

Ersetzt Ausgabe Dezember 1988

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 Unterschiedliche Werkstückdicken (z. B. Tailored Blanks)
 - 6.3 Schweißen mit Zusatzwerkstoff
 - 6.4 Schweißen von Rundnähten
 - 6.5 Schweißen schwer zugänglicher Nähte
 - 6.6 Spannvorrichtungen
- 7 Schrifttum

Verfahrenstechnische Grundlagen des Laserstrahlschweißens, insbesondere des Nahtschweißens werden in Merkblatt DVS 3203-1 beschrieben.

Für das Laserstrahlschweißen mit Festkörperlasern 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

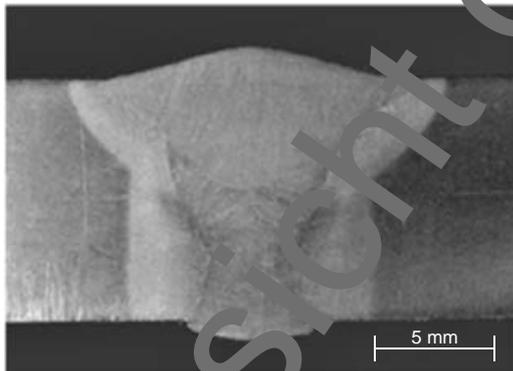
Ein Laserstrahl kann mithilfe von Spiegeln oder Linsen auf einen Durchmesser von weniger als 0,1 mm fokussiert werden. Die dadurch erzielbaren Intensitäten im Brennpunkt von über 10^6 W/cm² ermöglichen das Tiefschweißen metallischer Werkstoffe. Üblicherweise wird beim Laserstrahlschweißen ohne Zusatzwerkstoff gearbeitet.

2.2 Schmelz- und Wärmeeinflusszonen

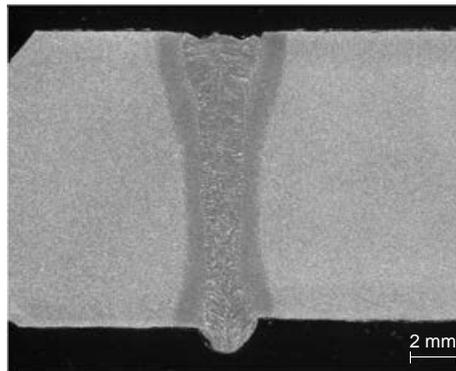
Die Schmelz- und Wärmeeinflusszonen sind wesentlich schmaler als beispielsweise die von Lichtbogenschweißverbindungen. Entsprechend geringer sind die Wärmebeeinflussung des Grundwerkstoffes und die Schrumpfkkräfte wegen des kleinen Schweißnahtvolumens. Die Bilder 1a und 1b verdeutlichen dies anhand von Makroschliffen an Schweißnähten.

1 Anwendungsbereich

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



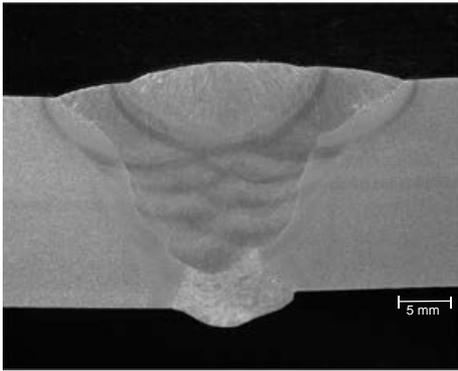
MSG 10 mm – 10 mm/s pro Lage



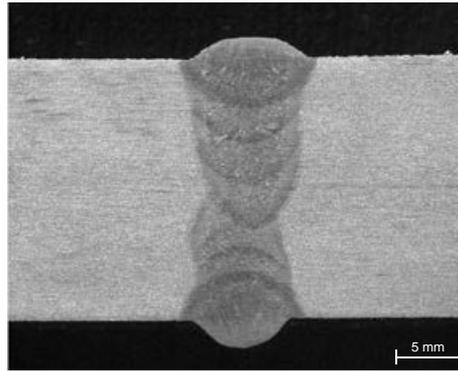
Faserlaser 12 mm – 10 kW – 20 mm/s

Bild 1a. Laserstrahlschweißnaht und MSG-Schweißnaht im Vergleich.

