

DIN EN ISO 14555

ICS 25.160.10

Entwurf

Einsprüche bis 2017-03-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 14555:2014-08

**Schweißen –
Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen
(ISO/FDIS 14555:2016);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 14555:2016**

Welding –

Arc stud welding of metallic materials (ISO/FDIS 14555:2016);
German and English version FprEN ISO 14555:2016

Soudage –

Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques (ISO/FDIS 14555:2016);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 14555:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-01-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 151 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 14555:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ (Sekretariat AFNOR, Frankreich) in Zusammenarbeit mit dem Technische Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-16 AA „Bolzenschweißen (DVS AG V 2.2)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Die Überarbeitung der ISO-Norm erfolgt im Verfahren einer „Minor Revision“. Bei diesem Verfahren sind nur redaktionelle Änderungen möglich und das internationale Normprojekt wird direkt in der Stufe Schluss-Entwurf (ISO/FDIS) gestartet. In dieser Stufe sind keine technischen Änderungen möglich. Daher können auch nur redaktionelle Kommentare zur englischen Fassung und Verbesserungsvorschläge zur deutschen Übersetzung im Rahmen dieses Norm-Entwurfes berücksichtigt werden.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der FprEN ISO 14555 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument normativ zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 3834-2	siehe	DIN EN ISO 3834-2
ISO 3834-3	siehe	DIN EN ISO 3834-3
ISO 3834-4	siehe	DIN EN ISO 3834-4
ISO 4063	siehe	DIN EN ISO 4063
ISO 6947	siehe	DIN EN ISO 6947
ISO 9606-1	siehe	DIN EN ISO 9606-1
ISO 9606-2	siehe	DIN EN ISO 9606-2
ISO 13918	siehe	DIN EN ISO 13918
ISO 14175	siehe	DIN EN ISO 14175
ISO 14731	siehe	DIN EN ISO 14731
ISO 14732	siehe	DIN EN ISO 14732
ISO 15607	siehe	DIN EN ISO 15607
ISO/TR 15608	siehe	DIN CEN ISO/TR 15608 (DIN SPEC 8517)
ISO 15611	siehe	DIN EN ISO 15611
ISO 15613	siehe	DIN EN ISO 15613
ISO 17636 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 17636 (alle Teile)

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 14555:2014-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) undatierte Verweisung auf ISO 14732, ISO 13918 und ISO 15607;
- b) in 3.6 wurde der Ausdruck „Schweißdurchmesser“ in „Schweißquerschnitt“ geändert;
- c) im letzten Satz von 12.3 wurde das Wort „Verformungsfähigkeit“ in „Verformung“ geändert;
- d) in 12.4 wurden der zweite und dritte Abschnitt zu einem Abschnitt zusammengeführt;
- e) in 12.6 wurde der Ausdruck „Schweißdurchmesser“ in „sichtbare Breite der Schweißzone“ geändert;
- f) in Tabelle A.6 wird der Fehler „Schweißwulst einseitig mit unzulässiger Unterschneidung“ nun unter „Sichtprüfung oder Makroschliff“ aufgeführt (nur englische Fassung geändert);
- g) in Anhang D wurde das fehlende Symbol " $\leq$ " für Anwendungen ≤ 100 ergänzt (nur englische Fassung geändert).

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3834-2, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 3834-3, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 3834-4, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 4: Elementare Qualitätsanforderungen*

DIN EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

DIN EN ISO 6947, *Schweißen und verwandte Prozesse — Schweißpositionen*

DIN EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

DIN EN ISO 9606-2, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen*

DIN EN ISO 13918, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenbolzenschweißen*

DIN EN ISO 14175, *Schweißzusätze — Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse*

DIN EN ISO 14731, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung*

DIN EN ISO 14732, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen*

DIN EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln*

DIN CEN ISO/TR 15608 (DIN SPEC 8517), *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen*

DIN EN ISO 15611, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung*

DIN EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung*

DIN EN ISO 17636 (alle Teile), *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung*

— Leerseite —

Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO/FDIS 14555:2016)

Soudage — Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques (ISO/FDIS 14555:2016)

Welding — Arc stud welding of metallic materials (ISO/FDIS 14555:2016)

ICS:

Deskriptoren:

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	6
Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Symbole und Abkürzungen	12
4.1 Symbole	12
4.2 Abkürzungen	12
5 Konstruktionsüberprüfung	13
6 Schweißpersonal	13
6.1 Bediener der Bolzenschweißeinrichtung	13
6.2 Schweißaufsicht	14
7 Einrichtungen	14
7.1 Fertigungseinrichtungen	14
7.2 Beschreibung der Einrichtungen	14
7.3 Instandhaltung	15
8 Fertigungsplan	15
9 Schweißanweisung (WPS)	15
9.1 Allgemeines	15
9.2 Informationen, bezogen auf den Hersteller	15
9.2.1 Kennzeichnung des Herstellers	15
9.2.2 Kennzeichnung der WPS	15
9.2.3 Verweis auf den Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) oder auf andere Dokumente, soweit erforderlich	16
9.3 Informationen, bezogen auf den Grundwerkstoff	16
9.3.1 Art des Grundwerkstoffes	16
9.3.2 Maße	16
9.4 Schweißprozess	16
9.5 Schweißverbindung	16
9.5.1 Gestaltung der Schweißverbindung	16
9.5.2 Schweißposition	16
9.5.3 Oberflächenvorbereitung des Grundwerkstoffes	16
9.5.4 Spannvorrichtungen	16
9.5.5 Unterstützung	17
9.5.6 Bolzen	17
9.5.7 Bezeichnung	17
9.5.8 Behandlung	17
9.6 Hilfsstoffe	17
9.6.1 Keramikringe (falls vorhanden)	17
9.6.2 Schutzgas (falls vorhanden)	17
9.7 Stromquelle	17
9.8 Bewegungsvorrichtungen	17
9.8.1 Schweißpistole/Hubeinrichtung	17
9.8.2 Schutzgaseinrichtung (falls benutzt)	17
9.8.3 Bolzenzuführeinrichtung (falls vorhanden)	17
9.9 Einflussgrößen	18

9.9.1	Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	18
9.9.2	Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung	18
9.10	Temperaturbedingungen	18
9.11	Wärmenachbehandlung.....	18
9.12	Nicht thermische Nachbehandlung.....	18
10	Qualifizierung des Schweißverfahrens	19
10.1	Grundsätze	19
10.2	Schweißverfahrensprüfungen.....	19
10.2.1	Anwendung.....	19
10.2.2	Konformitätsnachweis von Grund- und Bolzenwerkstoff.....	19
10.2.3	Form und Maße der Prüfstücke	19
10.2.4	Schweißen	19
10.2.5	Umfang von Untersuchung und Prüfung.....	20
10.2.6	Annahmebedingungen	20
10.2.7	Ersatzprüfung	21
10.2.8	Geltungsbereich	21
10.2.8.1	Allgemeines.....	21
10.2.8.2	Bezogen auf den Hersteller	21
10.2.8.3	Bezogen auf den Schweißprozess.....	22
10.2.8.4	Bezogen auf die Schweißparameter	22
10.2.8.5	Bezogen auf den Grundwerkstoff	22
10.2.8.6	Bolzenwerkstoff	22
10.2.8.7	Dicke des Grundwerkstoffes.....	22
10.2.8.8	Deckblechdicke bei Durchschweißtechnik.....	22
10.2.8.9	Bezogen auf Bolzenquerschnitt und Form	22
10.2.8.10	Bezogen auf die Schweißposition	23
10.2.8.11	Bezogen auf die Schweißeinrichtung	23
10.2.8.12	Vorwärmung.....	23
10.3	Vorgezogene Arbeitsprüfung.....	23
10.3.1	Vorgezogene Arbeitsprüfung für Werkstattbedingungen	23
10.3.2	Prüfung durch vorgezogene Arbeitsprüfung für das Bolzenschweißen unter Baustellenbedingungen (für Durchschweißtechnik)	23
10.4	Vorliegende Erfahrung.....	24
10.5	Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR)	24
11	Untersuchung und Prüfung.....	24
11.1	Allgemeines	24
11.2	Sichtprüfung.....	25
11.3	Biegeprüfung.....	25
11.4	Zugprüfung	29
11.5	Drehmomentprüfung.....	31
11.6	Makroschliff.....	31
11.7	Durchstrahlungsprüfung.....	32
11.8	Klangprobe	32
12	Annahmekriterien	32
12.1	Allgemeines	32
12.2	Annahmekriterien für die Sichtprüfung	32
12.3	Annahmekriterien für die Biegeprüfung.....	32
12.4	Annahmekriterien für die Zugprüfung.....	33
12.5	Annahmekriterien für die Drehmomentprüfung	33
12.6	Annahmekriterien für den Makroschliff	33
12.7	Annahmekriterien für die Durchstrahlungsprüfung.....	33
12.8	Annahmekriterien für die Klangprobe.....	33

12.9	Annahmekriterien für zusätzliche Prüfungen.....	34
13	Ausführung.....	34
14	Prozessüberwachung.....	34
14.1	Allgemeines	34
14.2	Arbeitsprüfung.....	35
14.2.1	Allgemeines	35
14.2.2	Arbeitsprüfung beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	35
14.2.3	Arbeitsprüfung beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung	35
14.3	Vereinfachte Arbeitsprüfung	35
14.4	Wiederholungsprüfung bei der Arbeitsprüfung oder der vereinfachten Arbeitsprüfung.....	36
14.5	Fertigungsüberwachung.....	36
14.5.1	Sichtprüfung	36
14.5.2	Kontrolle der Schweißparameter.....	36
14.5.3	Andere Untersuchungen und Prüfungen	36
14.5.4	Fertigungsüberwachung beim Hubzündungsbolzenschweißen mit Keramikring und Qualifikation nach 10.3.2.....	36
14.6	Fertigungsbuch.....	37
14.7	Mangelnde Übereinstimmung und Korrekturmaßnahmen	37
14.8	Kalibrierung der Mess- und Prüfeinrichtungen.....	37
	Anhang A (informativ) Durchführung des Bolzenschweißens.....	38
A.1	Allgemeines	38
A.2	Schweißprozesse	38
A.2.1	Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	38
A.2.2	Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung (786)	41
A.2.3	Grundwerkstoffe.....	42
A.2.4	Bolzen	42
A.2.5	Bolzenwerkstoff/Grundwerkstoff-Kombinationen.....	43
A.2.6	Bewertung der Schweißung und empfohlene Korrekturmaßnahmen	44
A.2.7	Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	53
A.2.8	Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung	55
	Anhang B (normativ) Qualitätsanforderungen beim Bolzenschweißen.....	58
	Anhang C (informativ) Schweißanweisung des Herstellers (WPS).....	59
	Anhang D (informativ) Vordruck für den Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) (für Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	60
	Anhang E (informativ) Vordruck für den Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) (für Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	65
	Anhang F (informativ) Prüfergebnisse — Arbeitsprüfung (für Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	69
	Anhang G (informativ) Prüfergebnisse — Arbeitsprüfung (für Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung).....	72
	Anhang H (informativ) Beispiel eines Fertigungsbuches	75
	Literaturhinweise.....	76

Bilder

Bild 1 — Biegeprüfung der Arme bei Bolzen mit zwei Enden	25
Bild 2 — Beispiele für Biegeprüfungen	26
Bild 3 — Beispiel einer Biegeprüfung mittels Drehmomentschlüssel	28
Bild 4 — Beispiele für Zugprüfungen bei Gewindebolzen.....	29
Bild 5 — Beispiele für Zugprüfungen bei Kopfbolzen.....	30
Bild 6 — Beispiel für eine Drehmomentprüfung	31
Bild A.1 — Die Bolzenbewegung beim Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	39
Bild A.2 — Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung — Hauptphasen des Schweißprozesses	42

Tabellen

Tabelle 1 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke bei Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	20
Tabelle 2 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke beim Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung $d_w \leq 12$ mm	21
Tabelle 3 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	21
Tabelle 4 — Biegemomente in Abhängigkeit vom Bolzendurchmesser (nur für Kesselstifte anzuwenden).....	28
Tabelle 5 — Mindestwerte des geforderten Drehmomentes für unlegierten Baustahl.....	31
Tabelle A.1 — Arbeitsbereiche der verschiedenen Verfahren beim Bolzenschweißen mit Hubzündung	40
Tabelle A.2 — Eigenschaften beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung.....	41
Tabelle A.3 — Schweißeignung von gängigen Bolzenwerkstoff/Grundwerkstoff-Kombinationen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.....	43
Tabelle A.4 — Schweißeignung von gängigen Bolzenwerkstoff/Grundwerkstoff-Kombinationen beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung.....	44
Tabelle A.5 — Bewertung der Schweißung und empfohlene Korrekturmaßnahmen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas.....	45
Tabelle A.6 — Bewertung der Schweißung und empfohlene Korrekturmaßnahmen beim Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung	48
Tabelle A.7 — Bewertung der Schweißung und empfohlene Korrekturmaßnahmen beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung.....	50
Tabelle A.8 — Blaswirkung und einige mögliche Abhilfemaßnahmen	52
Tabelle B.1 — Qualitätsanforderungen beim Bolzenschweißen	58

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 14555:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen formellen Abstimmung vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 14555:2014 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/FDIS 14555:2016 wurde vom CEN als FprEN ISO 14555:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 44, *Welding and allied processes*, Unterkomitee SC 10, *Quality management in the field of welding*.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 14555:2014), die in Form einer Minor Revision überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen sind:

- a) undatierte Verweisung auf ISO 14732, ISO 13918 und ISO 15607;
- b) in 3.6 wurde der Ausdruck „Schweißdurchmesser“ in „Schweißquerschnitt“ geändert;
- c) im letzten Satz von 12.3 wurde das Wort „Verformungsfähigkeit“ in „Verformung“ geändert;
- d) in 12.4 wurden der zweite und dritte Abschnitt zu einem Abschnitt zusammengeführt;
- e) in 12.6 wurde der Ausdruck „Schweißdurchmesser“ in „sichtbare Breite der Schweißzone“ geändert;
- f) in Tabelle A.6 wird der Fehler „Schweißwulst einseitig mit unzulässiger Unterschneidung“ nun unter „Sichtprüfung oder Makroschliff“ aufgeführt;
- g) in Anhang D wurde das fehlende Symbol " $\leq$ " für Anwendungen ≤ 100 ergänzt.

