

Bericht 5131/2004

AiF-Nr. 13.250

DVS-Nr. 5.026

Erprobung der Durchschweißtechnik beim Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung an unterschiedlich beschichteten Stahlblechen

Der Bericht darf nur ungekürzt und unter Nennung der Urheberschaft der SLV München, NL der GSI mbH, veröffentlicht werden. Die gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München.

Der Bericht enthält 120 Seiten.

Juni 2004

SLV München,
Niederlassung der GSI mbH
Name der Forschungsstelle(n)

13.250 / IV
AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.04.2002 bis 31.03.2004
Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum: 01.04.2002 bis 31.03.2004

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema:

**Erprobung der Durchschweißtechnik beim
Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung
an unterschiedlich beschichteten Stahlblechen**

München, 27.07.2004
Ort, Datum

Unterschrift des Projektleiters

Zusammenfassung

Das Lichtbogenbolzenschweißen von Kopfbolzendübeln bis 22 mm Durchmesser ist eine weit verbreitete, wirtschaftliche Fügetechnik mit Hauptanwendungsbereich im Bauwesen. Im Hochbau hat sich die Durchschweißtechnik als Variante außerhalb Deutschlands etabliert. Dabei werden die Kopfbolzen durch dünne, meist verzinkte Deckbleche auf den Obergurt eines Stahlträgers in einem Arbeitsgang mit dem Hubzündungsverfahren geschweißt. Das Baurecht sieht zur Überprüfung der Schweißqualität Qualitätssicherungsmaßnahmen gemäß DIN EN ISO 14555 vor.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss wichtiger Schweiß- und Randbedingungen z.B. von verschiedenen Oberflächenschichten (Zink, Primer, Wasser) auf die Qualität durchgeschweißter Kopfbolzendübel der Durchmesser 19 mm und 22 mm aus S235 an Grundblechen S235 bzw. S355 zu ermitteln und den Schweißprozess zu optimieren.

Beim Durchschweißen verzinkter Deckbleche fallen hohe Entgasungsmengen beim Verdampfen des Zinks an. Ein spezieller Keramikring mit größerem Brennraum und größeren Entgasungsschlitzen verbessert das Schweißergebnis deutlich. Neben den Durchschweißringen haben die Schweißparameter entscheidenden Anteil am Gelingen der Durchschweißungen an verzinkten Blechen DX51D+Z275 (ca. 20 µm Schichtdicke). Längere Schweißzeiten über 1,2 s und größerer Abhub (> 5 mm) bewirken den erforderlichen Energieeintrag sowie eine geeignete Einbrandform.

Mit optimierter SchweißEinstellung können hoch belastbare Durchschweißungen an Bolzen \varnothing 19 und 22 mm ausgeführt werden, die die Prüfanforderungen der DIN EN ISO 14555 und damit die baurechtlichen Vorschriften erfüllen. Die Schweißungen weisen meist gute Einbrandformen mit geringen Schweißfehlern auf. Zinkanteile im Schweißgut werden nicht festgestellt.

Das Durchschweißen von Deckblechen an primerbeschichteten Grundblechen ist ebenfalls mit gutem Schweißergebnis möglich. Sowohl das Schweißgefüge als auch die REM-Bruchflächenanalyse lassen keine Unterschiede im Vergleich zu einer konventionellen Bolzenschweißung erkennen. Eine vollständige Verdampfung der Primerschicht wird bei Schichtdicken bis 60 µm erreicht. Für Schichtdicken größer als 60 µm ist weiteres Optimierungspotential gegeben. Gute Schweißergebnisse werden ebenfalls an wasserbenetzten Oberflächen erzielt.

Die Wiederholbarkeit der Schweißungen ist gegeben. Es werden Bruchkräfte oberhalb der geforderten Mindestzugkraft der Bolzen erreicht. Bolzen mit 19 mm Durchmesser weisen zu 90 % eine Bruchlage im Bolzen auf. Bei den 22 mm Bolzen ist dies bisher nur bei ca. 70 % der Schweißungen zu erreichen. Die Schweißparameter können in einem Streuband von +/- 5 % eingestellt werden. Blaswirkungen beeinträchtigen die Schweißausführung kaum.

Für Anwendungen im Hoch- oder Industriebau erfüllen die Durchschweißungen bei vorwiegend ruhender Belastung die Standardanforderungen gemäß EN 729-3 entsprechend der Gruppe D der DIN 18800. Die DIN EN ISO 14555 sieht dafür Anwendungsgebiete mit Kraftübertragung ohne volle Ausnutzung der zulässigen Last vor. In diesem Fall sind Fehleranteile bis zu 10 % des Bolzenquerschnittes zulässig.

