

Ersetzt Ausgabe Februar 2000

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Anwendungsbereich
- 3 Prüfverfahren
 - 3.1 Zerstörungsfreie Prüfverfahren
 - 3.1.1 Sichtprüfung
 - 3.1.2 Eindringprüfung
 - 3.1.3 Magnetpulverprüfung
 - 3.1.4 Durchstrahlungsprüfung
 - 3.1.5 Ultraschallprüfung
 - 3.1.6 Überwachung der Laserstrahleigenschaften während des Produktionsprozesses
 - 3.1.7 Plasmaüberwachung während des Schweißens
 - 3.1.8 Überwachung der Elektronenstrahleigenschaften während des Produktionsprozesses
 - 3.2 Zerstörende Prüfverfahren
 - 3.2.1 Zugversuch an Schweißverbindungen quer zur Naht
 - 3.2.2 Technologischer Biegeversuch
 - 3.2.3 Kopfzugversuch
 - 3.2.4 Schlagbiegeversuch
 - 3.2.5 Metallographische Untersuchungen
 - 3.2.6 Härteprüfungen
 - 3.3 Sonstige Prüfungen
- 4 Schrifttum
 - 4.1 Normen und technische Regeln
 - 4.2 Literaturangaben

1 Einleitung

Das vorliegende Merkblatt gibt dem Anwender des Elektronen- und Laserstrahl-Stichnahtschweißens von Stahl Empfehlungen für die Prüfung und Bewertung derartiger Verbindungen. Das Merkblatt wurde in Zusammenarbeit mit Fachleuten der Industrie, der Forschung sowie der Prüf- und Abnahmeorganisationen auf dem Gebiet des Elektronen- und Laserstrahlschweißens erstellt.

Für das Laserstrahlschweißen im Schiffbau wurde das Merkblatt mit dem Germanischen Lloyd abgestimmt.

Die in diesem Merkblatt zur Prüfung verwendeten Normen und Regelwerke sind in Abschnitt 4 zusammengestellt.

2 Anwendungsbereich

Das Merkblatt ist für Fertigungs-, Montage-, Prüf- und Qualitätssicherungsaufgaben anwendbar. Es beschreibt die Besonderheiten beim Anwenden von Verfahren zum Prüfen von elektronen- und laserstrahlgeschweißten Stichnähten (Bild 1).

Die strahlgeschweißte Stichnaht wird derart ausgeführt, dass der Laser- oder Elektronenstrahl durch das Gurtblech hindurch verdeckt in das Stegblech einschweißt und die Schweißverbindung herstellt. Hierbei wird üblicherweise ohne Zusatzwerkstoff geschweißt. Die Stichnaht ermöglicht das rationelle Fertigen geschlossener oder schwer zugänglicher Fächer bis hin zur Fertigung von Sandwichelementen. Zu beachten ist, dass der Anschlussquerschnitt aufgrund der besonderen Schweißnahtausbildung gering ist. Um beim Laserstrahlschweißen das Verhältnis von aufgeschmolzenem Grundwerkstoff zur Anschlussfläche nicht überproportional anwachsen zu lassen, erscheint eine Gurtblechdicke von mehr als 6 mm nur in technologischen Ausnahmefällen als sinnvoll. Beim Elektronenstrahlschweißen kann die Gurtblechdicke dagegen größer als 6 mm sein.

3 Prüfverfahren**3.1 Zerstörungsfreie Prüfverfahren****3.1.1 Sichtprüfung**

Durch die Sichtprüfung nach DIN EN 970 können äußere Unregelmäßigkeiten der Nahtberraupe festgestellt werden. Wegen der geringen Nahtbreite der Strahlschweißnähte wird der Gebrauch einer Lupe (Vergrößerungsverhältnis z. B. 6:1) empfohlen. Die Bestimmung, ob eine fehlerfreie Anbindung des Gurtes mit dem Steg erfolgte, ist mit dieser Methode jedoch nicht möglich.