Anfragen zur offiziellen Auslegung eines bestimmten Aspektes dieses Dokuments sollten über die jeweilige nationale Normungsorganisation an das Sekretariat des ISO/TC 44/SC 10 gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung der Normungsinstitute ist unter www.iso.org zu finden.

Einleitung

Das Lichtbogenbolzenschweißen dient zum Aufschweißen von vorwiegend stiftförmigen metallischen Teilen auf metallische Werkstücke. In diesem Dokument wird es nachfolgend nur Bolzenschweißen genannt. Bolzenschweißen wird u. a. im Brückenbau (insbesondere im Verbundbau), Stahlbau, Schiffbau, Fassadenbau, Fahrzeugbau, Apparatebau, Dampfkesselbau und Haushaltsgerätebau eingesetzt.

Die Qualität einer Bolzenschweißung ist nicht nur von dem exakten Einhalten der Vorgaben der Schweißanweisung, sondern auch von der einwandfreien Funktionsfähigkeit der Bewegungsvorrichtung (z. B. Schweißpistolen), vom Zustand der Bauteile sowie der Hilfsmittel und der Stromversorgung abhängig.

Dieses Dokument setzt frühere Spezifikationen nicht außer Kraft, sofern die technischen Anforderungen gleichwertig sind und erfüllt wurden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument umfasst das Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen unter ruhender und Ermüdungsbeanspruchung. Sie legt die besonderen Anforderungen beim Bolzenschweißen in Bezug auf das schweißtechnische Fachwissen, die Qualitätsanforderungen, die Schweißanweisung, die Qualifizierung des Schweißverfahrens, die Bedienerprüfung und die Prüfung von Fertigungsschweißungen fest.

Dieses Dokument ist anzuwenden, wenn der Nachweis des Herstellers zur Erzeugung von geschweißten Konstruktionen einer bestimmten Qualität verlangt wird.

ANMERKUNG Allgemeine Qualitätsanforderungen für Schmelzschweißungen an metallischen Werkstoffen sind in ISO 3834-1, ISO 3834-2, ISO 3834-3, ISO 3834-4 und ISO 3834-5 festgelegt.

Dieses Dokument ist als umfassendes Bezugsdokument für Verträge erarbeitet worden. Die gestellten Anforderungen können vollständig oder teilweise, sofern sie für die betreffende Konstruktion nicht relevant sind, übernommen werden (siehe Anhang B). Bezüglich Durchführung des Bolzenschweißens siehe Anhang A.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3834-2, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 2: Comprehensive quality requirements*

ISO 3834-3, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 3: Standard quality requirements*

ISO 3834-4, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials — Part 4: Elementary quality requirements*

ISO 4063, *Welding and allied processes — Nomenclature of processes and reference numbers*

ISO 6947, *Welding and allied processes — Welding positions*

ISO 9606-1, *Qualification testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels*

ISO 9606-2, *Qualification test of welders — Fusion welding — Part 2: Aluminium and aluminium alloys*

ISO 13918:2008, *Welding — Studs and ceramic ferrules for arc stud welding*

ISO 14175, *Welding consumables — Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes*

ISO 14731, *Welding coordination — Tasks and responsibilities*

ISO 14732, *Welding personnel — Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials*

ISO/TR 15608, *Welding — Guidelines for a metallic materials grouping system*

ISO 15611, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Qualification based on previous welding experience*

ISO 15613, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Qualification based on pre-production welding test*

ISO 17636 (alle Teile), *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3834-1, ISO 4063, ISO 14731, ISO 14732, ISO 15607 und ISO/TR 25901-3 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Bolzen

Befestigungselement, das durch Bolzenschweißen aufgeschweißt wird

3.2

Hilfsstoffe

Keramikringe und Schutzgase

3.3

Bediener der Bolzenschweißeinrichtung

Bedienungspersonal der Bolzenschweißgeräte

Anmerkung 1 zum Begriff: In besonderen Fällen (z. B. in der Massenproduktion im Herstellerwerk) kann das Schweißen auch von geeignetem Hilfspersonal, das angemessen geschult und beaufsichtigt wird, ausgeführt werden.

3.4

Bolzendurchmesser

d

Nenndurchmesser des Bolzens (3.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 13918.

3.5

Schweißdurchmesser

d_w

Durchmesser an der Schweißspitze

3.6

Schweißzone

geschweißter Bereich unterhalb des Schweißquerschnitts

3.7

Schweißstrom

RMS-Wert (RMS, en: root-mean-square) des Schweißstromes im stationären Zustand während der Lichtbogenbrennzeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff gilt nicht bei Kondensator-Entladung.

3.8

Schweißzeit

Zeit zwischen der Zündung und dem endgültigen Erlöschen des Hauptlichtbogens

3.9

Hub

L

Abstand zwischen der Bolzenspitze und der Werkstückoberfläche bei aufgesetzter und aktivierter Bewegungsvorrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Spitzenzündung gilt dieser Begriff für den Zündspalt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild A.1.

3.10

Eintauchmaß

axiale Bewegung des Bolzens (3.1) in Richtung auf die Werkstückoberfläche

3.11

Überstand

P

(ungeregelte Bewegungsvorrichtungen) Abstand der Bolzenspitze vom werkstückseitigen Rand der Abstützeinrichtung in der Ruhestellung

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine federbelastete Bewegungsvorrichtung ist eine unregelte Bewegungsvorrichtung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild A.1.

3.12

Blaswirkung

magnetische Ablenkung des Lichtbogens von der Bolzenachse

3.13

Flussmittel

Aluminiumzusatz an der Schweißspitze des Bolzens (3.1), der zur besseren Zündung und zur Desoxidation des Schweißbades dient

3.14

Zweistoffbolzen

Bolzen (3.1) aus einem mit dem Werkstück gleichartigen Werkstoff an der Schweißspitze und einem anderen Werkstoff außerhalb der Schweißspitze, die durch Reibschweißung verbunden sind und wodurch ein Mischgefüge in der Schweißzone (3.6) beim Bolzenschweißen verhindert wird

3.15

ermüdungsbeanspruchtes Bauteil

Bauteil, das durch ein typisches Lastkollektiv beansprucht wird, das durch Richtungen oder Bewegungen der Lasten, ihre Veränderung in der Höhe und ihre Frequenz und die Reihenfolge ihres Auftretens beschrieben wird

3.16

Durchschweißtechnik

Anwendung, bei der Kopfbolzen auf eine Stahlkonstruktion durch dünne Deckbleche mit weniger als 3 mm Dicke geschweißt werden

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

C	Kapazität (in mF)
d	Bolzendurchmesser (in mm)
d_w	Schweißdurchmesser (in mm)
h	Länge des Muttergewindes
I	Stromstärke (in A)
L	Hub
P	Überstand
t	Blechdicke
t_w	Schweißzeit (in ms oder s)
T	Drehmoment (in Nm)
U	Ladespannung (in V)
E	Ladeenergie (in Ws)
α	Biegewinkel (in °)

4.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

CF	Keramikring (en: ceramic ferrule)
HAZ	Wärmeeinflusszone (en: heat-affected zone)
NP	ohne Schweißbadschutz (en: no protection)
PA	Wannenlage
PC	Querposition
PE	Überkopfposition
pWPS	vorläufige Schweißanweisung (en: preliminary welding procedure specification)
SG	Schutzgas (en: shielding gas)
WPS	Schweißanweisung (en: welding procedure specification)
WPQR	Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (en: welding procedure qualification record)

5 Konstruktionsüberprüfung

Wenn Qualitätsanforderungen durch eine Anwendungsnorm, eine Spezifikation oder nach ISO 3834-2, ISO 3834-3 oder ISO 3834-4 verlangt werden, muss der Hersteller folgende Punkte, soweit zutreffend, prüfen:

- a) die Zugänglichkeit und Schweißposition der Bolzenschweißung;
- b) die Oberflächenbeschaffenheit und Wulstform der Schweißverbindung;
- c) Werkstoffe und Werkstoffkombinationen (siehe Tabellen A.3 und A.4); einschließlich der Deckbleche, wenn Durchschweißtechnik beabsichtigt ist;
- d) das Verhältnis Bolzendurchmesser/Werkstückdicke (Vermeidung von Beschädigungen der Werkstückrückseite);
- e) Ausmaß und Einzelheiten der Schweißnahtvorbereitung und der fertigen Schweißung, einschließlich z. B. Oberflächenbeschaffenheit von Bolzen und Werkstück, Grenzabmaße des geschweißten Bolzens (Position, Winkelstellung, Länge);
- f) den Einsatz von besonderen Arbeitsweisen zur Vermeidung von Beschädigung der Werkstückrückseite;
- g) Arbeitsweisen zum Erreichen der senkrechten Bolzenposition des geschweißten Bolzens.

ANMERKUNG Der durch die örtlich konzentrierte Wärmeeinleitung/Abkühlung entstandene mehrachsige Spannungszustand ist zu berücksichtigen. Dieser reduziert die Ermüdungsfestigkeit eines mit aufgeschweißten Bolzen versehenen Bauteils.

6 Schweißpersonal

6.1 Bediener der Bolzenschweißeinrichtung

Die Qualifizierung kann durch eine Schweißverfahrensprüfung (siehe 10.2) oder eine vorgezogene Arbeitsprüfung (siehe 10.3) erfolgen und muss Prüfungen nach den in Abschnitt 12 festgelegten Annahmekriterien einschließen, sofern zutreffend.

Bediener von Bolzenschweißeinrichtungen müssen Fachwissen zur Bedienung, zur ordnungsgemäßen Einstellung der Einrichtung und zur richtigen Ausführung der Schweißung besitzen. Dabei ist auf guten Kontakt und geeignete Anbringung der Massekabel und auf gleichmäßige Verteilung ferromagnetischer Massen (siehe Tabelle A.8) zu achten.

Das Schweißpersonal muss in Übereinstimmung mit ISO 14732 qualifiziert werden.

Qualifizierte Bediener sind für jedes Bolzenschweißgerät mit derselben Methode der Parametereingabe als qualifiziert anzusehen, die bei der Qualifikation verwendet wurde. Ein Wechsel der Schweißprozessvariante (Nummer 783, 784, 785, 786 nach ISO 4063) erfordert eine erneute Qualifizierung.

Eine Prüfung der Fachkenntnisse ist für alle Prüfverfahren erforderlich. Diese Prüfung muss mindestens umfassen:

- a) Einstellung der Schweißeinrichtung in Übereinstimmung mit der Schweißanweisung;
- b) Grundkenntnisse des Einflusses von geeigneter Anbringung der Massekabel, der Polarität des Bolzens und der Blaswirkung auf das Schweißergebnis (siehe Tabelle A.8);

- c) einfache Bewertung der Schweißverbindung auf Unregelmäßigkeiten (siehe Tabellen A.5, A.6 und A.7);
- d) sichere Ausführung der Schweißung, d. h. guter Kontakt des Bolzens im Bolzenhalter, Pistole beim Schweißen ruhig halten, Kontrolle des Ablaufes und richtige Haltung der Schweißpistole.

6.2 Schweißaufsicht

Die Schweißaufsicht muss nach ISO 14731 ausgeübt werden. Für die Qualifizierung der Schweißaufsichtsperson nach ISO 3834-2, ISO 3834-3 und ISO 3834-4 ist Anhang B zu beachten.

Schweißaufsichtspersonen beim Bolzenschweißen müssen Kenntnisse und Erfahrung im Bolzenschweißen, besonders in dem eingesetzten Bolzenschweißprozess, haben. Sie müssen die richtigen Parameter, z. B. Hub, Überstand (Eintauchmaß), Strom und Schweißzeit, auswählen und einstellen können.

Für das Bolzenschweißen von Bauteilen ohne definierte statische Belastung ist eine Schweißaufsicht entbehrlich (siehe Anhang B).

