Vorwort der 1. Auflage


Als Vorteile dieser Technik sind unter anderem zu nennen:

– die vollflächige Verschweißung bei einseitigem Zugang zum Werkstück,
– der schnelle Schweißvorgang und die damit verbundene hohe Taktrate,
– die hohe Qualität und gute Reproduzierbarkeit der Schweißung,
– die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten,
– das vielfältige Angebot an Geräten bei verschiedenen Mechanisierungsgraden und industriell gefertigter Schweißelemente.


Meinerzhagen und Krailling, im August 1997

R. Trillmich und W. Welz

Vorwort zur 2. Auflage


Gleichzeitig möchte ich an dieser Stelle an die Verdienste von Dr. Willy Welz um die wissenschaftliche Erforschung der Bolzenschweißtechnik erinnern. Ohne seine zahlreichen Untersuchungen und Veröffentlichungen wäre dieses Fachbuch in der vorliegenden Form nicht entstanden.

Meinerzhagen, im Dezember 2014

R. Trillmich
Inhaltsverzeichnis

Vorworte
Danksagung

Geschichte des Bolzenschweißens

1 Einführung ....................................................................................................................... 1

2 Verfahren zum Lichtbogenbolzenschweißen ................................................................. 3
  2.1 Bolzenschweißen mit Hubzündung ................................................................................... 3
  2.2 Bolzenschweißen mit Spitzenzündung .............................................................................. 4

3 Verschiedene Verfahrensvarianten ............................................................................... 6
  3.1 Unterteilung der Varianten ................................................................................................ 6
  3.2 Aufgaben und Eigenschaften von Hilfsmitteln ................................................................. 8
    3.2.1 Keramikring ............................................................................................................. 8
    3.2.2 Schutzgas ............................................................................................................... 9
    3.2.3 Zusätze in der Bolzenspitze ..................................................................................... 10

4 Besonderheiten des Bolzenschweißens ........................................................................ 12

5 Vorgänge und Einflussgrößen beim Bolzenschweißen ............................................... 14
  5.1 Schweißstromkreis beim Bolzenschweißen .................................................................... 14
  5.2 Lichtbogen beim Bolzenschweißen ................................................................................. 15
    5.2.1 Lichtbogen beim Bolzenschweißen mit Hubzündung ..................................................... 15
    5.2.1.1 Zünden ................................................................................................................ 15
    5.2.1.2 Schweißlichtbogen .................................................................................................. 16
    5.2.2 Lichtbogen beim Bolzenschweißen mit Spitzenzündung ............................................. 17
    5.2.2.1 Zünden ................................................................................................................ 17
    5.2.2.2 Schweißlichtbogen ................................................................................................ 18
  5.3 Blaswirkung ............................................................................................................... 18
  5.4 Einbrandform und ihre Bedeutung ................................................................................ 22
  5.5 Erstarrungsvorgang beim Bolzenschweißen und daraus folgende Unregelmäßigkeiten. 24
    5.5.1 Physikalische und chemische Reaktionen ....................................................................... 25
    5.5.2 Maßnahmen zur Vermeidung von Poren ................................................................... 26

6 Hinweise für die Konstruktion und die Fertigung ..................................................... 28
  6.1 Allgemeines ...................................................................................................................... 28
    6.1.1 Bolzendurchmesser und Blechdicke ............................................................................. 28
    6.2 Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas ................................. 29
    6.2.1 Bolzenform .............................................................................................................. 29
    6.2.2 Schweißwulst .......................................................................................................... 29
    6.2.3 Positionierung .......................................................................................................... 30
    6.2.4 Bolzenlänge ............................................................................................................. 31
    6.2.5 Eigenspannungen ..................................................................................................... 32
    6.2.6 Kraftumlunkung und Kerbwirkung ............................................................................. 32
    6.2.7 Blechdickenrichtung ................................................................................................. 32
    6.2.8 Dehnlänge .................................................................................................................. 33
    6.2.9 Lochleibung ............................................................................................................. 33
10 Mechanisch-technologische Eigenschaften einer Bolzenschweißung und ihre Untersuchung
10.1 Statische Prüfungen von Bolzenschweißverbindungen .................................................. 94
10.1.1 Zugprüfung .................................................................................................................. 94
10.1.2 Biegeprüfung ............................................................................................................. 95
10.1.3 Scherversuch ............................................................................................................ 97
10.1.4 Drehmomentprüfung .................................................................................................. 97
10.2 Dynamische Beanspruchung von Bauteilen mit aufgeschweißten Bolzen ...................... 97
10.2.1 Zugschwellversuche .................................................................................................. 97
10.2.2 Biegewechselversuche am Bolzen ........................................................................... 99
10.2.3 Biegewechselversuche am Blech ............................................................................. 100

