

DIN EN 4677-001

ICS 25.160.40

**Luft- und Raumfahrt –
Schweiß- und Lötverbindungen für die Luft- und
Raumfahrt - Verbindungen metallischer Werkstoffe mittels
Elektronenstrahlschweißen –
Teil 001: Qualität der Schweißverbindungen;
Deutsche und Englische Fassung EN 4677-001:2012**

Aerospace series –

Welded and brazed assemblies for aerospace construction - Joints of metallic materials
by electron beam welding –

Part 001: Quality of welded assemblies;

German and English version EN 4677-001:2012

Série aérospatiale –

Assemblages soudés et brasés pour constructions aérospatiales - Assemblages de
matériaux métalliques soudés par faisceau d'électrons –

Partie 001: Qualité des assemblages soudés;

Version allemande et anglaise EN 4677-001:2012

Gesamtumfang 64 Seiten

Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN
Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Die vorliegende Norm EN 4677-001:2012 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Metallische Werkstoffe, arbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitssausschuss NA 092-00-17 AA „Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau (DVS AG A 9)“ im Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Deutsche Experten waren an der Erarbeitung dieser Norm nicht beteiligt. Aufgrund der Übernahmepflicht von Europäischen Normen ins Deutsche Normenwerk, wird die vorliegende EN als DIN-EN-Norm mit gleicher Zählnummer veröffentlicht. Aufgrund der geführten Diskussionen in den entsprechenden Normungsgremien ist mit einer zeitnahen Überarbeitung der Europäischen Norm zu rechnen.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser Europäischen Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt - Schweiß- und Lötverbindungen für die
Luft- und Raumfahrt - Verbindungen metallischer Werkstoffe
mittels Elektronenstrahlschweißen - Teil 001: Qualität der
Schweißverbindungen

Aerospace series - Welded and brazed assemblies for
aerospace construction - Joints of metallic materials by
electron beam welding - Part 001: Quality of welded
assemblies

Série aéronautique - Assemblages soudés et brasés pour
constructions aéronautiques - Assemblages de matériaux
métalliques soudés par faisceau d'électrons - Partie 001:
Qualité des assemblages soudés

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Januar 2010 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
3.1 Allgemeines	5
3.2 Technische Begriffe	5
3.3 Allgemeine Begriffe	10
4 Schweißbarkeit.....	11
4.1 Begriff der Schweißbarkeit	11
4.2 Schweißbarkeitsgrad	11
5 Symbole und Abkürzungen	12
6 Allgemeine Anforderungen.....	12
6.1 Einteilung der Schweißnaht.....	12
6.1.1 Herstellung neuer Teile	12
6.1.2 Reparatur	12
6.2 Schweißmaschinen.....	13
6.3 Bediener und Einrichter	13
6.3.1 Schulung.....	13
6.3.2 Qualifikation	14
6.4 Verantwortlichkeit.....	16
7 Technische Anforderungen an die Herstellung neuer Teile	16
7.1 Werkstoffe	16
7.2 Vorbereitung des Schweißverfahrens	16
7.2.1 Allgemeingültigkeit des Schweißverfahrens	16
7.2.2 Schweißverfahren	17
7.2.3 Qualifizierungsprüfungen	19
7.3 Prozessüberwachung und -prüfung bei der Fertigung.....	26
7.3.1 Allgemeines	26
7.3.2 Fertigungsdatenblatt	26
7.3.3 Nachuntersuchung und Prüfung der Fertigungsbedingungen	26
7.3.4 Prüfung und Kontrolle während der Fertigung	27
7.3.5 Zurückweisen der Proben	28
7.4 Annahme von geschweißten Baugruppen	29
7.4.1 Anforderungen	29
7.4.2 Annahmekriterien	30
7.4.3 Zurückweisen von Baugruppen	30
7.4.4 Reparatur fehlerhafter Schweißverbindungen	30
8 Technische Reparaturanforderungen.....	30
9 Sonderfall	31

Vorwort

Dieses Dokument (EN 4677-001:2012) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die zu erfüllenden Regeln fest, damit die Qualität der Verbindungen metallischer Werkstoffe mittels Elektronenstrahlschweißen sichergestellt wird (Ordnungsnummer 51 nach EN ISO 4063).

Sie gilt vorbehaltlos für die Herstellung von neuen Teilen oder für die Reparatur; diese Verfahren liegen in der Verantwortung eines anerkannten Herstellers oder Lieferers. Die abschließende Verantwortung liegt bei der Konstruktionsstelle.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

EN 875, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Kerbschlagbiegeversuch — Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung*

EN 895, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querzugversuch*

EN 910, *Zerstörende Prüfung von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen*

EN 4632-001, *Luft- und Raumfahrt — Schweiß- und Lötverbindungen für die Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeitsgrad und Lötbarkeitsgrad von Werkstoffen — Teil 001: Allgemeines*

EN 4632-002, *Luft- und Raumfahrt — Schweiß- und Lötverbindungen für die Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeitsgrad und Lötbarkeitsgrad von Werkstoffen — Teil 002: Gleichartige Verbindungen Aluminium und Aluminiumlegierungen*

EN 4632-003, *Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeit und Lötbarkeit von Werkstoffen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Teil 003: Schweißen und Löten gleichartiger Verbindungen aus unlegierten und niedriglegierten Stählen*