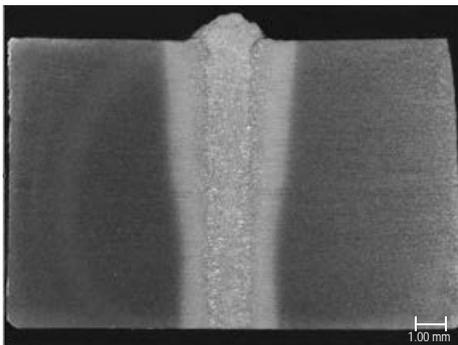
Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende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



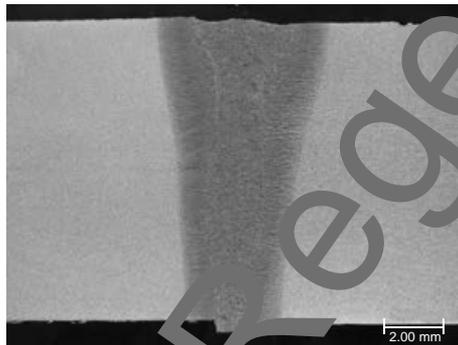
UP-Schweißen
20 mm Blechdicke – 10 mm/s pro Lage



MSG-Engspaltschweißen
20 mm Blechdicke – 12 mm/s pro Lage



Laser unter Vakuum
10 mm Blechdicke – 6 kW – 8,5 mm/s



Elektronenstrahlschweißen
10 mm Blechdicke – 6 kW – 15 mm/s

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

2.3 Maßhaltigkeit

Ein besonderer Vorzug des Verfahrens ist, dass aufgrund der verhältnismäßig hohen Schweißgeschwindigkeit und der geringeren Erwärmung des Werkstücks ein geringer Verzug zu erreichen

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

3 Oberflächenvorbehandlung und Nahtvorbereitung

3.1 Werkstückoberfläche

Im Allgemeinen wird beim Laserstrahlschweißen, wie bei anderen Verfahren auch, durch Verunreinigung und Beschichtungen der Werkstückoberflächen die Entstehung von inneren Nahtfehlern wie Poren, Risse und Endkratern begünstigt.

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

Bei den mit hohen Anforderungen an die Nahtgüte (zum Beispiel Festigkeit, Dichtigkeit) zu schweißenden Werkstücken ist im Bereich der Schweißnaht (mindestens Nahtberraupenbreite) 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 Verunreinigungen und Beschichtungen (Öl, Fett, Lack, Oxidschicht, Zink) erfolgreich durchgeführt worden.

Beim Entgraten der Werkstücke ist nach Möglichkeit ein Anfasen im Nahtbereich zu vermeiden.

3.2 Spaltbreiten

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

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

- Die maximale Spaltbreite b_{smax} muss kleiner als die Querschrumpfung S_Q sein, um Nahteinfall zu vermeiden:
 - (1) $b_{\text{smax}} < S_Q$.
 - (2) Die Querschrumpfung S_Q beträgt für Stähle etwa 6% der mittleren Schweißnahtbreite b_s :
 - (2) $S_Q = 0,06 b$.
- Das Verhältnis der Schmelzzone tiefe t zur Schweißnahtbreite b kann beim Laserstrahlschweißen über einen weiten Bereich variiert werden. Dabei sind die Werte t/b von 1 bis 10 charakteristische Größen.

In Bild 2 wird die maximale Spaltbreite b_{smax} in Abhängigkeit von der Schmelzzone tiefe t für zwei verschiedene Tiefe:Breite-Verhältnisse t/b gezeigt.

Beim Laserstrahlschweißen mit Schweißzusatz können größere Spaltbreiten überbrückt werden.