7 Einrichtungen

7.1 Fertigungseinrichtungen

Eine geeignete Bolzenschweißeinrichtung mit einer Stromquelle ausreichender Leistung muss benutzt werden, um den Bolzen auf den Grundwerkstoff bei richtiger Einstellung der Geräte einwandfrei zu schweißen. Die nachfolgenden Einrichtungen müssen daher, soweit erforderlich, verfügbar sein:

- a) Stromquellen, Steuergeräte und Bewegungsvorrichtungen;
- b) Kabel mit ausreichendem Querschnitt, massiven Anschlussklemmen und ausreichende Masseverbindungen;
- c) Handhabungseinrichtungen für die schweißtechnische Fertigung (Vorrichtungen, Schablonen);
- d) Schweißdatenüberwachungsgeräte;
- e) Säuberungsmöglichkeiten für Kontakt- und Schweißstellen;
- f) Mess- und Prüfeinrichtungen;
- g) Einrichtungen für die Vor- und Nachbehandlung;
- h) Einrichtungen und Schweißanlagen für Nachbesserungen.

7.2 Beschreibung der Einrichtungen

Eine Aufstellung für die Bolzenschweißgeräte ist zu führen und dient als Nachweis der Leistungsfähigkeit und des Anwendungsbereiches für das Bolzenschweißen. Sie muss beinhalten:

- a) Angaben über den kleinsten und größten verschweißbaren Bolzendurchmesser;
- b) maximale Anzahl je Zeiteinheit der zu verschweißenden Bolzen;
- c) Einstellbereich der Stromquelle;
- d) Arbeitsweise und Leistung von mechanisierten oder automatischen Bolzenschweißeinrichtungen;
- e) Angaben über vorhandene Prüfgeräte.

7.3 Instandhaltung

Die Funktionsfähigkeit der Geräte muss sichergestellt sein. Während der Fertigung muss in festgesetzten Intervallen eine Funktionsfähigkeitsüberprüfung der Bewegungseinrichtungen durchgeführt werden. Kabel, Anschlussklemmen, Bolzen- und Keramikringhalter sind regelmäßig zu überprüfen und rechtzeitig auszuwechseln. Bei Massenfertigung und einem umfassenden Qualitätssicherungssystem nach ISO 3834-2 muss ein Instandhaltungsplan für weitere wesentliche Einrichtungen aufgestellt werden. Beispiele für derartige Einrichtungen sind:

- a) Sortier- und Zuführeinrichtungen der Bolzen;
- b) Bolzenhalter und Keramikringhalter;
- c) mechanische Führungselemente und Schablonen;
- d) Messgeräte;
- e) Kabel, Schläuche und Kupplungen;
- f) Überwachungssysteme.

8 Fertigungsplan

Beim Bolzenschweißen muss der Fertigungsplan noch folgende zusätzliche Angaben enthalten:

- a) Festlegung der verlangten Bolzenschweißprozess und Einrichtungen;
- b) Angaben, welche Vorrichtungen und Schablonen benutzt werden;
- c) Verfahren zur Oberflächenvorbereitung.

9 Schweißanweisung (WPS)

9.1 Allgemeines

In der WPS sind die Einzelheiten anzugeben, wie eine Schweißarbeit durchzuführen ist. Sie muss alle entsprechenden Angaben über die Schweißaufgabe enthalten.

Die Angaben in 9.2 bis 9.12 treffen für die meisten Schweißarbeiten zu. Bei einigen Anwendungen kann es erforderlich sein, die Liste zu erweitern oder zu kürzen. Die zutreffenden Angaben müssen in der WPS festgelegt werden.

Bereiche und Grenzabmaße sind, wenn dies erforderlich ist, festzulegen. Ein Beispiel eines WPS-Vordruckes ist in Anhang C abgebildet.

9.2 Informationen, bezogen auf den Hersteller

9.2.1 Kennzeichnung des Herstellers

- Zweifelsfreie Identifikation.

9.2.2 Kennzeichnung der WPS

- Alphanumerische Bezeichnung (Referenzschlüssel).

9.2.3 Verweis auf den Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) oder auf andere Dokumente, soweit erforderlich

- Alphanumerische Bezeichnung (Referenzschlüssel).

9.3 Informationen, bezogen auf den Grundwerkstoff

9.3.1 Art des Grundwerkstoffes

- Kennzeichnung des Werkstoffes, vorzugsweise durch Verweis auf eine geeignete Norm;
- Lieferzustand des oder der Grundwerkstoffe(s);
- Kennzeichnung von Beschichtung oder anderen Oberflächenzuständen.

ANMERKUNG Eine WPS kann eine Gruppe von Werkstoffen nach ISO/TR 15608 erfassen. Siehe auch ISO/TR 20172, ISO/TR 20173 und ISO/TR 20174.

9.3.2 Maße

- Dicke oder Dickenbereich des Grundwerkstoffes;
- andere wesentliche Abmessungen (z. B. Dicke und Beschaffenheit des Deckbleches bei Durchschweißtechnik).

9.4 Schweißprozess

- Bezeichnung nach ISO 4063.

9.5 Schweißverbindung

9.5.1 Gestaltung der Schweißverbindung

- Konstruktionszeichnung der Verbindung mit Darstellung der entsprechenden Bolzenposition und der Grenzabmaße;
- Schweißfolge der Bolzen muss, falls wesentlich für die Anwendung, festgelegt werden.

9.5.2 Schweißposition

- Schweißpositionen müssen nach ISO 6947 festgelegt werden.

9.5.3 Oberflächenvorbereitung des Grundwerkstoffes

- Oberflächenvorbereitung, falls erforderlich (z. B. Reinigen, Entfetten, Beizen);
- maximal zulässige Zeit zwischen Vorbereitung und Schweißen (falls erforderlich).

9.5.4 Spannvorrichtungen

- Art der Anwendung (falls erforderlich);
- Angaben zur Spannvorrichtung, Schablonen usw.

9.5.5 Unterstützung

- Unterstützungsmaßnahmen;
- Festlegung des Unterstützungswerkstoffes;
- Abmessungen (beim Schweißen dünner Bleche).

9.5.6 Bolzen

9.5.7 Bezeichnung

- Bezeichnung nach Norm, Lieferant oder Handelsnamen; nicht genormte Bolzen müssen genau bezeichnet werden.

9.5.8 Behandlung

- Wenn die Bolzen vor dem Gebrauch behandelt werden müssen (z. B. Reinigen), muss das festgelegt werden.

9.6 Hilfsstoffe

9.6.1 Keramikringe (falls vorhanden)

- Einteilung nach Norm, Lieferant oder Handelsnamen; nicht genormte Keramikringe müssen genau beschrieben werden;
- Keramikringe müssen in einer sauberen und trockenen Umgebung gelagert werden.

9.6.2 Schutzgas (falls vorhanden)

- Bezeichnung nach ISO 14175.

9.7 Stromquelle

- Hersteller, Typ.

9.8 Bewegungsvorrichtungen

9.8.1 Schweißpistole/Hubeinrichtung

- Hersteller, Typ;
- Dämpfung.

9.8.2 Schutzgaseinrichtung (falls benutzt)

- Durchflussmenge;
- Beschreibung (schematisch) der Schutzrohrabmessungen und Lage des Schutzrohres in Bezug auf Bolzen und Werkstück.

9.8.3 Bolzenzuführeinrichtung (falls vorhanden)

- Beschreibung der Bolzenzuführeinrichtung, einschließlich Skizze.

9.9 Einflussgrößen

9.9.1 Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

- a) Polarität;
- b) Schweißstrom;
- c) Schweißzeit;
- d) Hub;
- e) Überstand;
- f) Dämpfung;
- g) Anzahl und Position der Masseklemmen.

9.9.2 Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

- a) Polarität;
- b) Kapazität;
- c) Ladespannung;
- d) Federkraft und/oder Größe des Zündspaltes;
- e) Anzahl und Position der Masseklemmen;
- f) Anordnung des Schweißkabels (wenn zur Strombeeinflussung benutzt).

9.10 Temperaturbedingungen

- a) Vorwärmtemperatur (falls erforderlich);
- b) falls keine Vorwärmung erforderlich ist, die niedrigste zulässige Umgebungstemperatur.

9.11 Wärmenachbehandlung

Wenn in Sonderfällen irgendeine Wärmenachbehandlung oder Aushärtung nötig ist, muss das Verfahren festgelegt oder Bezug auf eine gesonderte Festlegung der Wärmenachbehandlung oder der Aushärtung genommen werden. Die gesamte Wärmeführung sollte festgelegt werden.

9.12 Nicht thermische Nachbehandlung

- a) Schleifen, spanende Bearbeitung oder andere mechanische Bearbeitungen;
- b) Beizen oder jede andere chemische Bearbeitung;
- c) vorhandene Spezialverfahren zum Entfernen der Keramikringe.

10 Qualifizierung des Schweißverfahrens

10.1 Grundsätze

Vorläufige Schweißanweisungen (pWPS) für das Bolzenschweißen müssen nach Abschnitt 9 erarbeitet und, wenn gefordert, vor Produktionsbeginn qualifiziert sein. Sie müssen den Bereich für alle wesentlichen Parameter festlegen. Die nachfolgenden Verfahren zur Qualifizierung sind grundsätzlich zugelassen, aber Forderungen aus Spezifikationen oder einem Anwendungsregelwerk können die Auswahl des Verfahrens einschränken:

- a) Qualifizierung durch Schweißverfahrensprüfung nach 10.2;
- b) Qualifizierung durch vorgezogene Arbeitsprüfung nach 10.3;
- c) Qualifizierung aufgrund vorliegender Erfahrung nach 10.4.

Alle neuen Qualifizierungen des Schweißverfahrens müssen ab dem Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments mit ihr übereinstimmen. Dieses Dokument setzt jedoch bestehende Qualifizierung des Schweißverfahrens, die nach früheren nationalen Normen oder Spezifikationen abgelegt worden sind, nicht außer Kraft, vorausgesetzt, die technischen Anforderungen sind erfüllt und die früheren Prüfungen entsprechen der Anwendung und der Fertigung, in der sie verwendet werden. Bestehende Prüfungen nach früheren nationalen Normen oder Spezifikationen sollten zum Zeitpunkt der Anfrage oder Bestellung berücksichtigt und zwischen den Vertragsparteien anerkannt werden.

10.2 Schweißverfahrensprüfungen

10.2.1 Anwendung

Wenn Schweißverfahrensprüfungen gefordert werden, müssen die Prüfungen in Übereinstimmung mit den Bestimmungen in 10.2 durchgeführt werden, außer wenn strengere Prüfungen festgelegt sind.

10.2.2 Konformitätsnachweis von Grund- und Bolzenwerkstoff

Für den verwendeten Grund- und Bolzenwerkstoff müssen Konformitätsnachweise vorliegen.

Liegen diese Nachweise nicht vor, müssen Grund- und/oder Bolzenwerkstoff vor der Schweißverfahrensprüfung zusätzlichen Werkstoffprüfungen unterzogen werden. Dazu muss genügend Grund- und Bolzenwerkstoff der gleichen Charge, wie in der Prüfung benutzt, verfügbar sein.

10.2.3 Form und Maße der Prüfstücke

Die Abmessung der (des) Prüfstücke(s) muss für alle Prüfungen ausreichen. Die Dicke der Prüfstücke muss so gewählt werden, dass sie die für die Fertigung vorgesehenen Blech- oder Flanschdicken umfasst (siehe 10.2.8.6).

10.2.4 Schweißen

Vorbereitung, Anordnung und Schweißen der Prüfstücke muss in Übereinstimmung mit der pWPS und unter den üblichen Fertigungsbedingungen, denen sie entsprechen müssen, ausgeführt werden. Es müssen die gleichen Schweißpositionen und Randabstände wie auf dem tatsächlichen Werkstück berücksichtigt werden. Dabei ist auf ausreichenden Abstand von den Masseklammern zu achten, um Blaswirkung zu vermeiden.

Schweißverfahrensprüfungen sind am kleinsten und größten im Betrieb verwendeten Bolzendurchmesser auszuführen.

Es sind mindestens die in Tabellen 1 und 2 genannten Bolzenanzahlen in der Schweißverfahrensprüfung zu schweißen.

10.2.5 Umfang von Untersuchung und Prüfung

Untersuchung und Prüfung umfasst die nicht zerstörenden und zerstörenden Prüfungen, die mit den Anforderungen der Tabellen 1, 2 und 3 übereinstimmen müssen.

Alle Untersuchungen und Prüfungen müssen nach den in Abschnitt 11 festgelegten Verfahren ausgeführt werden. Die Anzahl und Art der Prüfungen, die in den Tabellen 1, 2 und 3 festgelegt sind, dürfen nur dann zur Qualifizierung einer pWPS benutzt werden, wenn Grund- und Bolzenwerkstoff den festgelegten Werkstoffen in Tabelle A.3 entsprechen.

10.2.6 Annahmebedingungen

Die Annahmebedingungen nach Abschnitt 12 müssen, wenn nicht anders festgelegt, erfüllt sein.