EN 4632-004, *Luft- und Raumfahrt — Schweiß- und Lötverbindungen für die Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeitsgrad und Lötbarkeitsgrad von Werkstoffen - Teil 004: Gleichartige Verbindungen*

EN 4632-005, *Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeit und Lötbarkeit von Werkstoffen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Teil 005: Schweißen und Löten gleichartiger Verbindungen aus hitzebeständigen Nickel- oder Kobaltbasislegierungen*

EN 4632-006, *Luft- und Raumfahrt — Schweißbarkeit und Lötbarkeit von Werkstoffen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Teil 006: Gleichartige Verbindungen aus Titanbasislegierungen*

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

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*

EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1)*

EN ISO 6947, *Schweißen und verwandte Prozesse — Schweißpositionen (ISO 6947)*

EN ISO 10042, *Schweißen — Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 10042)*

EN ISO 14731, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731)*

EN ISO 14744-1, *Schweißen — Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Schweißmaschinen — Teil 1: Grundlagen und Abnahmebedingungen (ISO 14744-1)*

EN ISO 14744-2, *Schweißen — Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Schweißmaschinen — Teil 2: Messen der Beschleunigungsspannungs-Kenngrößen (ISO 14744-2)*

EN ISO 14744-3, *Schweißen — Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Schweißmaschinen — Teil 3: Messen der Strahlstrom-Kenngrößen (ISO 14744-3)*

EN ISO 14744-6, *Schweißen — Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Schweißmaschinen — Teil 6: Messen der Flecklagentoleranz (ISO 14744-6)*

EN ISO 15609-3: *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 3: Elektronenstrahlschweißen (ISO 15609-3)*

EN ISO 17659:2004, *Schweißen — Mehrsprachige Benennungen für Schweißverbindungen mit bildlichen Darstellungen (ISO 17659:2002)*

ISO 857-1:1998, *Welding and allied processes — Vocabulary — Part 1: Metal welding processes*

ISO 4969, *Steel — Macroscopic examination by etching with strong mineral acids*

ISO 22826, *Destructive tests on welds in metallic materials — Hardness testing of narrow joints welded by laser and electron beam (Vickers and Knoop hardness tests)*

ISO 24394, *Welding for aerospace applications — Qualification test for welders and welding operators — Fusion welding of metallic components*

ISO/TR 25901, *Welding and related processes — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 857-1:1998 und EN ISO 17659:2004 sowie die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeines

3.1.1

Elektronenstrahlschweißen

Schmelzschweißverfahren, das die Umwandlung der kinetischen Energie von Strahlelektronen in thermische Energie nutzt, wenn sie auf den Werkstoff auftreffen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Elektronen werden von einer unter einem sekundären Vakuum (1 Pa bis 10^{-4} Pa) erhitzten Kathode erzeugt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Schweißverfahren kann unter einer kontrollierten Atmosphäre (Schutzatmosphäre) durchgeführt werden, im Allgemeinen unter einem primären Vakuum (100 Pa bis 1 Pa).

3.2 Technische Begriffe

3.2.1 Schweißparameter

3.2.1.1

Spanne

Abstand, der alle geometrischen Unregelmäßigkeiten der Verbindungsfläche umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Abstand wird an den in ihrem Schweißaufbau aufgestellten Einzelteilen gemessen, und der Abstand wird als Bezug zur Bestimmung der Mindestbreite des Schweißnahtbereiches benutzt.

3.2.1.2

Strahlzentrierung

Anpassen der Strahlachse an die Verbindungsfläche

3.2.1.3

Strahlablenkung

gesteuerte Bewegung des Strahls im Verhältnis zur physikalischen Achse der Schweißpistole (des Strahlgenerators)

3.2.1.4

Höhenabstand

Unterschied im Niveau (Höhe) zwischen zwei Einzelteilen an der Verbindungsfläche

3.2.1.5

Brennabstand (Arbeitsabstand)

Abstand zwischen dem Auftreffpunkt des Strahls auf die Einzelteile und einer Bezugsfläche in direktem Zusammenhang mit der Schweißpistole oder der Maschine

BEISPIEL Mittelpunkt der am nächsten liegenden Fokussierspule des Einzelteils, Elektronenpistolenbasis

3.2.1.6

spezifische Schweißenergie

bestimmt durch das Verhältnis zwischen der Strahlleistung und der Schweißgeschwindigkeit, multipliziert mit 60

$$\frac{U \text{ (Volt)} \times I \text{ (Ampere)} \times 60}{V \text{ (cm/min)} \times 1\,000} \text{ (in kJ/cm)}$$

3.2.1.7

Intensität des Fokussierstroms

Intensität des Stroms, der durch die Fokussierspule hindurchgeht, die eine Elektronenstrahlkonzentration auf einen Punkt, dem so genannten Fokussierpunkt, ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Intensität kann konstant oder moduliert (geregelt) sein.

3.2.1.8

Strahlstrom (Emissionsstrom)

von der Kathode emittierter Elektronenstrahl

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Strom kann konstant oder moduliert (geregelt) sein.

3.2.1.9

Abstand vor dem Schweißen (Anpassung)

Abstand, der an einem geraden Abschnitt der Verbindung zwischen den zu schweißenden Oberflächen gemessen wird

3.2.1.10

Slope up

Betriebsbedingung, bei der sich die Einbrandtiefe zunehmend (inkremental) ändert

3.2.1.11

Fokussierniveau

Abstand zwischen dem Auftreffpunkt des Strahles auf den Einzelteilen und dem Fokussierpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise ist dieser Abstand negativ, wenn sich der Fokussierpunkt innerhalb der Einzelteile befindet.