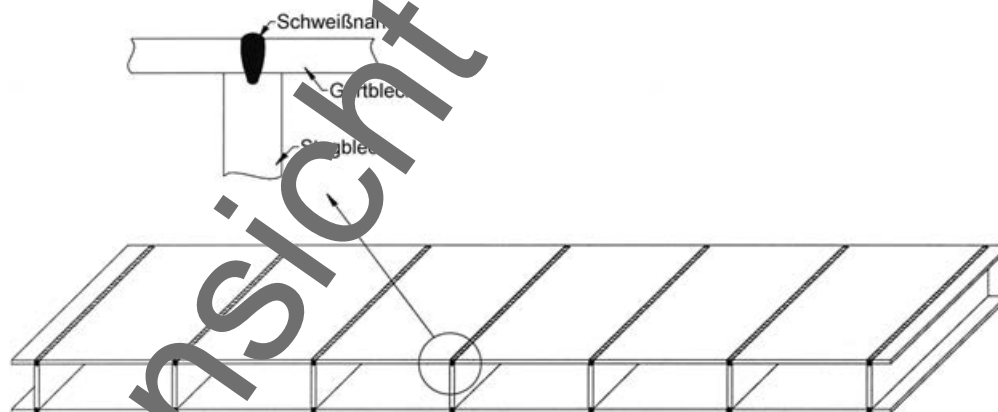


Bild 1. Technische Darstellung der Strahlstichnaht am Beispiel eines Sandwichpaneels.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

3.1.2 Eindringprüfung

Bei der Eindringprüfung nach DIN EN 571-1 ist zu beachten, dass im Falle einer starken Nahtschuppung und durch scharfe Randkerben Risse vorgetäuscht werden können. Wegen der großen Nahtlängen ist die Eindringprüfung sehr zeit- und kostenaufwendig. Vorhandene Fehlstellen können auch visuell mit der Sichtprüfung erkannt werden. Andere nach oben geöffnete Risse sind bei diesem Schweißverfahren bisher nicht beobachtet worden.

3.1.3 Magnetpulverprüfung

Das Verfahren der Magnetpulverprüfung nach DIN EN 1290 kann für Strahlstichnähte ebenfalls zum Erkennen von oberflächenhaften Fehlern angewandt werden.

3.1.4 Durchstrahlungsprüfung

Die Durchstrahlungsprüfung kann an Strahlstichnähten am Bauteil nicht zerstörungsfrei ausgeführt werden. Die zu durchstrahlenden Proben müssen aus dem geschweißten Prüfstück mechanisch entnommen werden und das Gurtblech muss bis auf Stegdicke abgearbeitet werden. Die so präparierte Probe wird anschließend seitlich durchstrahlt (Bild 2).

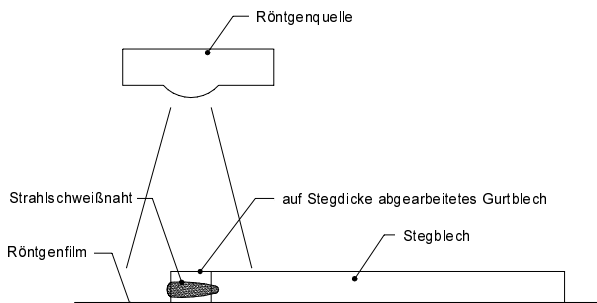


Bild 2. Versuchsanordnung bei der Röntgenprüfung.

Schweißnahtfehler können in Abhängigkeit von der Stegblechdicke bis zu einem Durchmesser von $\geq 0,1$ mm zuverlässig erkannt werden.

3.1.5 Ultraschallprüfung

Die Ultraschallprüfung ist nach dem derzeitigen Stand der Technik für das Prüfen von Strahlstichnähten nicht geeignet.

3.1.6 Überwachung der Laserstrahleigenschaften während des Produktionsprozesses

Unregelmäßigkeiten beim Schweißen haben häufig ihre Ursachen in veränderten Strahleigenschaften. Änderungen der Strahleigenschaften wie Fokusbuchung oder der Leistungsverteilung des Strahles bewirken Änderungen in der Schweißnaht.

Deshalb ist eine regelmäßige Überwachung und Kontrolle der Strahleigenschaften durchzuführen.

Dazu können geeignete Strahlanalysegeräte verwendet werden. Als praktikable Lösung zur Untersuchung der Intensitätsverteilung des Strahles haben sich auch Plexiglasleinbrände (nur für CO₂-Laser und unter Abzug) bewährt. Zur Untersuchung fokussierter Strahlen sind spezielle Geräte notwendig. Diese Geräte erlauben neben der Ermittlung der Intensitätsverteilung die Ermittlung der Strahlqualitätskennzahl und der Fokuslage (DIN EN ISO 15616).