Tabelle 1 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke bei Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas

Art der Prüfung	Anzahl der zu prüfenden Bolzen			
	Anwendung $\leq 100\text{ °C}$		Anwendung $\leq 100\text{ °C}$	Anwendung $> 100\text{ °C}$
	Umfassende Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2		Standard-Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-3	Alle Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2, ISO 3834-3 und ISO 3834-4
	$d_w \leq 12\text{ mm}$	$d_w > 12\text{ mm}$	Alle Durchmesser (d_w)	Alle Durchmesser (d_w)
Sichtprüfung	alle			
Biegeprüfung (siehe Bild 2 a), b) oder c))	10 (60° Biegewinkel)	5 (60° Biegewinkel)	10 (60° Biegewinkel)	5 (30° Biegewinkel)
Biegeprüfung mit Drehmomentschlüssel (siehe Bild 3, nur für Kesselstifte anzuwenden)	nicht anzuwenden			10
Zugprüfung (siehe Bilder 4, 5 oder 6)	—	5	—	—
Durchstrahlungsprüfung	nicht anzuwenden	5 (optional anstatt Zugprüfung)	—	—
Makroschliff (90° versetzt durch Bolzenmitte)	—	2	—	2 ^a
^a Nur bei druckbeanspruchten Rohren.				

Tabelle 2 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke beim Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung $d_w \leq 12$ mm

Art der Prüfung	Anzahl der zu prüfenden Bolzen
Sichtprüfung	alle
Biegeprüfung 60° (siehe Bild 2 a), b) oder c))	10
Drehmomentprüfung (siehe Bild 6) oder Makroschliff (90° versetzt durch Bolzenmitte)	10 (Drehmomentprüfung)
	2 (Makroschliff)

Tabelle 3 — Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Art der Prüfung	Anzahl der zu prüfenden Bolzen
Sichtprüfung	alle
Zugprüfung (siehe Bild 4 oder 5)	10
Biegeprüfung 30° (siehe Bild 2 a), b) oder c))	20

10.2.7 Ersatzprüfung

Erfüllt einer der Bolzen nicht die Anforderungen, so können zwei gleichartige Ersatzbolzen aus den zugehörigen Prüfstücken entnommen werden. Ist dies nicht möglich, sind entsprechende Bolzen nachzuschweißen. Es wird deshalb empfohlen, bei einer Schweißverfahrensprüfung eine ausreichende Anzahl von Ersatzbolzen vorzusehen.

Erfüllen mehr als ein Bolzen oder einer der beiden Ersatzbolzen die Anforderungen nicht, so gilt die Prüfung als nicht bestanden.

10.2.8 Geltungsbereich

10.2.8.1 Allgemeines

Alle nachfolgend genannten Bedingungen für die Gültigkeit sind unabhängig voneinander zu erfüllen. Änderungen außerhalb der festgelegten Bereiche erfordern eine neue Schweißverfahrensprüfung.

Die Geltungsdauer der Schweißanweisung ist unbegrenzt, solange keine für die Qualität entscheidenden Änderungen vorgenommen werden und ein Fertigungsbuch nach 14.6 geführt wird.

Da jedoch das Ergebnis der Bolzenschweißung nicht nur vom Einhalten der Schweißanweisung abhängig ist, sondern auch z. B. die Fertigkeiten/Erfahrung des Bedieners für die Schweißqualität entscheidend sind, muss mindestens einmal pro Jahr eine Arbeitsprüfung nach 14.2 durchgeführt werden. Dafür darf ein beliebiger Bolzendurchmesser innerhalb des Geltungsbereiches gewählt werden.

Bei Fertigungsunterbrechungen von mehr als einem Jahr muss vor Wiederaufnahme der Fertigung die Gültigkeit der Schweißanweisung durch eine Arbeitsprüfung bestätigt werden. Die Qualifikation nach 10.3.2. bleibt gültig, sofern die Schweißparameter nicht geändert werden.

10.2.8.2 Bezogen auf den Hersteller

Die Qualifizierung einer pWPS, die ein Hersteller erlangt hat, gilt für das Schweißen in Werkstätten und auf Baustellen, die der gleichen technischen qualitativen Überwachung dieses Herstellers unterstehen.

10.2.8.3 Bezogen auf den Schweißprozess

Die Qualifizierung ist nur für den Schweißprozess gültig, der bei der Schweißverfahrensprüfung verwendet wurde.

10.2.8.4 Bezogen auf die Schweißparameter

Die Qualifikation bleibt gültig bei Änderungen der Schweißparameter innerhalb des vom Lieferanten der Einrichtung empfohlenen Bereiches.

10.2.8.5 Bezogen auf den Grundwerkstoff

Eine Schweißverfahrensprüfung, die an einem Stahl einer Werkstoffgruppe nach ISO/TR 15608 durchgeführt wurde, schließt die Stähle dieser Werkstoffgruppe mit niedrigerer Streckgrenze als auch die niedriger legierten Stähle der gleichen Werkstoffgruppe ein, dies gilt für die absichtlich zugefügten Elemente, aber nicht für die zufälligen Verunreinigungen. Werkstoffgruppe 8 oder 10 nach ISO/TR 15608 schließt die Werkstoffgruppen 1 und 2 ein und umgekehrt, Werkstoffgruppe 21 schließt Werkstoffgruppe 22 ein und umgekehrt.

10.2.8.6 Bolzenwerkstoff

Schweißverfahrensprüfungen gelten für alle Werkstoffe der gleichen Werkstoffgruppe nach ISO/TR 15608 mit folgender Ergänzung.

- a) Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen bis 13 mm Durchmesser schließen die Werkstoffgruppen 8 oder 10 die Werkstoffgruppen 1 und 2.1 ein und umgekehrt.
- b) Beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen schließt die Werkstoffgruppe 8 die Werkstoffgruppen 1 bis 6 und 11.1 ein und umgekehrt.
- c) Werkstoffgruppe 21 schließt Werkstoffgruppe 22 ein und umgekehrt.

10.2.8.7 Dicke des Grundwerkstoffes

Nach den Empfehlungen der Tabelle A.1 schließt die bei der Schweißverfahrensprüfung benutzte Werkstoffdicke alle Dicken über der in Tabelle A.1 festgelegten Mindestblechdicke ein, vorausgesetzt, die in der Schweißverfahrensprüfung verwendete vorläufige Schweißanweisung (pWPS) ist anwendbar.

Für Werkstoffdicken unter der empfohlenen Mindestblechdicke ist eine neue Schweißverfahrensprüfung notwendig.

10.2.8.8 Deckblechdicke bei Durchschweißtechnik

Bei Durchschweißtechnik schließt eine Qualifikation des dicksten in der Fertigung verwendeten Deckbleches alle dünneren Deckbleche mit ein.

10.2.8.9 Bezogen auf Bolzenquerschnitt und Form

Eine einzelne Schweißverfahrensprüfung gilt für alle Bolzenformen, aber nur für die in der Prüfung benutzte Schweißquerschnittsfläche.

Zwei Schweißverfahrensprüfungen mit verschiedenen Schweißquerschnittsflächen gelten für den Bereich zwischen den Querschnittsflächen und für alle Bolzenformen.

10.2.8.10 Bezogen auf die Schweißposition

Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und beim Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung schließt die Schweißposition PC die Schweißpositionen PE und PA ein, aber nicht umgekehrt. In Schweißposition PC können spezielle Keramikringe benutzt werden. Schweißposition PE schließt Schweißposition PA ein, aber nicht umgekehrt. Die Schweißpositionen beziehen sich auf ISO 6947.

Durchschweißtechnik darf nur in Schweißposition PA ausgeführt werden.

Beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung gilt eine Schweißverfahrensprüfung, die in einer beliebigen Schweißposition durchgeführt wurde, für das Schweißen in allen Schweißpositionen.

10.2.8.11 Bezogen auf die Schweißeinrichtung

Bei einem Wechsel des Pistolen- oder Schweißkopftyps und/oder des Schweißstromquellentyps oder des Herstellers der Schweißeinrichtungen ist die Schweißanweisung durch eine Arbeitsprüfung zu überprüfen.

10.2.8.12 Vorwärmung

Schweißanweisungen, die ohne Vorwärmung bei der Schweißverfahrensprüfung qualifiziert worden sind, gelten auch für solche, bei denen Vorwärmung vorgeschrieben ist, aber nicht umgekehrt.

10.3 Vorgezogene Arbeitsprüfung

10.3.1 Vorgezogene Arbeitsprüfung für Werkstattbedingungen

Die allgemeinen Vorgaben nach ISO 15613 sind mit folgenden Ergänzungen und Änderungen zu befolgen:

- a) die Schweißanweisungen, pWPS und WPS, müssen mit Abschnitt 9 der vorliegenden Norm übereinstimmen;
- b) die eigentliche Fertigung muss durch ein geeignetes System zur Prozessüberwachung kontrolliert werden;
- c) die Anzahl der geprüften Bolzen (gefertigte Teile) muss die Anforderungen nach 10.2.4 erfüllen, wenn dies möglich ist;
- d) die Qualifizierung gilt nur für die gleiche Einrichtung, die gleiche Sorte und Dicke des Grundwerkstoffes und den gleichen Bolzendurchmesser wie bei der vorgezogene Arbeitsprüfung verwendet.

10.3.2 Prüfung durch vorgezogene Arbeitsprüfung für das Bolzenschweißen unter Baustellenbedingungen (für Durchschweißtechnik)

Diese Prüfung muss bei Bauwerken mit vorwiegend ruhender Belastung ausgeführt werden. Sie ist anwendbar für eine einzelne Baustelle unter den gegebenen Bedingungen:

- a) die Schweißanweisungen, pWPS und WPS, müssen mit Abschnitt 9 der vorliegenden Norm übereinstimmen;
- b) mindestens 10 Bolzen müssen geschweißt werden;
- c) Sichtprüfung muss an allen Bolzen durchgeführt werden;
- d) Biegeprüfung (30°) muss an allen Bolzen durchgeführt werden.

Die Schweißparameter und die Gegebenheiten auf der Baustelle müssen im Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens, WPQR (siehe Anhang D), oder in einem Prüfbericht (siehe Anhang F) aufgezeichnet werden. Die Einflüsse von Kabellänge, Kabelquerschnitt und Umgebungsbedingungen müssen berücksichtigt werden.

Geschweißte Bolzen, an denen eine Biegeprüfung durchgeführt wurde, dürfen nicht zurückgebogen werden.

10.4 Vorliegende Erfahrung

Die allgemeinen Vorgaben nach ISO 15611 sind mit folgenden Ergänzungen und Änderungen zu befolgen:

- a) die Schweißanweisungen, pWPS und WPS, müssen mit Abschnitt 9 der vorliegenden Norm übereinstimmen;
- b) die frühere Fertigung, auf der die Erfahrung beruht, muss durch ein geeignetes System zur Prozessüberwachung kontrolliert worden sein und eine statistische Vertrauensbasis liefern, die im Einklang steht mit der zukünftigen Anwendung des Schweißverfahrens, das zugelassen werden soll;
- c) die Qualifizierung gilt nur für die gleiche Einrichtung, die gleiche Sorte und Dicke des Grundwerkstoffes und den gleichen Bolzendurchmesser wie bei der Fertigung, auf der die Erfahrung basiert.

Der Rückgriff auf vorliegende Erfahrung anstelle von Schweißverfahrensprüfungen ist nicht zulässig für Stahlschweißungen mit Standard- oder umfassenden Qualitätsanforderungen (siehe Anhang B).

10.5 Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR)

Der Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) ist eine Darstellung der Beurteilungsergebnisse eines jeden Prüfstückes, einschließlich der Ersatzprüfung. Die zutreffenden Merkmale für die WPS, die in Abschnitt 9 dieser Norm genannt sind, einschließlich der Einzelheiten jener Merkmale, die nach Abschnitt 11 zu verwerfen sind, müssen enthalten sein. Falls keine zu verwerfenden Merkmale oder keine unannehmbaren Prüfergebnisse gefunden werden, ist eine WPQR mit ausführlicher Beschreibung der Prüfungsergebnisse der Schweißverfahrensprüfung qualifiziert und einschließlich des Datums vom Prüfer oder von der Prüfstelle zu unterschreiben.

Es darf ein WPQR-Vordruck nach Anhang D oder Anhang E benutzt werden, um Einzelheiten des Schweißverfahrens und der Prüfergebnisse wiederzugeben sowie eine gleichartige Darstellung und Beurteilung der Angaben zu erleichtern.

11 Untersuchung und Prüfung

11.1 Allgemeines

Die in 11.2 bis 11.7 beschriebenen Methoden eignen sich zur Untersuchung und Prüfung von Bolzenschweißungen. Prüfungen müssen je nach der Anwendung ausgewählt werden.

In bestimmten Anwendungsgebieten des Bolzenschweißens, z. B. bei Kesselbestiftungen, im Schiffbau oder Reaktorbau, können durch Anwendungsnormen oder Spezifikationen zusätzliche Prüfungen (z. B. Härteprüfungen oder Ultraschallprüfungen) gefordert werden.

11.2 Sichtprüfung

Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung wird die Sichtprüfung, soweit dies für die Anwendung geeignet ist, zur Beurteilung herangezogen von:

- Gleichmäßigkeit der Form des Schweißwulstes, seine Größe und Oberflächenfarbe (Richtwerte für das Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring sind in ISO 13918 genannt), und
- Lage, Länge und Winkelstellung des geschweißten Bolzens.

Beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung wird mit der Sichtprüfung die Gleichmäßigkeit des Spritzerkranzes untersucht.