3.2.1.12

Perveanz

Verhältnis des Strahlstroms zur Beschleunigungsspannung bei der Potenz $3/2$

$$\frac{I}{U^{3/2}} = c^{te}$$

3.2.1.13

Strahlleistung

Produkt aus Beschleunigungsspannung und Strahlstrom

3.2.1.14

Beschleunigungsspannung

Potentialdifferenz zwischen Kathode und Anode, zur Erzeugung des zur Ablenkung der Elektronen vorgesehenen elektrischen Feldes

3.2.1.15

Strahloszillation

periodische Bewegung der Strahlachse im Verhältnis zum Schweißbad

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Oszillation wird durch die Signalform, deren Amplitude, Frequenz und Richtung im Verhältnis zu der des Schweißens bestimmt.

3.2.1.16

Schweißgeschwindigkeit

Länge der hergestellten Schweißnaht auf der Auftreffseite des Strahls je Zeiteinheit

3.2.2 Andere technische Begriffe

3.2.2.1

Schweißablauf

Serien von Schweißvorgängen an identischen Teilen, ausgeführt an der gleichen Maschine, ohne jegliche Änderungen der Schweißparameter, ohne Ausführung anderer Schweißnähte an der Maschine, ohne Unterbrechung der Fertigung für mehr als eine Woche

3.2.2.2

Schweißzyklus

Ablauf von verschiedenen Schweißphasen, die von der Schweißmaschine zur Herstellung einer Schweißnaht durchgeführt werden

3.2.2.3

Heftlage

Vormontage der einfachen Einzelteile, bei der das gleiche Verfahren wie für das Schweißen angewendet wird, bestehend aus einem leichten Einbrennen, einer schmalen Schweißnaht, durchgängig oder unterbrochen entlang der Verbindungsfläche, mit dem Zweck, die Einzelteile in Position zu halten

3.2.2.4

Probe für die Verifizierungseinstellung

ebene Probe aus dem gleichen Werkstoff, das der gleichen Wärmebehandlung wie die Einzelteile unterzogen wurde, auf dem mit den identischen Parametern, die für die Einzelteile angewendet werden, in der Mitte eine Blindraupe erzeugt wird, und bei dem das Verhältnis zwischen der mikrographischen Form des Querschnittsbereiches der Schweißraupe und der auf den Proben oder eigentlichen Teilen erzeugten, vorher festgelegt wurde

3.2.2.5

Gefügestand

kristallines Metallgefüge

3.2.2.6

Fertigung

Durchführung von Schweißvorgängen an neuen Teilen oder Reparaturen an bestehenden Verbindungen (oder Produkten)

3.2.2.7

stabilisierte Fertigung

Fertigung, bei der die Betriebssicherheit ohne Qualitätsprobleme über mehrere Schweißabläufe gesichert werden kann, deren Anzahl vorher durch den entsprechenden Fachbereich der Konstruktionsstelle festgelegt wurde

3.2.2.8

Glättungslage oder Kosmetiklage

wiedereingeschmolzene Oberfläche des Schmelzbereiches

3.2.2.9

Charge der Teile

Reihe von Teilen mit dem gleichen Bezug auf:

- den gleichen Schweißablauf;
- die gleiche Charge der Wärmebehandlung;
- zurückverfolgbaren Werkstoff (Verarbeitung, chemische Analyse, ...)

3.2.2.10

Werkstoff/Grundmetall

zur Herstellung der Einzelteile verwendeter Werkstoff oder verwendetes Metall

3.2.2.11

Schweißzusatzwerkstoff

zusätzliche Legierung oder zusätzliches Metall zur Herstellung der Schweißnaht einer Verbindung oder zum Schweißgutauftrag

3.2.2.12

Spannvorrichtung

zum Halten und Positionieren der Teile vor und nach dem Schweißen erforderliche Vorrichtung

3.2.2.13

Strahlabsorber (Elektronenfänger)

für das Abfangen der Restenergie, die bei einer Durchschweißung den Strahl durchquert, vorgesehenes Bauteil

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Werkstoffzusammensetzung des Strahlabsorbers muss die gleiche Güte aufweisen wie die geforderte Qualität der Verbindung oder mit dieser gütekompatibel sein.

3.2.2.14

Einzelteil

einzelnes Element, das mit anderen Elementen zusammengefügt wird, um ein Teil zu formen

3.2.2.15

aus Teilen bestehendes Produkt

Verbindung, die aus mehreren zusammengefügt Einzelteilen besteht

3.2.2.16

Heftschweißung

Vormontage von Einzelteilen durch Schweißen, die aus einer Reihe von Heftpunkten entlang der Verbindungsfläche besteht, zum Halten der Einzelteile in der Position vorgesehen

3.2.2.17

Vorheizen

Wärmen der Einzelteile vor dem Schweißen ohne Schmelzung

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Verfahren wird mit einem ungerichteten Strahl durchgeführt oder mit jedem anderen Verfahren, das keinen Magnetismus zur Folge hat.