3.1.7 Plasmaüberwachung während des Schweißens

Beim Schweißen an Atmosphäre, besonders beim CO₂-Laserschweißen, wird ein Plasma generiert, welches den Schweißprozess wesentlich beeinflusst und zur Prozesskontrolle dienen kann.

Das während des Laserstrahlschweißens entstehende Metall-Plasma emittiert Strahlung, die als Messgröße zuverlässig

ge Aussagen über die Stegerfassung des Laserstrahles oder ungleichmäßige Schweißspalte gibt. Dieses Signal (Amplitude und/oder Frequenz des UV-Lichtes), welches mit Fotodioden erfasst werden kann, eignet sich als On-line-Qualitätsüberwachung sowie als Dokumentation des Schweißprozesses.

Die Frequenz korreliert mit der Einschweißtiefe, die Amplitude lässt Aussagen über Nahtfehler zu.

Die Unregelmäßigkeiten, wie die Nichterfassung des Stegs, können erfasst und den entsprechenden Nahtpositionen zugeordnet werden.

3.1.8 Überwachung der Elektronenstrahleigenschaften während des Produktionsprozesses

Beim Elektronenstrahlschweißen im Vakuum ist die Überwachung der Verfahrensparameter sehr eingeschränkt, da diese als elektrische Größen leicht messbar sind und außerdem am Prozessort Elektronen generiert werden, die ebenfalls mit Sensoren leicht detektierbar sind. Dieses Verfahren bietet eine zuverlässige Basis für ein umfassendes Qualitätsmanagement.

Aufgrund der hohen Parameterkonstanz beim Elektronenstrahlprozess kann sich das Überwachen der Nahtqualität u. a. auf eine Registrierung bzw. Dokumentation der Schweißdaten beschränken. Da es beim Strahlnahtschweißen in erster Linie um das Überwachen der Nahtbreite in der Berührungsebene Steg-Gurtblech geht und zerstörungsfreie Prüfverfahren hierfür nicht aussagefähig sind, wird beim Elektronenstrahlschweißen von sicherheitsrelevanten Bauteilen vor Fertigungsbeginn ein bauteilähnliches Muster angefertigt und die Nahtgeometrie metallographisch geprüft (siehe 3.2.5).

3.2 Zerstörende Prüfverfahren

In der Regel sind zur Absicherung der Prüfergebnisse mindestens 3 Proben (ggf. zuzüglich 2 Ersatzproben) anzufertigen und zu prüfen.

3.2.1 Zugversuch an Schweißverbindungen quer zur Naht

Zur Untersuchung der Zugfestigkeit der Schweißverbindung kann der Querzugversuch in Anlehnung an DIN EN 895 durchgeführt werden (Bild 3). Die Schweißnahtüberhöhung ist abzuheben. Der Steg ist im Sinne einer praxisnahen Prüfung zu belassen.

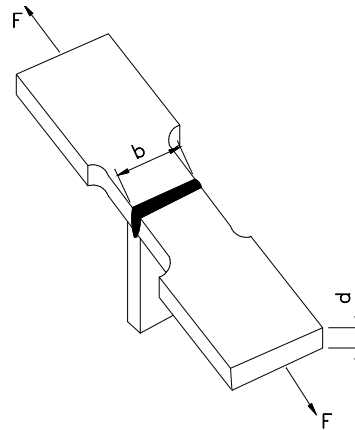


Bild 3. Querzugprobe mit Steg.

Als Prüfquerschnitt wird das Produkt aus der Dicke des Gurtbleches und der Probenbreite im Bereich der Prüflänge gewählt. Die Festigkeitseigenschaften dürfen die des Grundwerkstoffes mit Ausnahme der Bruchdehnung nicht unterschreiten.

3.2.2 Technologischer Biegeversuch

An den Strahlstichnähten können Biegeversuche in Anlehnung an DIN EN 910 durchgeführt werden. Dazu werden die Längs- und Querbiegeproben mechanisch aus dem T-Stoß herausge-