11.3 Biegeprüfung

Die Prüfung dient als einfache Arbeitsprobe zur überschlägigen Kontrolle der gewählten Schweißdaten. Die Schweißverbindung wird dabei undefiniert auf Biegung beansprucht. Bei Verdacht auf Blaswirkung oder bei anderen sichtbaren Unregelmäßigkeiten muss der Bolzen so gebogen werden, dass dieser Bereich in der Zugzone liegt. Dies kann mit einer der beiden folgenden Methoden ausgeführt werden. Kopfbolzen, die schon gebogen wurden, dürfen nicht wieder begradigt werden. Sollte der Biegewinkel 30° nicht überschreiten ist die Schubfestigkeit nicht wesentlich reduziert.

- Die Bolzen werden um 60° gebogen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Anwendungen $\leq 100^\circ\text{C}$ und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung, um 30° beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung oder beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung oder beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Anwendungen $> 100^\circ\text{C}$ (siehe Bild 2). Bei Bolzen mit rechteckigem Schweißquerschnitt muss die Biegung um die schwache Achse erfolgen. Bei Bolzen mit zwei Enden (z. B. Wellanker) müssen beide Arme um den festgelegten Winkel gebogen werden, aber in verschiedene Richtungen (siehe Bild 1).

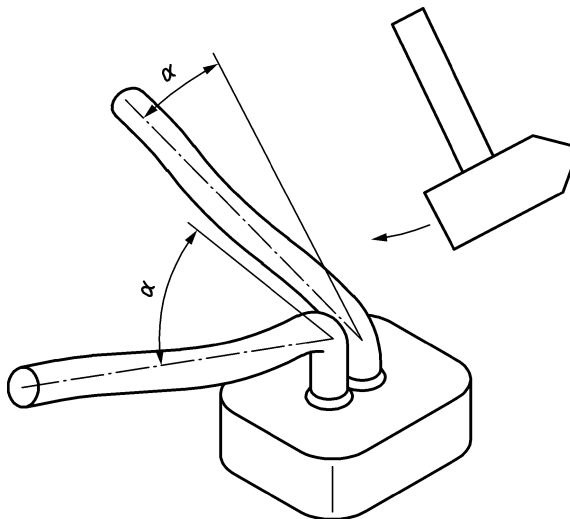
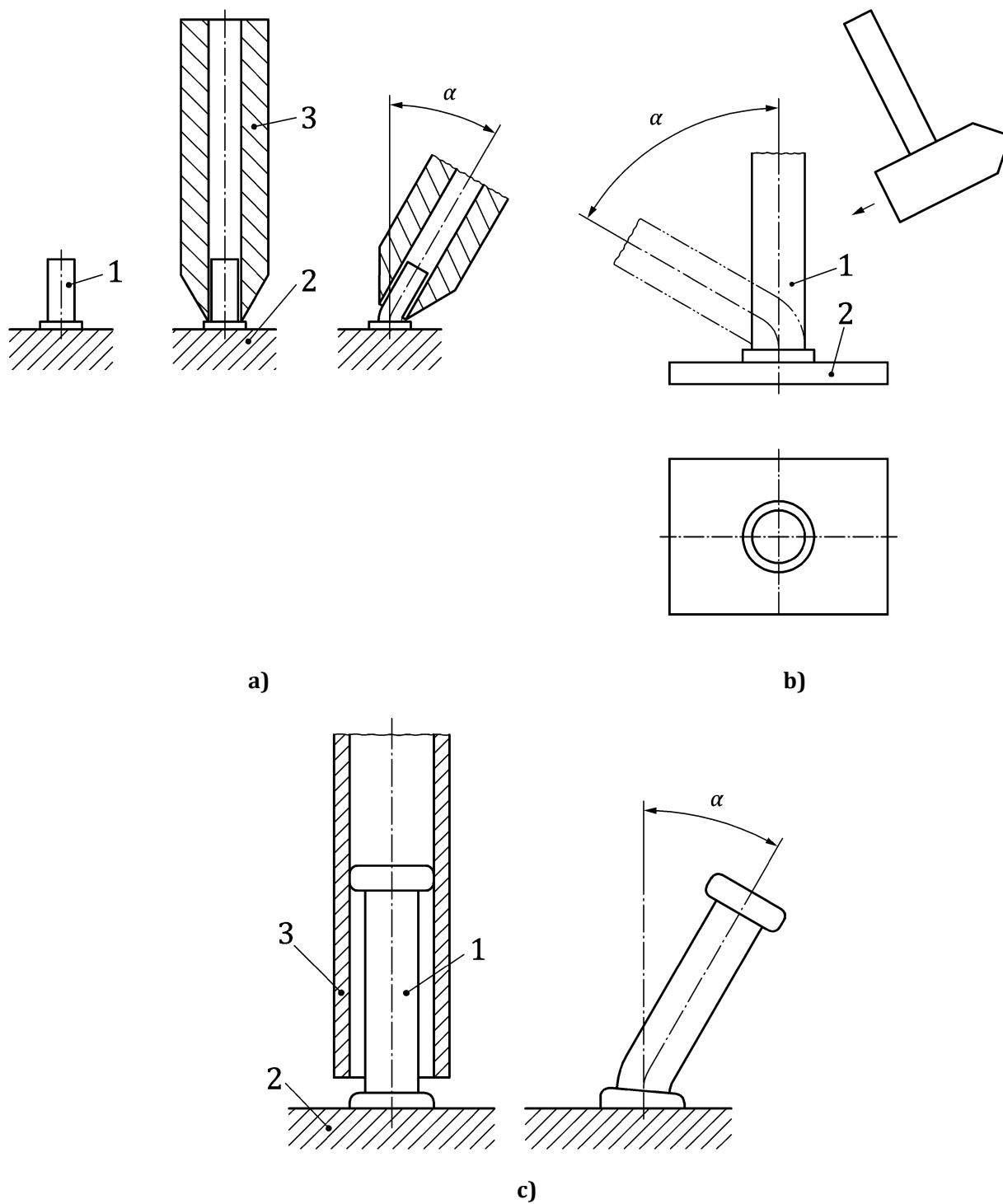


Bild 1 — Biegeprüfung der Arme bei Bolzen mit zwei Enden

- Die Bolzen werden durch ein Biegemoment unterhalb der Elastizitätsgrenze beansprucht (siehe Bild 1).

ANMERKUNG Tabelle 4 nennt Biegemomente für Kesselstifte bei Anwendungen $> 100^\circ\text{C}$.

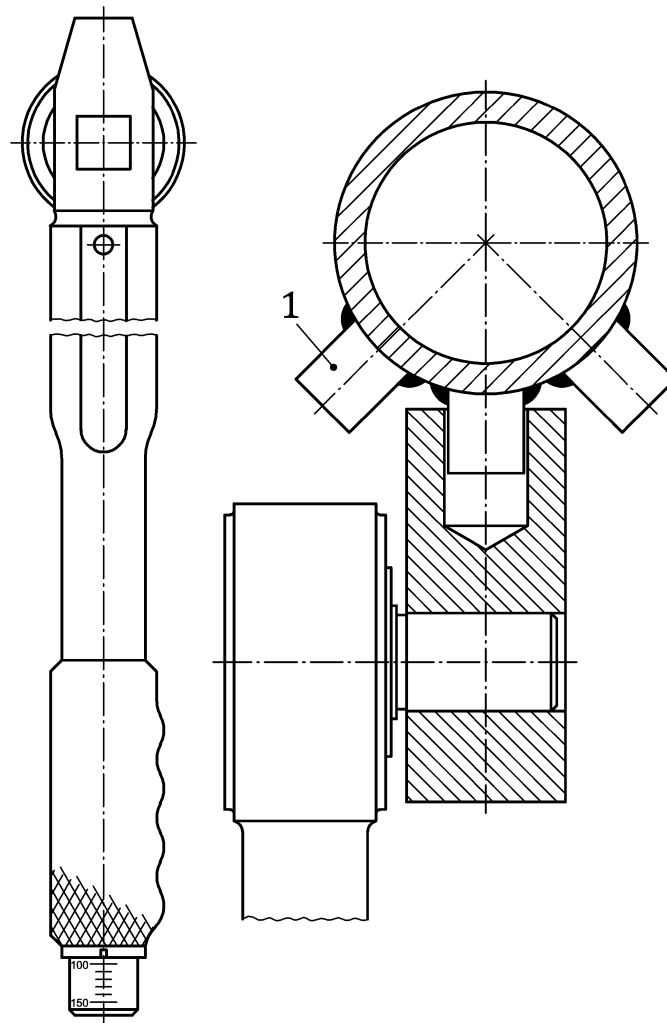


Legende

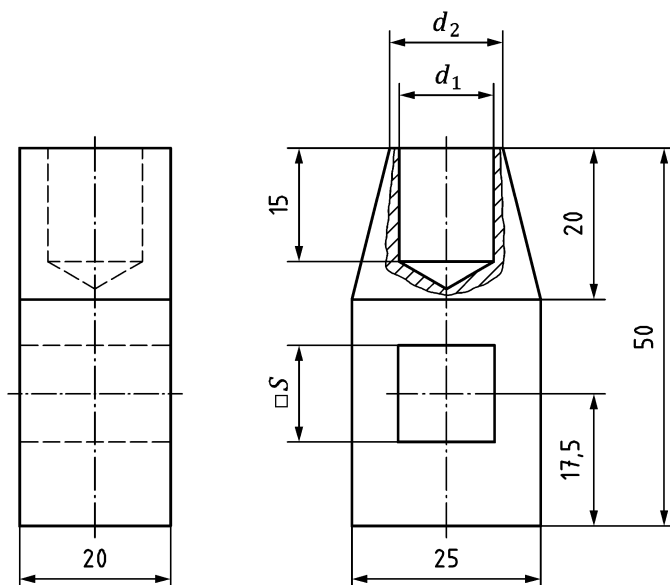
- 1 Bolzen
- 2 Werkstück
- 3 Werkzeug
- α Biegewinkel

Bild 2 — Beispiele für Biegeprüfungen

Maße in Millimeter



a) Drehmomentschlüssel für Biegeprüfung



b) Prüfwerkzeug für Biegeprüfung

Legende

- 1 Bolzen
- d_1 Bolzendurchmesser + 0,3 mm
- d_2 Werkzeugdurchmesser
- S Abmessung der Aufnahme

ANMERKUNG 1 Der Werkzeugdurchmesser kann großzügig vom Hersteller gewählt werden, in Abhängigkeit von den Bolzenabständen.

ANMERKUNG 2 Die Abmessung der Aufnahme ist abhängig vom Werkzeug.

Bild 3 — Beispiel einer Biegeprüfung mittels Drehmomentschlüssel

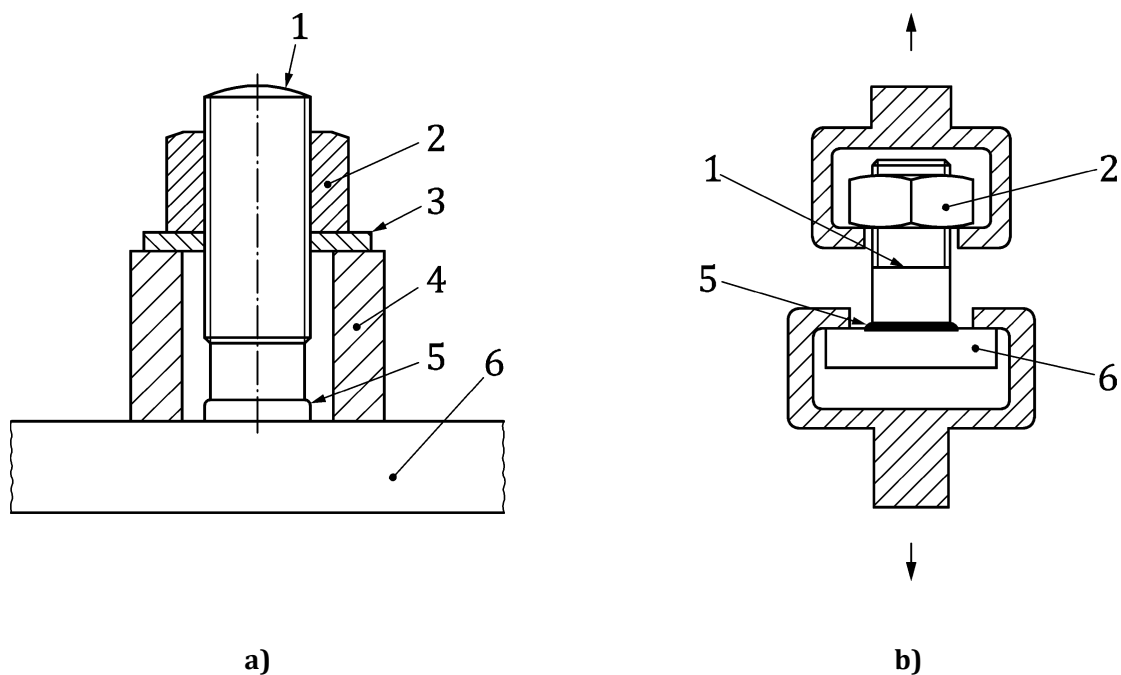
Tabelle 4 — Biegemomente in Abhängigkeit vom Bolzendurchmesser (nur für Kesselstifte anzuwenden)

Bolzendurchmesser d mm	Biegemoment Nm
8	40
10	60
12	85

Die Annahmekriterien in 12.3 müssen erfüllt sein, sofern nicht anders festgelegt.