3.2.2.18

Durchschweißen

Fall, bei dem der Strahl die gesamte Schichtdicke der Teile durchquert, Fall, bei dem der Strahl alle zu schweißenden Teile durchdringt

3.2.2.19

Blindschweißnaht

Fall, bei dem der Strahl nur einen Teil der Schichtdicke der Teile durchquert, um die Außenschicht zu schweißen, bei dem sich der Strahl nur teilweise durch die Schichtdicke der zu schweißenden Teile ausbreitet

3.2.2.20

Qualifizierungsprobe

Probe für die Qualifizierung

geschweißte Baugruppe, die für Prüfzwecke benötigt wird

3.2.2.21

Fertigungsprobe

Probe aus der Fertigung

- Probe, die die gefertigten Teile repräsentiert, die unter den gleichen Bedingungen wie diese Teile geschweißt sind;
- Probe, das aus der gleichen Werkstoffgüte hergestellt ist, im gleichen Zustand, mit den gleichen Maßen wie das gefertigte Teil

Anmerkung 1 zum Begriff: Die eigentlichen Fertigteile können Fertigungsproben sein.

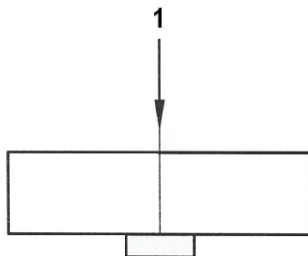
3.2.2.22

Schweißbadstütze

auf den Einzelteilen angebrachtes Element, um die Metallschmelze am Überlaufen zu hindern

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Werkstoff, aus dem die Schweißbadstütze gefertigt ist, muss aus der gleichen Basislegierung wie das Einzelteil sein, um jegliche Verunreinigung der Schweißnaht zu verhindern.

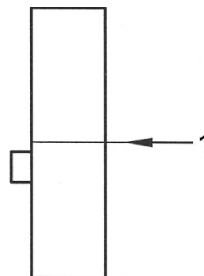
Anmerkung 2 zum Begriff: Die Schweißbadstütze darf wie unterhalb dargestellt angebracht werden (Bild 1 bis Bild 3):



Legende

1 E.B. (Elektronenstrahl)

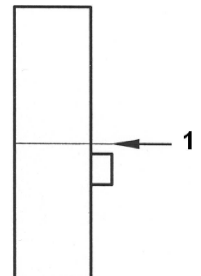
Bild 1 — Schweißbadabsicherung



Legende

1 E.B. (Elektronenstrahl)

Bild 2 — Rückseitige Schweißbadabsicherung



Legende

1 E.B. (Elektronenstrahl)

Bild 3 — Badstütze

3.2.2.23

Messlinie

Fluchtlinie auf beiden Seiten (obere und Wurzelseite) der Einzelteile, um die richtige Position und das Vermeiden von Bindefehlern sicherzustellen

3.2.2.24

Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Behandlung, die vorgesehen ist, um den Grundwerkstoff und den Schweißnahtbereich mit den notwendigen Bedingungen und Eigenschaften auszustatten

3.3 Allgemeine Begriffe

3.3.1

Hersteller oder Unterlieferant

Organisation, die die Elemente zusammenfügt, oder herstellt und zusammenfügt oder in Baugruppen vormontiert

3.3.2

Lieferer

Einzelperson oder Unternehmen, die/das einen angenommenen Auftrag hält, der eine Verpflichtung gegenüber dem Kunden eingeht, die im Auftrag festgelegten Dienstleistungen auszuführen

3.3.3

Kunde

Person oder Unternehmen, die/das einen Auftrag gibt oder eine Bestellung auslöst und dabei die Konstruktionsstelle sein kann

3.3.4

Bediener

Person, die Schweißvorgänge ausführt, indem sie ein mechanisiertes oder automatisiertes Verfahren anwendet

3.3.5

Qualifizierung

Vorgang, der anerkennt, dass ein Schweißer, Produkt usw. geeignet ist, die für ihn/es vorgesehene Funktion zu erfüllen

3.3.6

Reparatur

Vorgang, der daraus besteht, ein Teil annehmbar zu machen, das nach seinem üblichen Herstellungs- und Überprüfungszyklus als außerhalb der Annahmekriterien liegend betrachtet wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Teil in Übereinstimmung (Konformität) bringen, das während des Einsatzes beschädigt wurde.

3.3.7

Einrichter

Person, die für die vollständige Programmierung der Maschine, die Strahlanalyse und die endgültige Festlegung der Verfahrensparameter verantwortlich ist, und die, falls erforderlich, Schweißvorgänge mit einem mechanisierten oder automatisierten Verfahren ausführt

3.3.8

Reparaturausführender

Leistungsanbieter in Bereich von Reparaturarbeiten

3.3.9

zuständiger Fachbereich

spezialisierte Fachbereich innerhalb eines Unternehmens mit besonderen Aufgabenbereichen, beispielsweise:

- Konstruktionsbüro;
- Qualitätskontrolle;
- Laboratorium;
- Büro zur Entwicklung von Verfahren.

