

Das Merkblatt soll insbesondere den Konstrukteuren Empfehlungen geben zum laserstrahlschweißgerechten Konstruieren metallischer Bauteile. Die in Tabelle 1 enthaltenen Beispiele von typischen Schweißverbindungen werden mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt und sollen dem Konstrukteur eine Entscheidungshilfe sein.

Das Merkblatt ist in Zusammenarbeit von Herstellern und Anwendern von Laserstrahlschweißanlagen sowie von Forschungsinstituten aufgestellt worden.

Inhalt:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Besondere Merkmale des Laserstrahlschweißens
 - 2.1 Fokussierter Laserstrahl
 - 2.2 Schmelz- und Wärmeeinflußzonen
 - 2.3 Maßhaltigkeit
- 3 Oberflächenvorbehandlung und Nahtvorbereitung
 - 3.1 Werkstückoberfläche
 - 3.2 Spaltbreiten
 - 3.3 Werkstückbedingte Beeinflussung des Laserstrahls
- 4 Nahtarten
- 5 Nachbearbeitung und Prüfbarkeit
- 6 Konstruktive Hinweise
 - 6.1 Nahtanfang und Nahtende
 - 6.2 Schweißen unterschiedlicher Werkstückdicken
 - 6.3 Schweißen mit Zusatz
 - 6.4 Schweißen von Rundnähten
 - 6.5 Schweißen schwer zugänglicher Nähte
 - 6.6 Spannvorrichtungen
- 7 Schrifttum

Für das Laserstrahlschweißen mit Festkörperlaseren in Elektronik und Feinwerktechnik gilt Merkblatt DVS 2809 (Laserstrahlschweißen in Elektronik und Feinwerktechnik).

2 Besondere Merkmale des Laserstrahlschweißens

Das Laserstrahlschweißen weist gegenüber anderen Schmelzschweißverfahren folgende Besonderheiten auf:

2.1 Fokussierter Laserstrahl

Ein Laserstrahl mit einer optischen Strahlleistung von 0,5 bis zu 10 kW (im Forschungs- und Entwicklungsbereich auch darüber) kann mit Hilfe von Spiegeln oder Linsen auf eine Brennfleckgröße von weniger als 1 mm² fokussiert werden. Die dadurch erzielbaren hohen Leistungsflußdichten im Brennpunkt von über 10⁶ W/cm² ermöglichen das Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe, wobei im allgemeinen ohne Schweißzusätze geschweißt wird.

2.2 Schmelz- und Wärmeeinflußzonen

Die Schmelz- und Wärmeeinflußzonen sind wesentlich schmaler als beispielsweise die von Lichtbogenschweißverbindungen. Entsprechend geringer sind wegen des kleinen Schweißnahtvolumens die Wärmebeeinflussung des Grundwerkstoffes und die Schrumpfkkräfte. Die Bilder 1a und 1b verdeutlichen dies anhand von jeweils drei Makroschlitfen an Schweißnähten, die mit vergleichbaren Schweißverfahren hergestellt wurden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt enthält Empfehlungen zum fachgerechten Konstruieren und zur Vorbehandlung von Werkstücken aus metallischen Werkstoffen zum CO₂-Laserstrahlschweißen.

Verfahrenstechnische Grundlagen des CO₂-Laserstrahlschweißens (insbesondere des Naht- und Punktschweißens) werden in Merkblatt DVS 3203 Teil 1 beschrieben.

MAG-Schweißung

Laserstrahlschweißung

V-Naht 50° zweilagig

Fugenform:

I-Stoß



v₁ = 4,8 mm/s I₁ = 140 A
v₂ = 5,6 mm/s I₂ = 225 A
P₁ = 2,8 kW
P₂ = 4,9 kW

v = 15 mm/s
P = 4,5 kW

v = 40 mm/s
P = 7,0 kW

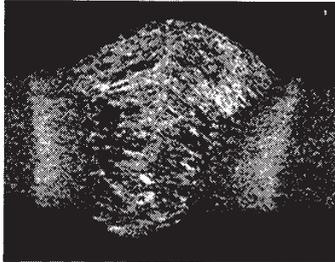
Werkstoff: St 52-3
Blechdicke: 6 mm
Schweißposition: waagrecht

Bild 1a. MAG- und Laserstrahlschweißnaht im Vergleich.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung 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 Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e. V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

UP-Schweißung



$v = 6,7 \text{ mm/s}$
 $P = 21 \text{ kW}$
 $I_s = 700 \text{ A}$
 Schweißpulver:
 OP 121 TT
 Zusatzwerkstoff S 3

Laserstrahl-
schweißung



$v = 24 \text{ mm/s}$
 $P = 10 \text{ kW}$
 Prozeßgas:
 Helium

Elektronenstrahl-
schweißung



$v = 70 \text{ mm/s}$
 $P = 10 \text{ kW}$

Werkstoff: St 52-3
 Blechdicke: 10 mm
 Schweißposition: waagrecht
 I-Naht

Bild 1b. Unterpulver-, Laserstrahl- und Elektronenstrahlschweißnaht im Vergleich.