11.4 Zugprüfung

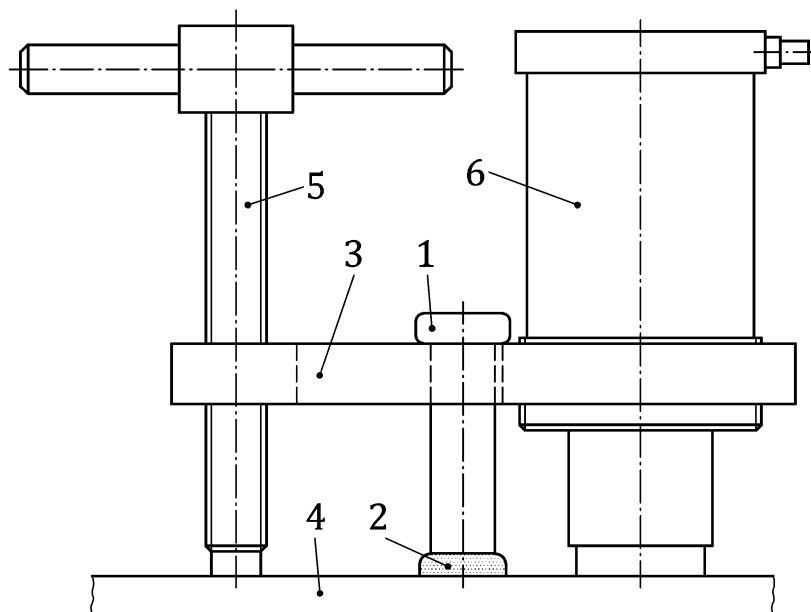
Mithilfe einer geeigneten Zugvorrichtung (siehe Bilder 4 und 5) werden die geschweißten Bolzen axial bis zum Bruch gezogen. Die Prüfung wird nur bei Bolzen für den Bereich $\leq 100\text{ °C}$ angewandt.



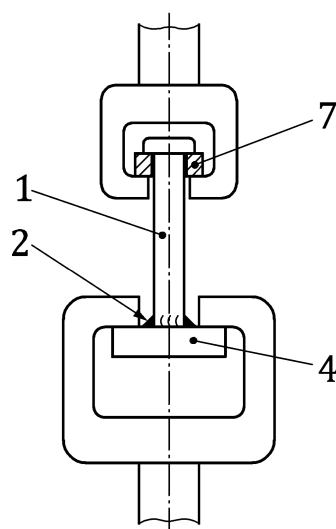
Legende

- 1 Bolzen
- 2 Stahlmutter
- 3 Unterlegscheibe
- 4 Zwischenstück
- 5 Schweißwulst
- 6 Werkstück

Bild 4 — Beispiele für Zugprüfungen bei Gewindebolzen



a)



b)

Legende

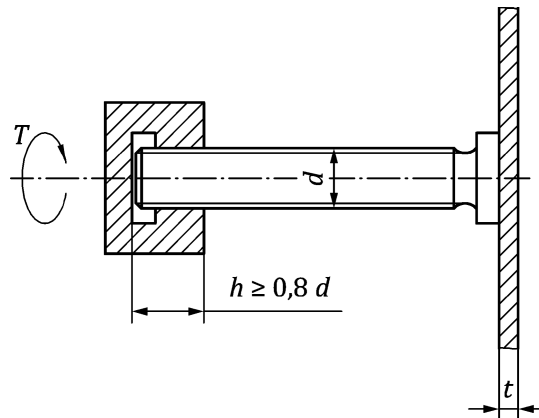
- 1 Bolzen (Kopfbolzen)
- 2 Schweißwulst
- 3 Brücke
- 4 Werkstück
- 5 Schraube zum Ausrichten
- 6 Hydraulikzylinder
- 7 Unterlegscheibe

ANMERKUNG Für die Unterlegscheibe ist eine von Härte 40 HRC bis 55 HRC erforderlich.

Bild 5 — Beispiele für Zugprüfungen bei Kopfbolzen

11.5 Drehmomentprüfung

Auf eine vollständig auf den Bolzen geschraubte Hutmutter wird ein Drehmoment T aufgebracht und so die Festigkeit der Schweißung ermittelt (siehe Bild 6).



Legende

d Bolzendurchmesser
 h Länge des Muttergewindes
 t Blechdicke
 T Drehmoment

ANMERKUNG In Tabelle 5 sind die Mindestwerte für das geforderte Drehmoment für unlegierten Baustahl enthalten.

Bild 6 — Beispiel für eine Drehmomentprüfung

Tabelle 5 — Mindestwerte des geforderten Drehmomentes für unlegierten Baustahl

Mindestblechdicke t mm	Bolzendurchmesser d	Drehmoment T Nm
0,7	M3	1,2
	M4	3
	M5	6
	M6	9
1,5	M8	24
	M10	46
	M12	80

11.6 Makroschliff

Der Makroschliff dient zur Beurteilung der Form und Tiefe des Einbrandes und von Unregelmäßigkeiten. Die Bewertung darf mit höchstens 10-facher Vergrößerung erfolgen.

Ein Makroschliff wird nur bei den Schweißprozessen Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung gefordert. Für die Probe darf ein Bolzen, der die Biegeprüfung bestanden hat, gewählt werden.

11.7 Durchstrahlungsprüfung

Die Durchstrahlungsprüfung dient zur Prüfung der Schweißzone auf innere Unregelmäßigkeiten. Eine Durchstrahlungsprüfung wird nur für den Schweißprozess Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas über $d > 12$ mm bei Anwendungen ≤ 100 °C gefordert, wenn Zugprüfungen nicht durchgeführt werden.

Die Bolzen müssen unmittelbar oberhalb des Wulstes abgetrennt werden.

Die Durchstrahlung ist nach ISO 17636, Klasse B, durchzuführen. Unregelmäßigkeiten dürfen die in 12.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

11.8 Klangprobe

Die Klangprobe dient als Arbeitsprüfung für überwiegend ruhend beanspruchte Kopfbolzen in Bauwerken. Die Klangprobe ist nur zulässig bei Bolzenschweißungen, die in Übereinstimmung mit 10.3.2 qualifiziert wurden.

Der Kopf des Kopfbolzen wird mit einem Hammer mit einer Masse von 0,9 kg bis 2 kg angeschlagen. Der Hammerkopf muss aus einem Schwingwinkel von 20° bis 30° frei fallen.

ANMERKUNG Die Ausführung und Bewertung der Prüfung erfordert ausreichende Erfahrung.

12 Annahmekriterien

12.1 Allgemeines

Die Schweißzonen müssen frei von Unregelmäßigkeiten sein, mit Ausnahme von solchen, die bei den verschiedenen Prüfungen und Untersuchungen als zulässig anzusehen sind.

Die Annahmekriterien müssen, wenn in Anwendungsnormen oder Spezifikationen nicht anders festgelegt, mit 12.2 bis 12.8 übereinstimmen.

Bei elementaren Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-4 müssen die zulässigen Unregelmäßigkeiten festgelegt werden.

Bei umfassenden Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2 darf die gesamte Fehlerfläche 5 % der Fläche der Schweißzone nicht überschreiten.

Bei Standard-Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-3 darf die gesamte Fehlerfläche 10 % der Fläche der Schweißzone nicht überschreiten.

12.2 Annahmekriterien für die Sichtprüfung

Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung sind die in Tabelle A.5, Nr. 2 bis Nr. 5, und Tabelle A.6, Nr. 2 und Nr. 5, gezeigten Unregelmäßigkeiten nicht zulässig.

Beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung sind die in Tabelle A.7, Nr. 2 bis Nr. 4, gezeigten Unregelmäßigkeiten nicht zulässig.

12.3 Annahmekriterien für die Biegeprüfung

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn beim Biegen um den geforderten Biegewinkel keine Risse in der Schweißzone festgestellt werden.

Tritt ein Bruch verformungsarm in der Wärmeeinflusszone auf, so sind die Werkstoffe auf Schweißseignung zu überprüfen (z. B. Härteneigung).

Wenn eine ungleichmäßige Verformung aufgrund der Bolzengeometrie zu erwarten ist, z. B. bei Bolzen mit reduzierter Spitze, oder wenn eine Biegung bis zum genannten Winkel nicht möglich ist, z. B. bei im Verhältnis zur Länge kurzen Bolzen, bei Zweistoffbolzen und bei Bolzen mit Streckgrenze oberhalb 355 N/mm², muss die Schweißseignung auf andere Weise nachgewiesen werden. Eine ausreichende plastische Verformung muss erreicht werden.

12.4 Annahmekriterien für die Zugprüfung

Bei umfassenden Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2 ist ein Bruch in der Schweißzone nicht zulässig.

Bei Standard-Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-3 sind Brüche in der Schweißzone nur zulässig, wenn die Mindestzugfestigkeit des Bolzenwerkstoffes erreicht wird. Unregelmäßigkeiten in der Bruchfläche dürfen die in 12.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Bei Flanschbolzen nach ISO 13918 und den Schweißprozessen Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung sind Brüche in der Schweißzone zulässig, wenn die unverschweißte Fläche 35 % der Flanschfläche nicht übersteigt und die Mindestzugfestigkeit des Bolzenwerkstoffes erreicht wird.

Bei der Verfahrensprüfung ist für das Hubzündungsbolzenschweißen ein Ausknöpfen des Grundmaterials nicht zulässig. Daher wird eine ausreichende Dicke des Prüfstückes empfohlen.

ANMERKUNG Eine ungenügende Schweißqualität würde beim Ausknöpfen eines dünnen Prüfstückes nicht erkannt werden.

12.5 Annahmekriterien für die Drehmomentprüfung

Das geforderte Drehmoment muss ohne Bruch in der Schweißzone erreicht werden.

12.6 Annahmekriterien für den Makroschliff

Die Gesamtlänge aller sichtbaren Unregelmäßigkeiten darf 20 % der sichtbaren Breite der Schweißzone nicht überschreiten. Eine Unterschneidung von nicht größer als 5 % der sichtbaren Breite der Schweißzone ist auf einer Seite der Probe zulässig, sofern die Biegeprüfung in derselben Prüfung bestanden wurde. Unregelmäßigkeiten mit einer Ausdehnung $\leq 0,5$ mm werden nicht gewertet, sofern der Abstand zwischen den einzelnen Unregelmäßigkeiten mindestens 0,5 mm beträgt.

Bei Anwendungen > 100 °C muss eine ausreichende Verschweißung zwischen Bolzen und Rohrwerkstoff (druckbeansprucht) erreicht werden, wobei die nicht aufgeschmolzene Rohrwanddicke mindestens 2 mm betragen muss. Bei Unterschreitung dieses Wertes müssen die vorliegenden Bedingungen rechnerisch nachgewiesen werden.

12.7 Annahmekriterien für die Durchstrahlungsprüfung

Unregelmäßigkeiten dürfen die in 12.1 festgelegten Werte nicht überschreiten.

12.8 Annahmekriterien für die Klangprobe

Ein hell tönender Klang zeigt typischerweise einwandfreie Eigenschaften der Verbindungszone an. Dagegen deutet ein dumpfer Klang mögliche Unregelmäßigkeiten in der Verbindungszone an.

12.9 Annahmekriterien für zusätzliche Prüfungen

Annahmekriterien für zusätzliche Prüfungen müssen festgelegt werden. Für die Bewertung müssen die Besonderheiten des Bolzenschweißprozesses berücksichtigt werden.

BEISPIEL Bei der Härteprüfung sind höhere Werte als in ISO 15614-1:2004, Tabelle 2, zulässig.

13 Ausführung

Oberflächen, auf denen geschweißt werden soll, müssen trocken und kondenswasserfrei sein. Bei einer zu erwartenden schnellen Abkühlung kann geeignete Vorwärmung erforderlich sein.

Je nach Schweißprozess werden Keramikringe und/oder Schutzgase zum Schutz oder zur Konzentration des Lichtbogens verwendet. Die Keramikringe müssen zum Bolzendurchmesser und zum Bolzentyp passen. Folgende Punkte sind zu beachten:

- a) die Keramikringe müssen trocken gelagert werden;
- b) Keramikringe, die einmal nass geworden sind, dürfen nicht verwendet;
- c) der Keramikring muss auf den Grundwerkstoff gedrückt werden;
- d) der Keramikring muss in Bezug auf den Bolzen zentriert sein.

ANMERKUNG Schiefstellungen oder ungleichmäßiger Kontakt des Keramikringes am Bolzen führt zu ungleichmäßigem Schweißwulst und kann das Eintauchen behindern.