3.3.10

offizielle Aufsichtsbehörden

staatliche Behörden oder anerkannte Organisationen, die für die Sicherstellung der Übereinstimmung der Ausrüstung mit dem Festlegungsdokument verantwortlich sind

3.3.11

Konstruktionsstelle

Organisation, die für die Konstruktion der Schweißverbindung und für die Festlegung der Anforderungen an die Durchführung und Prüfung verantwortlich ist

3.3.12

Schweißaufsicht

siehe ISO 14731:2006

3.4.1

Wannenlage PA

waagrechtes Schweißen, mit senkrechter Strahlachse

3.4.1.1

(Vertikal-)Horizontalposition PB

waagrechtes Schweißen

3.4.1.2

Querposition PC

waagrechtes Schweißen, mit waagerechter Schweißachse

3.4.1.3

Horizontal-Überkopfposition PD

waagrechtes Schweißen, Überkopf

3.4.1.4

Überkopfposition PE

waagrechtes Schweißen, Überkopf, senkrechte Schweißachse

3.4.1.5

Steigposition PF

Schweißen aufwärts

3.4.1.6

Fallposition PG

Schweißen abwärts

4 Schweißbarkeit

4.1 Begriff der Schweißbarkeit

Ein metallischer Werkstoff wird mit einem bestimmten Verfahren und für eine vorgegebene Anwendungsart als schweißbar bis zu einem bestimmten Grad unter der Voraussetzung angesehen, dass die entsprechenden Maßnahmen getroffen werden, der Werkstoff zum Aufbringen einer Schweißnaht geeignet ist, die durch ihre Merkmale und die Folgen ihres Vorhandenseins die als Grundlage für eine Beurteilung gewählten geforderten Eigenschaften erfüllt.

4.2 Schweißbarkeitsgrad

Die Schweißbarkeit von Werkstoffen wird wie folgt nach Grad 1 bis Grad 4 beurteilt:

- Grad 1: Werkstoff, der eine **sehr gute** Schweißbarkeit aufweist und für den keine besonderen Maßnahmen erforderlich sind. Bevorzugt.
- Grad 2: Werkstoff, der eine **gute** Schweißbarkeit aufweist, für den jedoch voraussichtlich besondere Schweißmaßnahmen (z. B. Vorwärmen, geringe Vorschubgeschwindigkeit) erforderlich sind.
- Grad 3: Werkstoff, der eine **schlechte** Schweißbarkeit aufweist, für den bei jeder Art von Bauteil eine bestimmte Entwicklung erforderlich ist und voraussichtlich zu Fertigungsschwierigkeiten führt. Nicht zu empfehlen.
- Grad 4: Werkstoff, der eine **sehr schlechte** Schweißbarkeit aufweist. Ist zu vermeiden.

5 Symbole und Abkürzungen

<i>e</i>	Dicke des dünnsten Teils der Verbindung
<i>E</i>	Gesamtdicke der 2 Bleche
<i>I</i>	Strahlstrom
<i>T</i>	Anlassen, Dispersionshärten, Alterung
<i>U</i>	Beschleunigungsspannung
<i>V</i>	Schweißgeschwindigkeit
E.B.	Elektronenstrahl
WIG	Wolfram-Inertgasschweißen

6 Allgemeine Anforderungen

6.1 Einteilung der Schweißnaht

6.1.1 Herstellung neuer Teile

Zum Zeitpunkt der Konstruktion des Teils muss die Konstruktionsstelle für jede Verbindung eine Schweißklasse vergeben: 1, 2 oder 3 entsprechend einer rückwärts zählenden Reihe der funktionellen Schwierigkeitsklasse.

Die Anforderungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine höhere Schwierigkeitsklasse kann vergeben werden, um besonderen Problemen zu begegnen, wie z. B. dem Fertigungsaufwand oder der Auslegung der Prüfverfahren usw.

Tabelle 1 — Vergabeanforderungen der Schweißklasse

Teil mit Funktion	Bruch der Verbindungsschweißnaht	
	Kann die übliche Funktion des Teils beeinflussen	Ohne wesentliche Auswirkungen
Entscheidend	1	2
Andere	2	3

Ein vorhandenes Teil kann verschiedene unterschiedliche Schweißklassen aufweisen.

Jede Schweißklasse ist mit jeder der folgenden Bedingungen verbunden:

- Anwendung vor der Herstellung;
- Nachverfolgen während der Herstellung;
- Überprüfung an den Schweißverbindungen;
- Annahmekriterien.

Die Konstruktionsstelle muss sicherstellen, dass die Prüfanforderungen angemessen sind, um die Einhaltung der Konstruktionsanforderungen nachzuweisen.

6.1.2 Reparatur

Der Reparaturausführende muss die Anforderungen der Konstruktionsstelle erfüllen.

6.2 Schweißmaschinen

Die Maschinen für das Schweißen müssen EN 14744-1 entsprechen. Insbesondere müssen die Maschinen spezifischen Prüfungen für die Anwendung in der Luft- und Raumfahrtindustrie unterzogen worden sein, wenn sie erworben oder erneuert wurden.

ANMERKUNG Eine Norm über Elektronenstrahlschweißmaschinen — Qualifizierungsvorschriften ist in Vorbereitung.