Die Anwendung von Durchschweißungen und erfolgreiche Durchführung entsprechender Verfahrensprüfungen ist somit baurechtlich möglich.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung**
- 2 Vorgehensweise**
- 3 Stand der Technik / Theorie**
- 3.1 Grundlagen**
- 3.2 Anwendung**
- 4 Experimentelle Randbedingungen**
- 4.1 Versuchswerkstoffe, schweißfähige Schutzanstriche, Hilfsmittel**
 - 4.1.1 Bolzenwerkstoff
 - 4.1.2 Blechwerkstoffe
 - 4.1.3 Schweißfähige Schutzanstriche
 - 4.1.4 Keramikringe
 - 4.1.5 Schutzgas
- 4.2 Probenabmessungen**
- 4.3 Schweißstromquellen, Handschweißpistolen, Messwerterfassung**
- 4.4 Hochgeschwindigkeitsvideosystem**
- 4.5 Prüfmethoden**
- 5 Ergebnisse**
- 5.1 Durchschweißen von Deckblechen mit konventioneller Schweißein-
stellung für Kopfbolzendübel**
 - 5.1.1 Erste Bewertung und Analyse des Schweißvorganges
 - 5.1.2 Wahl der Grundblechdicke
 - 5.1.3 Wirkung der Zinkschichtdicke beim Schweißen
 - 5.1.4 Schweißparametereinstellung gemäß DVS-Merkblatt 0904
 - 5.1.5 Hochgeschwindigkeitsvideoaufnahmen (HG-Aufnahmen)
 - 5.1.6 Zusammenfassung
- 5.2 Untersuchung relevanter Randbedingungen**
 - 5.2.1 Durchschweißen unbeschichteter Bleche
 - 5.2.2 Durchschweißen verzinkter Deckbleche
 - 5.2.2.1 *Sichtprüfung*
 - 5.2.2.2 *Messschriebe*
 - 5.2.2.3 *Biegeversuche*
 - 5.2.2.4 *Zugversuche*
 - 5.2.3 Durchschweißen an wasserbenetzten Oberflächen
 - 5.2.4 Magnetische Blaswirkung - Masseanschluss
 - 5.2.5 Zusammenfassung

- 5.3 Optimierung der Schweißbedingungen am Bolzendurchmesser 19 mm**
 - 5.3.1 Schweißenergie
 - 5.3.2 Abhub
 - 5.3.3 Eintauchbewegung
 - 5.3.4 Prüfergebnisse
 - 5.3.5 Schweißversuche mit Schutzgas
 - 5.3.6 Optimierte Schweißparameter für Bolzendurchmesser 19 mm
- 5.4 Optimierung der Schweißbedingungen am Bolzendurchmesser 22 mm und Variation der Bolzengeometrie**
 - 5.4.1 Schweißversuche mit handelsüblichen Kopfbolzen Typ SD Ø 22 mm
 - 5.4.1.1 *Schweißenergie*
 - 5.4.1.2 *Bolzenbewegung*
 - 5.4.2 Schweißversuche mit modifizierten Kopfbolzen Ø 22 mm
 - 5.4.3 Prüfergebnisse
 - 5.4.4 Optimierte Schweißparameter für Bolzendurchmesser 22 mm
- 5.5 Durchschweißen an beschichteten Grundblechen**
 - 5.5.1 Sichtprüfung
 - 5.5.2 Messschiebe
 - 5.5.3 Prüfergebnisse
 - 5.5.3.1 *Schichtdicken bis 60 µm*
 - 5.5.3.2 *Schichtdicken größer 60 µm*
 - 5.5.4 Zusammenfassung
 - 5.6 Werkstofftechnische Untersuchungen
 - 5.6.1 Schweißgefügebeurteilung
 - 5.6.1.1 *Schweißungen an verzinktem Deckblech (blankes Grundblech)*
 - 5.6.1.2 *Schweißungen an beschichteten Grundblechen (verzinktes Deckblech)*
 - 5.6.1.3 *Schweißungen an wasserbenetzten Blechoberflächen*
 - 5.6.1.4 *Besonderheiten*
 - 5.6.2 REM-Bruchflächenuntersuchungen
 - 5.6.2.1 *Wabenbruch, Quasispaltbruch (zäh) in der Schweißzone*
 - 5.6.2.2 *Zäher Gewaltbruch im Grundwerkstoff*
 - 5.6.2.3 *Sprödbbruch in der Schweißzone*
 - 5.6.2.4 *Mischbruchverhalten*
 - 5.6.2.5 *EMA-Analysen*
 - 5.6.2.6 *Besonderheiten*
 - 5.6.3 Auflichtmikroskopische Bruchflächenanalyse
 - 5.6.4 Zusammenfassung
- 5.7 Wiederholbarkeit**
- 6 Diskussion**
- 7 Zusammenfassung**
- 8 Schrifttum**
- 9 Anhang**
 - 9.1 Tabellen
 - 9.2 Bilder

Die Untersuchungen wurden aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF-Nr. 13.250) gefördert und von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS unterstützt. Wir bedanken uns für die Förderung dieser Forschungsarbeit. Der Schlussbericht zu dem Forschungsvorhaben ist von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS in Düsseldorf bzw. von der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München, Niederlassung der GSI mbH zu beziehen.

Unser Dank richtet sich auch an folgende Firmen, für die Unterstützung der Forschungsarbeit: BAKOLOR Karl Klenk GmbH & Co.KG, Farben und Lackfabrik (Backnang), Montana Bausysteme AG, (Villmergen, Schweiz), HOLORIB Deutschland GmbH (Offenbach),) und an die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses.

München, den 26.07.2004

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. D. Böhme