In Sonderfällen (Bolzenschweißen mit Hubzündung von Aluminium und seinen Legierungen oder CrNi-Stähle) kann die Verwendung von Schutzgasen erforderlich sein. Im Prinzip kann der Keramikring durch Schutzgas ersetzt werden (Einschränkungen siehe Tabelle A.1). Das Gas wird einer Einrichtung zugeführt, die eine gleichmäßige Abschirmung ohne Turbulenz sicherstellen muss. Folgende Punkte sind auch zu beachten:

- auf der Bolzenseite sollte der Gasstrom abgedichtet werden;
- das Gas muss die Atmosphäre vor Schweißbeginn verdrängen, deshalb ist eine definierte Vorströmzeit einzuhalten;
- beim Schweißen von Aluminium ist eine besonders gute Gasabschirmung notwendig.

14 Prozessüberwachung

14.1 Allgemeines

Zur Qualitätssicherung sind je nach Bolzenschweißprozess und Anwendungsbereich verschiedene Qualitätsanforderungen zu erfüllen (siehe Anhang B). Dazu sind vor, während und nach der Fertigung Prüfungen durchzuführen. Bei den Prüfungen wird unterschieden zwischen:

- a) Arbeitsprüfung;
- b) vereinfachter Arbeitsprüfung;
- c) Fertigungsüberwachung.

Diese Prüfungen können an Teilen der tatsächlichen Fertigung oder an besonderen Prüfstücken durchgeführt werden. Die Prüfstücke müssen den Bedingungen der Fertigung entsprechen.

14.2 Arbeitsprüfung

14.2.1 Allgemeines

Arbeitsprüfungen sind durch den Hersteller vor Beginn der Schweißarbeiten an einer Konstruktion oder einer Gruppe gleichartiger Konstruktionen und/oder nach einer bestimmten Anzahl von Schweißungen durchzuführen. Diese Anzahl ist aus der zutreffenden Anwendungsnorm zu entnehmen oder muss in einer Spezifikation festgelegt sein.

Die Arbeitsprüfung beschränkt sich auf den verwendeten Bolzendurchmesser, Grundwerkstoff und Gerätetyp. Für Bolzenschweißarbeiten, die nach 10.3.2 qualifiziert wurden, ist keine Arbeitsprüfung erforderlich.

14.2.2 Arbeitsprüfung beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Es sind mindestens 10 Bolzen zu schweißen. Für Einstellversuche und gegebenenfalls Ersatzproben sollte eine ausreichende Zahl zusätzlicher Bolzen am Prüfstück vorgesehen werden. Die folgenden Untersuchungen und Prüfungen sind durchzuführen:

- a) Sichtprüfung (alle Bolzen);
- b) Biegeprüfung (fünf Bolzen);
- c) Makroschliff an zwei verschiedenen Bolzen (jeweils um 90° versetzt durch die Bolzenmitte), nur für Bolzen > 12 mm anwendbar.

ANMERKUNG Beim Kurzzeit-Bolzenschweißen können die Makroschliffe durch Drehmomentprüfungen ersetzt werden (fünf Bolzen).

Die Untersuchungen und Prüfungen sind durchzuführen und zu bewerten nach Abschnitt 11. Die Ergebnisse der Arbeitsprüfung sind zu dokumentieren (siehe Anhang F).

14.2.3 Arbeitsprüfung beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Es sind mindestens 10 Bolzen zu schweißen. Für Einstellversuche und gegebenenfalls Ersatzproben sollte eine ausreichende Zahl zusätzlicher Bolzen am Prüfstück vorgesehen werden. Die folgenden Untersuchungen und Prüfungen sind durchzuführen:

- a) Sichtprüfung (alle Bolzen);
- b) Zugprüfung (drei Bolzen);
- c) Biegeprüfung (fünf Bolzen).

Die Untersuchungen und Prüfungen werden nach Abschnitt 11 durchgeführt und bewertet. Die Ergebnisse der Arbeitsprüfung sind zu dokumentieren (siehe Anhang G).

14.3 Vereinfachte Arbeitsprüfung

Die vereinfachten Arbeitsprüfungen sind vor Schichtbeginn vom Hersteller durchzuführen. Sie können auch nach einer bestimmten Anzahl von Schweißungen durch Festlegungen in der zutreffenden Anwendungsnorm oder Spezifikation gefordert werden.

Die vereinfachte Arbeitsprüfung dient zur Kontrolle der richtigen Geräteeinstellung, einschließlich der richtigen Arbeitsweise der Geräte. Dabei sind drei Bolzen zu schweißen. Die vereinfachten Arbeitsprüfungen können mindestens folgende Prüfungen und Untersuchungen umfassen:

- a) Sichtprüfung (alle Bolzen);
- b) Biegeprüfung (alle Bolzen).

Die Untersuchungen und Prüfungen werden nach Abschnitt 11 durchgeführt und bewertet. Die Ergebnisse der vereinfachten Arbeitsprüfung sind zu dokumentieren.

14.4 Wiederholungsprüfung bei der Arbeitsprüfung oder der vereinfachten Arbeitsprüfung

Erfüllt ein Bolzen von allen Bolzen die Anforderungen nicht, so können zwei gleichartige Ersatzbolzen aus dem zugehörigen Prüfstück entnommen werden. Ist dies nicht möglich, sind entsprechende Bolzen zusätzlich zu schweißen.

ANMERKUNG Es wird deshalb empfohlen, eine ausreichende Zahl zusätzlicher Bolzen bei der Arbeitsprüfung vorzusehen.

Erfüllt einer der zusätzlichen Bolzen nicht die Anforderungen, so ist die Arbeitsprüfung nach Beseitigung der Fehlerursache (siehe 14.7) zu wiederholen.

14.5 Fertigungsüberwachung

14.5.1 Sichtprüfung

Als laufende Fertigungsüberwachung genügt im Allgemeinen die Sichtprüfung. Dabei sind alle Schweißungen zu erfassen.

14.5.2 Kontrolle der Schweißparameter

Die wichtigen Schweißparameter müssen regelmäßig überprüft werden.

ANMERKUNG Sie können mit einem geeigneten Gerät aufgezeichnet werden.

14.5.3 Andere Untersuchungen und Prüfungen

Bei entsprechender Festlegung in der Anwendungsnorm oder Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien darf die Fertigungsüberwachung durch zerstörungsfreie Prüfung ergänzt werden. Dazu eignen sich folgende Arbeitsweisen:

- a) Kontrolle der Abschmelzlänge;
- b) Zugprüfung, Biegeprüfung, Drehmomentprüfung mit Belastung unterhalb der Streckgrenze.

14.5.4 Fertigungsüberwachung beim Hubzündungsbolzenschweißen mit Keramikring und Qualifikation nach 10.3.2

Eine Biegeprüfung (15°) ist an mehr als 5 % der Bolzen oder an mindestens zwei Bolzen pro Träger durchzuführen, der höhere Wert ist entscheidend.

Die folgenden Untersuchungen und Prüfungen sind an allen Bolzen durchzuführen:

- a) Sichtprüfung nach 11.2;
- b) Klangprobe nach 11.8.

14.6 Fertigungsbuch

Der Hersteller führt ein Fertigungsbuch über die Überwachung der Fertigung, das die Ergebnisse der Arbeitsprüfung, vereinfachten Arbeitsprüfung und der Fertigungsüberwachung enthält. Je Bolzenschweißprozess ist ein gesondertes Fertigungsbuch vom Hersteller zu führen. Das Fertigungsbuch ist mit den Prüfergebnissen aller Prüfungen verfügbar zu halten. Anhang H zeigt ein Vordruckmuster, das gegebenenfalls benutzt werden sollte.

14.7 Mangelnde Übereinstimmung und Korrekturmaßnahmen

Besteht Verdacht auf mangelhafte Schweißung, z. B. Porenbildung, Wulst nicht geschlossen oder ungleichmäßig, unzulässiges Ergebnis der Klangprobe oder ist die Bolzenlänge außerhalb der Festlegung, so ist eine Biegeprüfung (15°) oder ein Zugversuch (begrenzt auf die rechnerische Belastung) an diesem Bolzen durchzuführen. Erfüllt die Bolzenschweißung dabei nicht die Anforderungen, so sind drei Schweißungen, die vor und gegebenenfalls nach der mangelhaften Schweißung hergestellt wurden, ebenfalls Biege- oder Zugprüfungen zu unterziehen.

Wenn einer dieser Bolzen ebenfalls nicht die Anforderungen der Prüfung erfüllt, müssen Korrekturmaßnahmen an allen Bolzen am gleichen Werkstück durchgeführt werden.

Mangelhafte Bolzenschweißungen müssen ausgebessert werden, entweder durch Entfernen des fehlerhaften Bolzens, wenn erforderlich, und ein Neuschweißen, oder durch Ausbessern mit einem geeigneten Schweißprozess. In Einzelfällen dürfen Bolzenschweißprozesse durch andere geeignete Schweißprozesse ersetzt werden. In Abhängigkeit vom Bolzendurchmesser ist dabei eine rechnerisch zu bestimmende Kehlnahthöhe zu erreichen.

ANMERKUNG Fehlerhafte Bolzen brauchen nicht unbedingt entfernt werden. Sie können durch zusätzliche Bolzen ersetzt werden.

Alternative Schweißprozesse müssen nach ISO 15613 qualifiziert und die Schweißer nach ISO 9606-1 oder ISO 9606-2 geprüft sein.

Alle ausgebesserten oder ersetzten Bolzen müssen in Übereinstimmung mit den Festlegungen geprüft werden.

Zusätzlich müssen Maßnahmen ergriffen werden, damit Bedingungen, die die Bolzenschweißung nachteilig beeinflussen, ermittelt und ausgeglichen werden.

14.8 Kalibrierung der Mess- und Prüfeinrichtungen

Bei einem umfassenden Qualitätssicherungssystem nach ISO 3834-2 ist der Hersteller für eine geeignete Kalibrierung der Abnahme-, Mess- und Prüfeinrichtungen verantwortlich. Alle Einrichtungen sind zweckentsprechend zu überwachen und in festgelegten Zeitabständen zu kalibrieren (siehe ISO 17662). Siehe auch Anhang B.

ANMERKUNG Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen gilt dies besonders für die Stromstärke- und Schweißzeitmessung.

Anhang A (informativ)

Durchführung des Bolzenschweißens

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang gibt allgemeine Hinweise für die einwandfreie Fertigung und Überwachung beim Bolzenschweißen.

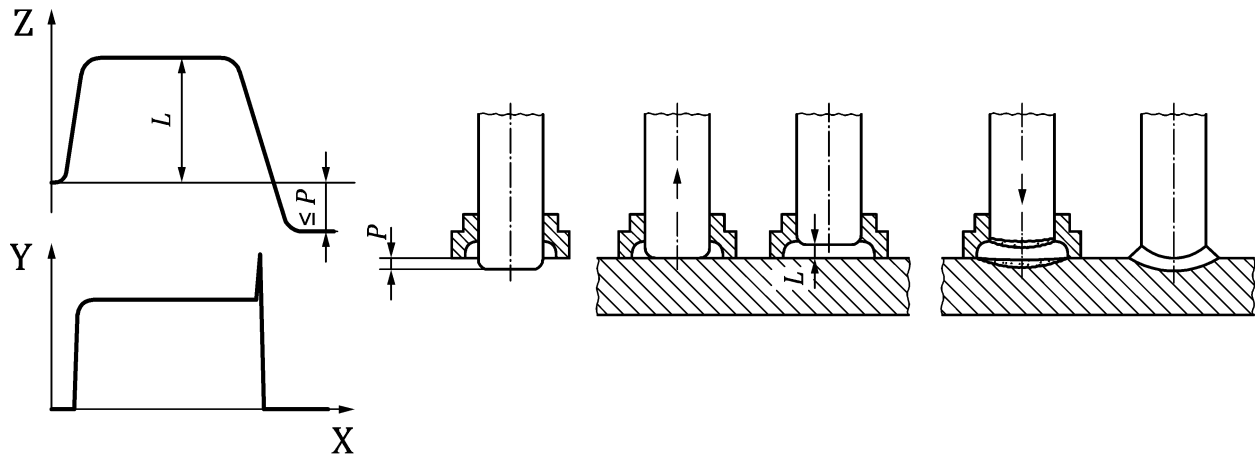
Beim Bolzenschweißen wird zwischen der Stirnfläche des Bolzens und dem Werkstück kurzzeitig ein Lichtbogen gezündet, beide Teile werden angeschmolzen und dann gefügt. Nach der Art des Zündvorganges unterscheidet man das Bolzenschweißen mit Hubzündung und das Bolzenschweißen mit Spitzenzündung. Für beide Verfahren sind geeignete Stromquellen, Bewegungsvorrichtungen, Bolzen und Hilfsmittel (z. B. Keramikringe) erforderlich. Das Bolzenschweißen ist gekennzeichnet durch eine sehr kurze Lichtbogenbrennzeit (etwa 0,5 ms bis 3 000 ms) und die damit verbundene hohe Erwärmungs- und Abkühlgeschwindigkeit. Der Durchmesserbereich der Bolzen kann im Allgemeinen bis 10 mm bei Spitzenzündung und bis 25 mm bei der Hubzündung betragen.