6.3 Bediener und Einrichter

6.3.1 Schulung

6.3.1.1 Schulung des Bedieners

Für jeden Fertigungs- oder Reparaturvorgang muss der Bediener der Elektronenstrahlschweißmaschine einen Schulungslehrgang, der vom zuständigen Fachbereich des Herstellers (Hersteller des Teils) oder von einer externen Schulungsorganisation durchgeführt wird, in Bezug auf Folgendes absolviert haben:

- technische Schulung für das Verfahren;
- Bedienung der verwendeten Maschine (Stromversorgung, Auswechseln des Elektronenstrahlsystems der Maschine, usw.);
- Sicherheitsmaßnahmen, die in Beziehung zur Maschine und dem Schweißvorgang stehen;
- Ausrüstung, Instrumente und Spannvorrichtung, die für die ordnungsgemäße Bedienung der Maschine und Durchführung des Schweißvorganges erforderlich sind;
- Bedien-/Messanzeige und Überprüfung der Schweißvorgänge;
- Positionierung des Fokussierpunkts im Verhältnis zu Teiloberfläche;
- Überprüfung der Ausrichtung des Strahls im Verhältnis zur Verbindungsfläche;
- Überprüfung des äußeren Erscheinungsbildes und der Geometrie der Schweißverbindung.

Der Bediener muss seiner Ausbildung entsprechend Schweiß- und/oder Blindraupen an Normteilen und/oder Proben und/oder an Fertigungsproben entsprechend dem validierten Schweißverfahren schweißen.

6.3.1.2 Schulung des Einrichters

Für jeden Fertigungs- oder Reparaturvorgang muss der Einrichter der Elektronenstrahlschweißmaschine einen Schulungslehrgang, der dem des Bedieners entspricht, und sowohl einen theoretischen als auch einen technischen Schulungslehrgang absolviert haben, die vom zuständigen Fachbereich des Herstellers (Hersteller des Teils) und/oder von einer externen Schulungsorganisation durchgeführt werden.

Die Schulung betrifft:

- die vollständige Programmierung der Maschine;
- Analyse der Strahlqualität (EN ISO 14744-2, EN ISO 14744-3 und EN ISO 14744-6);
- Optimierung der Schweißparameter und Vorbereitung des Schweißvorganges usw.

Zur Bestätigung seiner Schulung muss der Einrichter einen Schweißvorgang vorbereiten.

6.3.2 Qualifikation

6.3.2.1 Qualifikation des Bedieners

Siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Anforderungen an die Qualifikation des Bedieners

Prüfung	Anforderung
Nahsehen	Die Sehschärfe (Sehkraft) muss für das Nahsehen bestimmt werden. Schweißer und Bediener müssen eine Sehschärfe von 20/30 oder besser auf jedem Auge aufweisen und müssen die Jaeger Sehprobentafel Nr. 2 bei einem Abstand von 400 mm lesen können oder einen vergleichbaren Sehtest bestehen, der von einem Augenoptiker entwickelt wurde. Zur Erfüllung der Anforderungen des Sehtests darf die natürliche oder die korrigierte Sehkraft eingesetzt werden.
Farbwahrnehmung	Fähig zur Unterscheidung und Differenzierung der Farben, die in dem beteiligten Vorgang angewendet werden. Wenn es nicht möglich ist, eine geeignete Prüfung festzulegen, darf der Ishihara-Test angewendet werden.

Die Qualifikation des Bedieners muss die technische Schulung und die Fertigung einer Fertigungsprobe nach einem festgelegten Schweißverfahren umfassen und mindestens ein ordnungsgemäß gefertigtes, geschweißtes Teil ergeben.

Jedes Mal, wenn der Bediener mehr als sechs Monate nicht geschweißt hat, muss die Herstellung einer Fertigungsprobe nach einem festgelegten Parameter des Schweißverfahrens erneut erfolgen.

Die technische Schulung für das Verfahren muss mindestens einmal alle zwei Jahre nach ISO 24394 wiederholt werden.

Um die Einhaltung der Prüfanforderungen nachzuweisen, muss die Qualifikation des Bedieners durch regelmäßige Prüfungen der Fertigungsteile bestätigt werden.

Die Qualifikation des Bedieners muss durch den zuständigen Fachbereich des Herstellers anerkannt werden, der die durchgeführte Fachschulung und die Ergebnisse der Probenherstellung vergleichend bewertet.

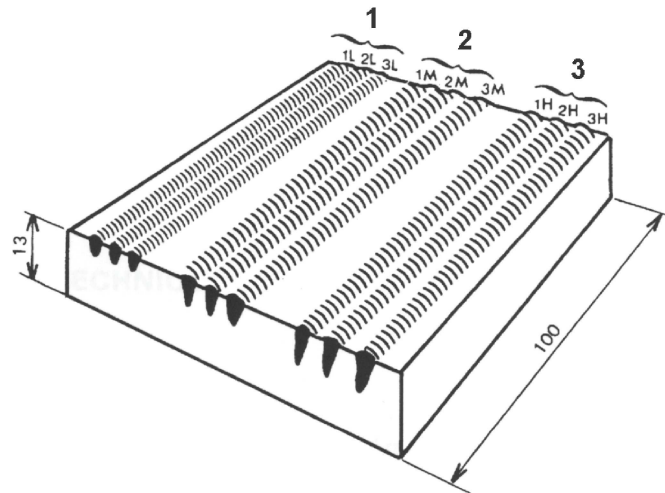
Der Hersteller muss die Qualifikation des Bedieners entsprechend den Anforderungen der vorliegenden Norm oder einer für die Konstruktionsstelle akzeptierbaren gleichwertigen Norm überprüfen. Durch Unterlagen belegte Aufzeichnungen müssen aufbewahrt werden.