11 Qualitätssicherung von Bolzenschweißarbeiten und geltendes Regelwerk .................. 103
11.1 Allgemeines ................................................................................................................... 103
11.2 Normung ...................................................................................................................... 103
11.3 Bolzenherstellung ......................................................................................................... 105
11.3.1 Aluminiumzusatz und Bolzenform ........................................................................... 107
11.3.2 Korrosionsschutz und Lagerung ............................................................................. 108
11.3.3 Ausblick .................................................................................................................. 109
11.4 Gesetzlich geregelter Bereich ....................................................................................... 109
11.4.1 Stahltragwerke ........................................................................................................... 109
11.4.2 Herstellerqualifikation im Stahltragwerksbau ............................................................ 110
11.4.3 Verbundkonstruktionen ............................................................................................ 110
11.4.4 Schienenfahrzeuge ................................................................................................... 111
11.4.5 Bestiftungen ............................................................................................................. 111
11.5 Gesetzlich nicht geregelter Bereich ............................................................................. 111
11.6 Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834 ............................................................. 112
11.7 Checkliste zur Qualitätssicherung .................................................................................. 113
11.8 Unregelmäßigkeiten und Korrekturmaßnahmen ............................................................. 113

12 Prüfen von Bolzenschweißungen .................................................................................. 118
12.1 Sichtprüfung .................................................................................................................. 118
12.2 Kontrolle der Schweißparameter ................................................................................... 119
12.3 Biegeprüfung ................................................................................................................ 121
12.4 Biegeprüfung im elastischen Bereich ........................................................................... 122
12.5 Durchstrahlungsprüfung ............................................................................................... 123
12.6 Zugprüfung ................................................................................................................... 123
12.7 Ultraschallprüfung ....................................................................................................... 124
12.8 Makroschiffe und Härteprüfung ................................................................................ 124
12.9 Mikroschiffe ............................................................................................................. 126
12.10 Andere Prüfungen ..................................................................................................... 126
12.11 Prüfungen und Regelwerke außerhalb Deutschlands ............................................. 126
12.11.1 Europäische Festlegung nach Eurocodes ............................................................... 126
12.11.2 USA ................................................................................................................... 126
12.11.3 Anwendung von Verankerungen mit Kopfbolzen in den osteuropäischen Staaten ...... 127
13 Fachpersonal .................................................................................................................. 132
14 Arbeitsschutz, Gerätesicherheit und Wartung der Anlagen ........................................... 133
14.1 Arbeitsschutz ............................................................................................................ 133
14.2 Gerätesicherheit ......................................................................................................... 134
14.3 Wartung der Anlagen .................................................................................................. 135
15 Anwendungen .............................................................................................................. 137
15.1 Bolzenschweißen im Bauwesen ................................................................................ 137
15.1.1 Verbundbau ............................................................................................................. 137
15.1.2 Stahlverankerungen in Beton (Befestigungstechnik) ................................................... 139
15.1.3 Durchschweißtechnik ............................................................................................. 142
15.1.4 Fassadenbau ......................................................................................................... 144
15.1.5 Verglasungen ........................................................................................................ 145
15.1.6 Schwarz-Weiβ-Verbindungen .................................................................................. 146
15.1.7 Werkstatt- oder Baustellenschweißung? ................................................................. 147
15.2 Bolzenschweißen im Automobilbau ......................................................................... 147
15.3 Bolzenschweißen im Schiffbau .................................................................................. 151
15.4 Bolzenschweißen im Feuerfestbau .......................................................................... 154
15.4.1 Hitzebeständige Werkstoffe .................................................................................. 154
15.4.2 Bolzen- und Verankerungswerkstoffe .................................................................... 155
15.4.3 Eigenschaften des Vormaterials .......................................................................... 158
15.4.4 Korrosion ............................................................................................................ 160
15.4.5 Versprödung und Duktilitätsverlust ..................................................................... 161
15.4.6 Anwendungsbereiche und Befestigungssysteme .................................................... 163
15.4.7 Allgemeiner Feuerfestbau ..................................................................................... 163
15.4.8 Kraftwerksanlagen ............................................................................................... 164
15.4.9 Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 14555 ..................................................... 167
15.4.10 Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834 ...................................................... 168
15.5 Bolzenschweißen in der Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutzisolierung .......... 169
15.6 Bolzenschweißen im Anlagen- und Behälterbau ....................................................... 171
15.7 Bolzenschweißen im Verschleißschutzbereich ......................................................... 174
15.8 Bolzenschweißen auf hochfesten Stählen ............................................................... 175
15.9 Anwendungen für das Bolzenschweißen mit Spitzenzündung .................................. 176
16 Schrifttum ..................................................................................................................... 180