A.2 Schweißprozesse

A.2.1 Bolzenschweißen mit Hubzündung

A.2.1.1 Allgemeines

Bolzenschweißen mit Hubzündung kann unter Verwendung von Schweißpistolen oder Schweißköpfen mechanisch oder automatisch ausgeführt werden. Der Bolzen wird in den Bolzenhalter eingeschoben und (wenn nötig, versehen mit einem Keramikring) auf das Werkstück aufgesetzt. Zu Beginn des Schweißprozesses wird der Bolzen durch den Hubmechanismus angehoben, und im Allgemeinen wird zuerst ein Hilfslichtbogen, dann der Hauptlichtbogen zwischen Bolzenspitze und Werkstück gezündet. Die Bolzenstirnfläche und der Grundwerkstoff schmelzen dabei an. Nach Ablauf der Schweißzeit taucht der Bolzen mit geringer Kraft ($< 100\text{ N}$) in das Schmelzbad ein, und die Stromquelle schaltet ab. Anschließend wird der Keramikring entfernt. Den Bewegungsablauf bei Verwendung eines Keramikringes zeigt Bild A.1.



Legende

L	Hub
P	Überstand
X	Zeit
Y	Strom
Z	Bolzenbewegung

Bild A.1 — Die Bolzenbewegung beim Bolzenschweißen mit Hubzündung

A.2.1.2 Verfahren beim Bolzenschweißen mit Hubzündung

Drei Schweißprozessverfahrensvarianten werden unterschieden (siehe Tabelle A.1).

- Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas (783).** Dieser Schweißprozess wird meist im Durchmesserbereich von 3 mm bis 25 mm mit Schweißzeiten von etwa 100 ms bis 3 000 ms eingesetzt. Es wird üblicherweise mit Keramikring ausgeführt und nur in Ausnahmefällen mit Schutzgas oder ohne Schweißbadschutz. Der größte Teil aller Anwendungsfälle bezieht sich auf dieses Verfahren. Die Mindestwerkstückstoffdicke beträgt $0,25 d$ für CF und $0,125 d$ für SG, aber mindestens 1 mm.
- Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung (784).** Eine Schweißzeit von ≤ 100 ms wird verwendet. Diese Variante eignet sich für Bolzen bis 12 mm Durchmesser, sollte aber bei etwa 8 mm bis 12 mm Durchmesser mit Schutzgas ausgeführt werden, um eine verstärkte Porenbildung zu vermeiden. Bei Aluminium muss Schutzgas verwendet werden. Die Schmelzzone ist schmal, die Wärmeeinbringung gering, sodass auch Bolzen bis 12 mm Durchmesser auf dünne Grundwerkstoffe geschweißt werden können. Da das Verfahren bis 9 mm Durchmesser häufig ohne Schweißbadschutz ausgeführt wird, werden dabei in der Regel Bolzen mit angestauchtem Flansch verwendet, die eine größere Schweißfläche als der Bolzenschaftdurchmesser bilden und damit trotz Poren in der Schweißzone eine höhere Zugkraft erreichen als der Bolzenschaft. Die Mindestwerkstückdicke ist $0,125 d$, aber mindestens 0,6 mm.
- Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung (785).** Eine sehr kurze Schweißzeit (< 10 ms) kann durch Verwendung einer Kondensatorentladungsstromquelle erreicht werden. Der Durchmesserbereich geht von 3 mm bis 10 mm. Die Mindestwerkstückdicke beträgt $0,1 d$, aber mindestens etwa 0,5 mm. Der Schweißprozess ähnelt dem Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung, der Spitzenstrom kann aber bis 4 000 A erreichen.

Die Arbeitsbereiche der verschiedenen Prozesse beim Bolzenschweißen mit Hubzündung werden in Tabelle A.1 genannt.

Tabelle A.1 — Arbeitsbereiche der verschiedenen Verfahren beim Bolzenschweißen mit Hubzündung

Schweißprozesse ^a	Schweißzeit t_w ms	Schweißdurchmesser d_w und Schweißpositionen ^b mm	Stromstärke I A	Schweißbadschutz	Mindestwerkstückdicke mm
Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas (783)	> 100	3 bis 25 PA 3 bis 20 PE 3 bis 16 PC	300 bis 3 000	CF	0,25 d , aber mindestens 1 mm ^c
	> 100	3 bis 16 PA 3 bis 8 PC	300 bis 2 000	SG	0,125 d , aber mindestens 1 mm ^c
Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung (784)	< 100	3 bis 12, alle Schweißpositionen	bis 1 800	NP, SG	0,125 d , aber mindestens 0,6 mm ^c
Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung (785)	< 10	3 bis 10, alle Schweißpositionen	bis 4 000 (Spitze)	NP, (SG)	0,1 d , aber mindestens etwa 0,5 mm ^c
^a Nach ISO 4063. ^b Nach ISO 6947. ^c Die Mindestwerkstückdicke vermeidet das Durchbrennen. Andere Anwendungsanforderungen können größere Werkstückdicken fordern.					

Die Bolzenspitzen müssen bei den Verfahren mit hoher elektrischer Leistung (schmale Schmelzzone), beim Kurzzeit-Bolzenschweißen oder beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen der Einbrandform im Werkstück angepasst und flacher ausgeführt werden (z. B. 166° Kegelwinkel).

A.2.1.3 Schweißbadschutz

Nach der Art des Schweißbadschutzes werden verschiedene Arbeitsweisen unterschieden:

a) **Keramikring (CF, en: ceramic ferrule).** Der Keramikring hat verschiedene Aufgaben:

- Schweißbadschutz durch Metaldampfbildung in der Brennkammer bei genügend hohem Strom;
- Konzentration und Stabilisierung des Lichtbogens, dadurch Reduzierung der Blaswirkung;
- Formung des verdrängten Schweißbades zu einem Schweißwulst und Stützung des Schweißbades.

Darüber hinaus schützt er den Schweißer vor Strahlung und Spritzern. Der Keramikring wird nur für eine Schweißung verwendet und nach dem Erstarren der Schmelze entfernt.

b) **Schutzgas (SG, en: shielding gas).** Beim Bolzenschweißen mit Schutzgas wird die Atmosphäre durch ein von außen zugeführtes Schutzgas aus dem Lichtbogenbereich verdrängt. Dadurch wird die Porenbildung wesentlich verringert. Bei Stahl und den meisten anderen Metallen wird meistens ein Mischgas aus Argon und Kohlendioxid (ISO 14175-M21) verwendet. Bei Aluminium und seinen Legierungen werden meistens Reinargon Ar 99,99 (ISO 14175-I1) oder Argon-Helium-Gemische (ISO 14175-I3) eingesetzt.

Das Schutzgas beeinflusst den Lichtbogen und wirkt auf das Anschmelzverhalten des Bolzens und des Werkstückes und über die Oberflächenspannung auf die Formung des Schweißwulstes und die Einbrandform ein. Grundsätzlich sollte die Schweißposition PA nach ISO 6947 bei Schweißzeiten > 100 ms bevorzugt werden. Soll der Schweißwulst besser geformt und der Lichtbogen am Werkstück auf einen kleinen Bereich beschränkt werden, kann auch zusätzlich ein Keramikring verwendet werden.

- c) **Kein Schweißbadschutz (NP, en: no protection).** Ohne Schweißbadschutz kann das Bolzenschweißen nur im Bereich kleiner Durchmesser (< 10 mm) mit kurzen Schweißzeiten (< 100 ms) ausgeführt werden. Nachteilig dabei sind die starke Oxidation der Schweißzone, die verstärkte Porenbildung und der ungleichmäßige Schweißwulst.

A.2.2 Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung (786)

Die beiden Varianten für das Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung sind das Kontaktschweißen und das Spaltschweißen.

Tabelle A.2 — Eigenschaften beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

Verfahren	Eigenschaft							Typische Anwendung
	Schweißprozess ^a	Schweißdurchmesser d_w mm	Spitzenstrom $\approx$ I A	Schweißzeit $\approx$ ms	Federkraft $\approx$ N	Eintauchgeschwindigkeit $\approx$ m/s	Zündung	
Kontaktverfahren	786	0,8 bis 10	10 000	2 bis 10	60 bis 100 abhängig von der Kolbenmasse	0,5 bis 0,7	immer korrekt	Schweißen von (unlegiertem und legiertem) Stahl, verzinkte oder ölige Oberflächen
Spaltverfahren	786	0,8 bis 10 (Aluminium bis 6)	15 000	0,5 bis 3	40 bis 60	0,5 bis 1, Aluminium 1 bis 1,5	meistens korrekt, Frühzündung möglich	Schweißen von Aluminium und Messing
^a Nach ISO 4063.								

Beim Schweißen mit Kontakt wird der Bolzen in den Bolzenhalter der Bewegungsvorrichtung eingeschoben (siehe Bild A.2 a)) und mit seiner Zündspitze direkt auf die Bauteiloberfläche aufgesetzt (siehe Bild A.2 b)). Durch eine Feder, die sich in der Schweißpistole befindet, wird der Bolzen auf das Blech gedrückt. Nach dem Zuschalten der Kondensatorenergie, dem schlagartigen Explodieren und teilweisen Verdampfen der Zündspitze und dem Entstehen des Lichtbogens (siehe Bild A.2 c)), wird der Bolzen noch weiter auf das Werkstück zu bewegt und bleibt schließlich in der erstarrten Schmelze stehen (siehe Bild A.2 d)). Die Schweißzeit beträgt ≤ 3 ms.

Das Schweißen mit Spalt unterscheidet sich vom oben beschriebenen Verfahren dadurch, dass der Bolzen vor Schweißbeginn in einem definierten, einstellbaren Abstand vom Werkstück gehalten wird (siehe Bild A.2 a)).

Nach dem Zuschalten der Kondensatorbatterie wird der Bolzen auf das Werkstück hin beschleunigt, und der Schweißprozess läuft wie oben beschrieben ab (siehe Bild A.2 b), c) und d)). Die Schweißzeit beträgt etwa 1 ms; dadurch wird unter anderem das Schweißen von Aluminium ohne Schutzgasatmosphäre möglich.

Die empfohlene Werkstückdicke sollte $\geq 0,1 d$, aber nicht weniger als etwa 0,5 mm betragen.

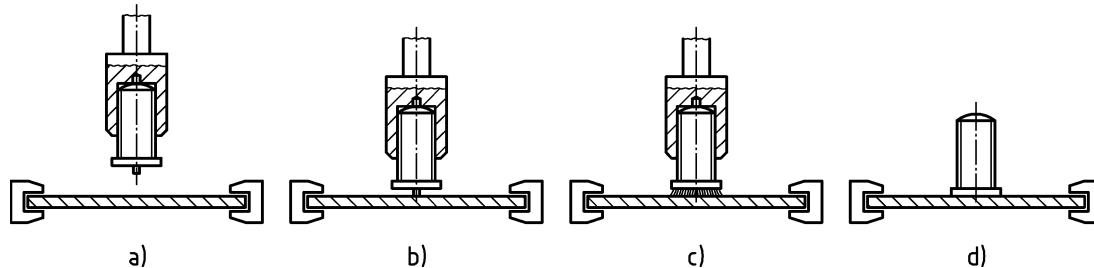


Bild A.2 — Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung — Hauptphasen des Schweißprozesses

A.2.3 Grundwerkstoffe

A.2.3.1 Allgemeines

Durch die kurzzeitige Lichtbogeneinwirkung schmelzen Bolzen- und Grundwerkstoff an, und die Schmelzbäder vermischen sich beim Fügen. Dieser Vorgang verläuft bei den verschiedenen Verfahrensvarianten des Bolzenschweißens unterschiedlich. Im Allgemeinen wird mehr Bolzenwerkstoff als Grundwerkstoff aufgeschmolzen. Die Schweißfläche ist am Grundwerkstoff meistens größer als am Bolzenquerschnitt. Die Festigkeits- und Verformungseigenschaften im Übergang von der Naht zum Bolzen sind daher genauer zu untersuchen. Bei Stahl ist besonders die Versprödung durch Aufhärtung zu beachten. Die Oberfläche des Werkstückes sollte blank und sauber sein. Schichten von Farbe, Rost, Zunder, Fett sowie schweißungeeignete metallische Schichten sollten von der Schweißstelle entfernt werden. Dies kann mechanisch oder chemisch durchgeführt werden. Werkstücke mit Zunder und Rostschichten müssen gründlich abgeschliffen werden. Die Reinigungsmethode ist in der WPS festzulegen. Bei sehr kurzen Schweißzeiten (< 50 ms) sollte die Oberfläche besonders sorgfältig gereinigt werden.

A.2.3.2 Grundwerkstoffe für das Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Grundwerkstoffe für diese Arten des Bolzenschweißens sind in Tabelle A.3 genannt.

Andere Werkstoffe wie bleifreies Kupfer und Aluminiumlegierungen können für das Bolzenschweißen mit Hubzündung zugelassen werden. In diesen Fällen können zusätzliche oder andere Prüfungen als die in Abschnitt 11 beschriebenen gefordert werden.

A.2.3.3 Grundwerkstoffe für das Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und für das Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

Grundwerkstoffe für diese Arten des Bolzenschweißens sind in Tabelle A.4 genannt.

Andere Werkstoffe dürfen verwendet werden. In diesen Fällen können zusätzliche oder alternative Prüfungen als die in Abschnitt 11 beschriebenen gefordert werden.

A.2.4 Bolzen

A.2.4.1 Bolzenwerkstoff

Bolzenwerkstoffe sind in ISO 13918:2008, Tabelle 2 genannt.