Wenn Vorfälle der Nichterfüllung auf Defizite des Bedieners zurückgeführt werden können, muss das Qualifizierungsverfahren überprüft und, wenn notwendig, erweitert werden.

Darüber hinaus müssen die Bediener die folgenden Prüfungen absolvieren:

- Auswechseln des Elektronenstrahlsystems der Maschine und Überprüfung der Perveanz;
- Kontrolle der Fokussierung bei einer Intensität, einer Spannung und einem festgelegten Abstand;
- Einstellung der Maschine, um eine kreisförmige und gleichmäßige Einwirkung des Strahls bei allen Fokussiereinstellungen zu erreichen;
- entweder sind 9 Blindraupen auf Werkstoffen auszuführen, die durch die Schweißaufsicht (siehe Bild 4) ausgewählt wurden, oder Prüfstücke nach ISO 24394 auszuführen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 geringe Leistung
- 2 mittlere Leistung
- 3 hohe Leistung

Bild 4

- Abfolge der Blindraupen: 1. Blindraupe 1L 1M 1H
2. Blindraupe 2L 2M 2H
3. Blindraupe 3L 3M 3H
- Einstellung des Luftdruckes und Abkühlung des Teils zwischen jeder Blindraupe;
- geforderte Ergebnisse (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 — Definition der Schweißnaht nach dem Mindestzuteilungswert

Schweißnaht	Einbrand mm	Mindestzuteilungswert (Einbrand/mittlere Einrandbreite)
L	Durch die Schweißaufsicht festgelegt	Durch die Schweißaufsicht festgelegt
M	Durch die Schweißaufsicht festgelegt	Durch die Schweißaufsicht festgelegt
H	Durch die Schweißaufsicht festgelegt	Durch die Schweißaufsicht festgelegt

Diese Qualifizierungsprüfungen des Bedieners müssen alle zwei Jahre nach ISO 24394 wiederholt werden und jedes Mal, wenn der Bediener in den vergangenen sechs Monaten nicht geschweißt hat.

6.3.2.2 Qualifikation des Einrichters

Das während der Schulung (siehe 6.3.1.2) festgelegte Verfahren muss die Fertigung von geschweißten Teilen durch den Einrichter umfassen und durch den zuständigen Fachbereich als übereinstimmend bewertet werden.

Die Qualifikation des Einrichters muss vom zuständigen Fachbereich des Herstellers anerkannt sein, der den anschließenden Schulungslehrgang ausrichtet.

Falls der Einrichter Fertigungsverfahren durchführt, muss er nach 6.3.2.1 qualifiziert sein.

Diese Qualifikation muss offiziell in einem innerbetrieblichen Dokument schriftlich festgehalten werden.

6.4 Verantwortlichkeit

Die Schweißklassifizierung liegt in der Verantwortung des zuständigen Fachbereichs der Konstruktionsstelle.

Die Abnahme und Qualifizierung der Maschine liegt in der Verantwortung des Herstellers, der zusätzlich eine zuständige Person bestimmen muss, die für die Anwendung der vorliegenden Norm verantwortlich ist.

Die zufriedenstellende Durchführung, ebenso wie die Auswahl der Prüfvorgänge, die nicht durch die vorliegende Norm vorgegeben sind, liegt in der Verantwortung des zuständigen Fachbereichs des Herstellers und des Lieferers oder Reparaturausführenden.

Wenn die in der vorliegenden Norm festgelegten Anforderungen nicht beachtet werden, dürfen die zuständigen Fachbereiche des Herstellers, die Konstruktionsstelle oder der Reparaturausführende die Einstellung der Herstellung verlangen.

Die endgültige Entscheidung hinsichtlich der Übereinstimmung der geschweißten Teile und der Eignung von fehlerhaften Teilen muss bei den zuständigen Fachbereichen innerhalb der Konstruktionsstelle liegen.

7 Technische Anforderungen an die Herstellung neuer Teile

7.1 Werkstoffe

In EN 4632-001, EN 4632-002, EN 4632-003, EN 4632-004, EN 4632-005 und EN 4632-006 ist die genaue Bestimmung des Schweißbarkeitsgrades festgelegt.

7.2 Vorbereitung des Schweißverfahrens

7.2.1 Allgemeingültigkeit des Schweißverfahrens

Alle Schweißparameter sollten in einem Schweißverfahren festgelegt (oder abgesichert), qualifiziert und bei den folgenden Arbeitsschritten dokumentiert werden:

- vor dem Herstellungsbeginn eines neuen Produktes auf einer vorhandenen Maschine;
- nach jeder Arbeit an der Schweißmaschine, die möglicherweise die Betriebsparameter beeinflusst hat, z. B.:
 - Ortswechsel der Maschine;
 - Modifizierung des elektrischen Stromkreises der Maschine;
 - Änderung der Energieversorgungsquelle;
 - Modifizierung des Teileträgers oder der Schweißpistolenposition und der Bewegung der Spannvorrichtung;
 - Modifizierung von Kontroll-, Einstellungs- und Beobachtungspulten und -schranken, des Antriebs, der Positionierung, des Schweißens, der Sicherheit, des Pumpens;

In allen diesen Fällen muss die Qualifizierung der Parameter des Schweißverfahrens wiederholt werden, wenn die Abnahmeprüfungen der Maschine nach EN ISO 14744 andere Ergebnisse als die vor der Modifizierung der Maschine ermittelten ergeben:

- vor jeder Modifizierung des Herstellungsverfahrens eines Produktes, das bereits hergestellt wird, und die wahrscheinlich die Verbindungsqualität beeinflusst, beispielsweise:
 - Oberflächenbehandlung;
 - Schweißnahtdicke;
 - Wärmebehandlung vor und nach dem Schweißen;
- Überführung in eine höhere Schwierigkeitsklasse;
- unzulässige Vergrößerung des geschweißten Teils/der Schweißverbindung in 6.3 und 6.4.

