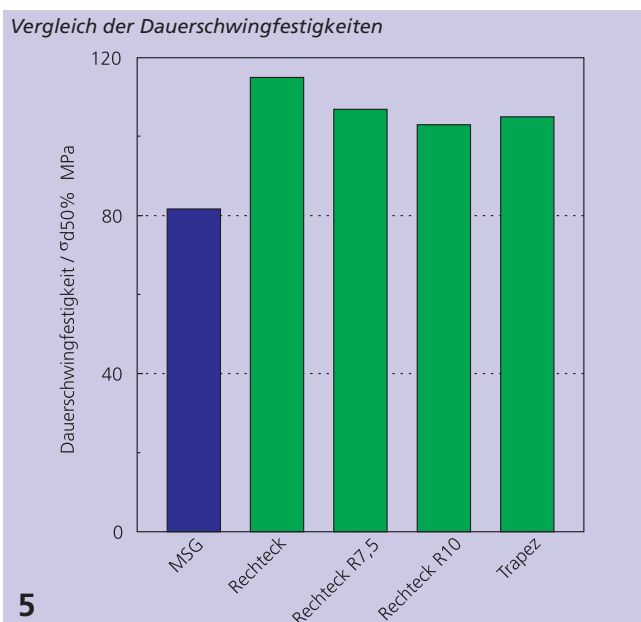
Zur Erfassung der Nahtlage während des Laserstrahlschweißens kommen an der Schweißanlage des Fraunhofer IWS optische Sensoren zum Einsatz. Bei den Längsversteifungen kann eine Online-Messmethode genutzt werden. Der Sensor erfasst, dem Schweißkopf vorlaufend, den Schnittpunkt von Profilschenkel und Hautblech. Nach einer vektoriellen Addition der Messwerte mit den zugehörigen Achspositionen ist die Nahtlage bekannt und die Schweißoptik kann entsprechend positioniert werden. Für das Verschweißen der unterbrochenen Querstreifen ist keine Online-Positionserfassung möglich. Hier werden die optischen Sensoren zur automatisierten Offline-Positionserfassung genutzt. Die erfassten Messdaten werden zunächst zwischengespeichert und anschließend direkt zu einem NC-Programm verarbeitet.



ERGEBNISSE

Für die Ermittlung der Kennwerte in Zugschwingversuchen wurden nach dem bereits erläuterten Prinzip Proben geschweißt. Als repräsentatives Bauteil wurde ein Prüfkörper aus dem Stahl S355 definiert. Ausgehend von einer Flachzugprobe wurde in Probenmitte und Beanspruchungsrichtung eine Versteifung aufgeschweißt. Als Versteifungsblech kamen sowohl rechteckige als auch trapezförmige Bleche jeweils gleicher Gesamtlänge und Höhe zum Einsatz. Bei den Prüfkörpern mit rechteckiger Versteifung wurden noch zwei zusätzliche Varianten mit unterschiedlichen Übergangsradien gefertigt (Abb. 3). MSG-geschweißte Vergleichsproben mit ebenfalls rechteckiger Versteifung standen als Referenz zur Verfügung.

Als wesentliches Ergebnis der durchgeführten Zugschwingversuche ist festzuhalten, dass alle Prüfkörpervarianten, bei denen das Versteifungsblech mittels Laserstrahlschweißen mit dem Grundblech verbunden worden war, deutlich höhere Dauerfestigkeiten liefern als die mittels MSG-geschweißten Referenzproben (Abb. 5).



Im Rahmen des Projektes wurde auch die schweißtechnische Umsetzbarkeit kompletter Seitenwandstrukturen mittels Laserstrahlschweißen nachgewiesen. Die beanspruchungs- und fertigungsgerechte Konstruktion, die Genauigkeit bei der Fertigung der Einzelteile sowie die eingesetzte flexible Spannvorrichtung ermöglichten ein nahezu spaltfreies Zusammenfügen der Versteifungselemente mit dem Außenblech. Durch Verwendung von Laserstrahlquellen hoher Strahlqualität konnte auf den sonst üblichen Einsatz von Schweißzusatzdraht zur Spaltkompensation verzichtet werden.

Durch die gesamtheitliche Betrachtung des Auslegungs- und Fertigungsprozesses gelang es, sehr verzugsarme Seitenwandstrukturen herzustellen und dabei die Anzahl der Einzelteile, das Gewicht und die Fertigungszeiten zu reduzieren. Der Aufwand für die sehr zeitaufwändige manuelle Nacharbeit in der Serienproduktion von Schienenfahrzeugen kann dadurch nachhaltig verringert werden.

Die Arbeiten wurden im Projekt »Segmentierte Straßenbahnen in Ultraleichtbauweise und strukturintegrierter Aufbautechnik« durch die Sächsische Aufbaubank (FKZ: 100508762) gefördert.

- 1 Laserstrahlgeschweißte Seitenwand
- 2 Ausschnitt Seitenwand mit Schweißoptiken für Querversteifungen
- 3 Prüfkörper für Zugschwingfestigkeitsuntersuchungen
- 4 Querschliff: einseitig geschweißter T-Stoß

KONTAKT

Dipl.-Ing. (FH) Jens Liebscher
 Telefon: +49 351 83391-3288
 jens.liebscher@iws.fraunhofer.de