2.3 Maßhaltigkeit

Ein besonderer Vorzug des Verfahrens ist, daß aufgrund der verhältnismäßig hohen Schweißgeschwindigkeit und der geringen Erwärmung des Werkstücks ein sehr geringer Verzug zu erreichen ist.

Dadurch ist im allgemeinen keine Nachbearbeitung des geschweißten Werkstücks bzw. der Schweißverbindung erforderlich.

3 Oberflächenvorbehandlung und Nahtvorbereitung

3.1 Werkstückoberfläche

Im allgemeinen wird wie bei anderen Verfahren auch beim Laserstrahlschweißen durch Verunreinigungen und Fremdbeschichtungen an den Werkstückoberflächen die Entstehung von inneren Nahtfehlern wie Poren, Risse, Endkrater begünstigt.

Die durch Aufkohlen, Nitrieren, Eloxieren, Phosphatieren, Chromatieren usw. behandelten Werkstückoberflächen müssen deshalb an den Stirnflächen und im Abstand von etwa zweimal Nahtbreite neben der Stoßfuge entfernt werden.

Bei den zu schweißenden Werkstücken mit hohen Anforderungen an die Nahtgüte (zum Beispiel Festigkeit, Gasdichtheit) ist im Bereich der Schweißnaht (mindestens Nahtoberrautenbreite) und an den Stirnflächen eine chemische oder mechanische Reinigung vorzusehen.

Bei geringen Anforderungen an die Nahtgüte ist – in Abhängigkeit von der Art der Verunreinigung – nicht immer eine Oberflächenreinigung erforderlich. In einzelnen Fällen sind Schweißungen trotz unterschiedlicher Verunreinigungen und Fremdbeschichtungen (Öl, Fett, Lack, Oxidschicht, Zink) erfolgreich durchgeführt worden.

Zum Entfernen dieser Oberflächenschichten eignen sich folgende Bearbeitungsverfahren: Strahlen mit abrasiven Mitteln, Fräsen, Drehen und Schleifen.

Bei der Bearbeitung ist in Abhängigkeit vom Werkstoff und der Verträglichkeit mit dem nachfolgenden Schweißvorgang ein Kühlmittel besonderer Zusammensetzung zu verwenden. Beim Entgraten der Werkstücke ist nach Möglichkeit ein Anfasen im Nahtbereich zu vermeiden.

3.2 Spaltbreiten

Die maximal zulässige Spaltbreite ist abhängig vom Fokussdurchmesser des Laserstrahls, der Nahtgeometrie, der Nahtart und der Bauteilgeometrie sowie den metallurgischen Eigenschaften des Werkstoffs.

Die maximal zulässige Spaltbreite $b_{s,max}$ sollte kleiner als das 0,7fache des Fokussdurchmessers d_F sein:

$$(1) \quad b_{s,max} < 0,7 d_F; \quad d_F \approx 0,1 \text{ bis } 1,0 \text{ mm, je nach verwendeter Fokussieroptik und vorhandener Strahlqualität.}$$

Für das Schweißen von Nähten in Stahl (I-Stoß) gelten bei freier Schrumpfung nachstehende Erfahrungswerte:

Die maximale Spaltbreite $b_{s,max}$ muß kleiner als die Querschrumpfung S_Q sein, um Nahteinfall zu vermeiden:

$$(2) \quad b_{s,max} < S_Q.$$

Die Querschrumpfung S_Q beträgt für Stähle etwa 6% der mittleren Schweißnahtbreite b_s :

$$(3) \quad S_Q = 0,06 b.$$

Das Verhältnis der Schmelzzonentiefe t zur Schweißnahtbreite b kann beim Laserstrahlschweißen über einen weiten Bereich variiert werden. Dabei sind die Werte t/b von 2 bis 6 charakteristische Größen.

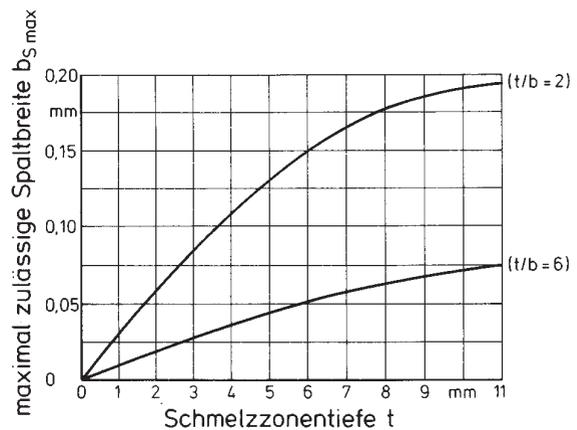


Bild 2. Maximal zulässige Spaltbreiten für Längsnähte ohne Nahteinfall an Stahl für verschiedene Verhältnisse t/b .

In Bild 2 wird die maximale Spaltbreite $b_{s,max}$ in Abhängigkeit von der Schmelzzonentiefe t für zwei verschiedene Tiefe: Breite-Verhältnisse t/b gezeigt. Beim Laserstrahlschweißen mit Schweißzusatz können größere Spaltbreiten überbrückt werden.

3.3 Werkstückbedingte Beeinflussung des Laserstrahls

Der Laserstrahl wird durch elektrische und magnetische Felder nicht beeinflusst. Eine Streuung des Laserstrahls kann hervorger-