Jedoch erfordert der Herstellungsbeginn eines neuen Produktes keine Modifizierung der Betriebsparameter, wenn die Verbindungen schon hergestellt werden, so dass bereits alle folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- gleiche oder höhere Schwierigkeitsklasse;
- gleicher Werkstoff im gleichen Gefügezustand;
- identische Geometrie des Anschlussbereiches, der Einbrandzone (durch oder blind), der Wärmeeinflusszone;
- gleiche Spannvorrichtung.

Die Qualifizierung ist vom Hersteller oder Lieferer zu veranlassen.

Der zuständige Fachbereich des Lieferers darf zu jeder Zeit die Durchführung eines Qualifizierungsverfahrens veranlassen.

7.2.2 Schweißverfahren

Eine vollständige Schweißanweisung muss nach den Anforderungen von EN ISO 15609-3 durch die Schweißaufsicht oder durch eine andere vom Hersteller ernannte zuständige Person, die ähnliche Fachkenntnisse haben muss und die von der verantwortlichen Konstruktionsstelle oder der anerkannten Prüfstelle qualifiziert wurde, vorbereitet werden.

Ein gleichwertiges für die Konstruktionsstelle akzeptables Format für das Schweißverfahren darf verwendet werden.

Die Schweißanweisung muss ein Aktenzeichen und das Qualifizierungsdatum enthalten und von der Schweißaufsicht oder von einer vom Hersteller ernannten zuständigen Person zugelassen sein.

Das Verfahren muss alle zur Durchführung der Schweißvorgänge notwendigen Angaben ausführlich beschreiben und kann Folgendes enthalten, ist jedoch nicht darauf beschränkt:

- Bezug auf die Schweißverbindung, Schweißklasse, Teilnummer und -titel;
- Hersteller;
- angewendete Ausrüstung, einschließlich Bezeichnung der Schweißmaschine;
- Grundwerkstoff:
 - Bezeichnung, Form (gegossen, geschmiedet, gewalzt usw.), Zustand (Wärmebehandlung und/oder angelassen);
 - Maße.
- Zusatzwerkstoff:
 - Bezeichnung, Maße, Vorschubeinrichtung (falls vorhanden).

- Schweißstoßausführung: eine die Schweißstoßausführung/die Anordnung, Maße und Grenzabmaße, einschließlich der Oberflächenausführung darstellende Zeichnung;
- Abstand vor dem Schweißen (Anpassung) der Teile vor dem Schweißen;
- Schweißnahtvorbereitung: Reinigung, Entfetten usw.;
- Spannvorrichtung: einschließlich der für das Heften angewendeten;
- Schweißposition;
- Eigenschaft, Maße und Position des Strahlabsorbers (Elektronenfänger);
- Schweißbadabsicherung und Badstütze (falls vorhanden);
- Entmagnetisierungsverfahren (falls zutreffend);
- Schweißtechnik: Schweißposition, Zeichnung, die alle Schweißlagen einschließlich Heftverfahren und Kosmetiklagen (falls zutreffend) erkennen lässt;
- Schweißparameter und Grenzabmaße: elektrische, mechanische (Laufrichtung und Geschwindigkeit), Anstiegseinzelheiten usw., Arbeitsabstand, Schweißpistolen- und Kammerdruck usw.;
- Festlegung der Parameter der Probe für die Verifizierungseinstellung und der makrographischen Form der zu überwachenden Schweißraupe;
- Wärmebehandlung vor und nach dem Schweißen, falls zutreffend (kann mittels Elektronenstrahl durchgeführt werden);
- Prüfungs- und Qualitätsanforderungen:
 - Anforderung, die tatsächlichen Parameter der Schweißnaht aufzuzeichnen;
 - Einzelheiten der Fluchtlinien (Messlinien) an beiden Seiten (Decklagenseite und Wurzelseite) der Einzelteile, um die richtige Position und das Vermeiden von Bindefehlern sicherzustellen (falls zutreffend).

In EN ISO 15609-3 ist eine Vorlage für ein Schweißverfahren mit den zusätzlichen Angaben enthalten:

- Ordnungsnummer des Maschinenprogramms;
- spezifische Schweißenergie, in kJ/cm;
- Typ und Geometrie der Anode;
- Geometrie der Kathode;
- Eigenschaften und Positionierung des Elektronenfängers;
- Ordnungsnummer des Maschinenprogramms;
- Bezugnahme auf die Spannvorrichtung;
- Abstand vor dem Schweißen: Höhenabstand, Spanne.

Die Schweißanweisung muss ein Aktenzeichen, das Qualifizierungsdatum enthalten und von der Schweißaufsicht oder von einer vom Hersteller ernannten zuständigen Person bestätigt sein, die ähnliche Fachkenntnisse haben muss und die von der verantwortlichen Konstruktionsstelle oder dem anerkannten Prüfausschuss qualifiziert wurde.