

	Schweißen Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe Teil 6: Laserstrahlschweißen Deutsche Fassung prEN 1011-6:2003	DIN EN 1011-6
ICS 25.160.10	Entwurf Welding — Recommendation for welding of metallic materials — Part 6: Laser beam welding; German version prEN 1011-6:2003 Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 6: Soudage par faisceau laser; Version allemande prEN 1011-6:2003 Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten — vorzugsweise als Datei per E-Mail an nas@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter http://www.din.de/stellungnahme abgerufen werden; — oder in Papierform an den Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin). Nationales Vorwort Der europäische Norm-Entwurf prEN 1011-6:2003 wurde vom CEN/TC 121/SC 4 „Qualitätsmanagement für das Schweißen“ erarbeitet. Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Gemeinschaftsausschuss DIN/DVS AA 15.2/AG V 9.2 „Laserstrahlschweißen und -schneiden“ im Normenausschuss Schweißtechnik (NAS). Auf Grund der eingehenden Stellungnahmen wird dieser Entwurf nochmals überarbeitet und danach zur formellen Abstimmung zwecks endgültiger Annahme als Europäische Norm vorgelegt. Die im Abschnitt 2 und im Abschnitt „Literaturhinweise“ zitierten Europäischen Normen und Norm-Entwürfe sind unter der gleichen Nummer als DIN-EN-Norm bzw. DIN-EN-ISO-Normen veröffentlicht (außer für EN 20286-2 wurde DIN ISO 286-2 veröffentlicht und für CR ISO/TR 15608 wurde DIN V 1738 veröffentlicht). Fortsetzung Seite 2 und 42 Seiten prEN Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.	Einsprüche bis 2003-11-30

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN V 1738, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2000); Deutsche Fassung CR ISO 15608:2000.*

DIN ISO 286-2, *ISO-System für Grenzmaße und Passungen — Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen; Identisch mit ISO 286-2:1988.*

Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 6: Laserstrahlschweißen

Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 6 : Soudage par faisceau laser

Welding — Recommendation for welding of metallic materials — Part 6: Laser beam welding

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz	8
5 Qualitätsanforderungen	8
6 Einrichtungen	9
6.1 Allgemeines.....	9
6.2 Abnahmeprüfungen.....	9
6.3 Instandhaltung und Kalibrierung.....	9
7 Qualifizierung des Bedienpersonals	9
8 Schweißanweisung	10
9 Schweißverfahrensprüfung	10
10 Schweißzusätze	10
10.1 Zusatzwerkstoffe.....	10
10.2 Gase.....	10
11 Konstruktion	11
11.1 Allgemeine Hinweise für die Konstruktion oder das Bauteil.....	11
11.2 Nahtformen.....	11
11.3 Nahtvorbereitung.....	11
12 Laserstrahlschweißen	12
12.1 Merkmale.....	12
12.2 Vorteile und Einschränkungen.....	14
12.3 Montage und Spannvorrichtungen.....	15
12.4 Prozesssteuerung.....	15
12.5 Inspektion und Prüfen.....	15
12.6 Unregelmäßigkeiten.....	15
Anhang A (informativ) Einrichtungen	16
A.1 Beschreibung des Laserstrahlprozesses.....	16
A.1.1 Grundlagen.....	16
A.1.2 Baugruppen.....	16
A.2 Laserstrahlquellen.....	17
A.2.1 CO ₂ -Laser.....	17
A.2.2 Nd:YAG-Laser mit gepumpten Lampen.....	17
A.2.3 Nd:YAG-Laser mit gepumpten Dioden.....	18
A.2.4 Hochleistungs-Array-Diodenlaser.....	18
A.2.5 Andere Lasertypen.....	19
A.3 Strahlführung, -formung und -fokussierung.....	19
A.3.1 Strahlführung.....	19
A.3.2 Strahlformung (Fokusoptiken).....	19
A.4 Einrichtungen zum Bewegen des Laserstrahls und des Werkstückes.....	23
A.5 Vorrichtungen zum Spannen der Werkstücke.....	24
A.6 Kühlsysteme.....	24
A.7 Steuerungssysteme.....	24

Anhang B (informativ) Laserstrahleigenschaften	25
B.1 Laserstrahleigenschaften	25
Anhang C (informativ) Informationen über die Schweißbeignung metallischer Werkstoffe	27
C.1 Allgemeines	27
C.2 Stahl und Eisenlegierungen	27
C.2.1 Allgemeines	27
C.2.2 C-Mn-Stähle und Baustähle	28
C.2.3 Legierte Stähle	28
C.2.4 Nichtrostende Stähle	28
C.2.5 Gusseisen	28
C.2.6 Weicheisen	29
C.3 Nickellegierungen	29
C.4 Aluminium und Magnesiumlegierungen	29
C.5 Kupfer und seine Legierungen	29
C.6 Refrektorische und reaktive Metalle	29
C.7 Titan und seine Legierungen	30
C.8 Unterschiedliche Metalle	30
C.9 Nichtmetalle	30
Anhang D (informativ) Informationen über Ursachen von Schweißnahtunregelmäßigkeiten und Gegenmaßnahmen	31
D.1 Informationen über Ursachen von Schweißnahtunregelmäßigkeiten und Gegenmaßnahme	31
Anhang E (informativ) Strahlsteuerung und -überwachung	34
E.1 Allgemeines	34
E.2 Fokuspunkt	34
E.3 Strahljustierung und Pilotstrahl-Konzentrizität	34
E.4 Strahlleistung	35
E.5 Leistungsdichteverteilung	35
E.6 Düsenjustierung	35
E.7 Strahlpulsen	36
E.8 Manipulatoren, Führungen usw.	36
Anhang F (informativ) Laserstrahlverfahren	37
F.1 Laserstrahlschneiden	37
F.1.1 Besonderheiten	37
F.2 Laserstrahlbohren	39
F.2.1 Besonderheiten	39
F.2.2 Vorteile und Einschränkungen	39
F.2.3 Oberflächenbehandlung	39
F.3 Laserstrahl-Randschichtbehandlung	39
F.3.1 Besonderheiten	39
F.3.2 Vorteile und Einschränkungen	40
F.3.3 Oberflächenbehandlung	40
F.4 Laserstrahlplattieren	40
F.4.1 Besonderheiten	40
F.5 Laserstrahlmarkieren und -gravieren	41
F.5.1 Besonderheiten	41
F.5.2 Vorteile und Einschränkungen	41
F.5.3 Oberflächenbehandlungen	41
Literaturhinweise	42

Bilder**Bild 1 — Werkstück mit An- und Auslaufstück zum Entfernen des Schweißnahtanfangs und -endes.. 12****Bild A.1 — Grundlagen der Bifokallinsen 20****Bild B.1 — Definition der Parameter für die Strahlöffnung und Strahlkennzeichnung 25****Tabellen****Tabelle 1 — Qualitätskriterien..... 9****Tabelle 2 — Abnahmeprüfungen 9****Tabelle A.1 — CO₂-Laser 17****Tabelle A.2 — Nd:YAG-Laser mit gepumpten Lampen 17****Tabelle A.3 — Nd:YAG-Laser mit gepumpten Dioden..... 18****Tabelle A.4 — Hochleistungs-Array-Diodenlaser 18****Tabelle A.5 — Typische Lösungen für Bewegungseinrichtungen..... 23****Tabelle C.1 — Minimales Mangan-Schwefel-Verhältnis 28****Tabelle D.1 — Ursachen von Schweißnahtunregelmäßigkeiten und Gegenmaßnahmen 31****Tabelle F.1 — Schneidgase 38**

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1011-6:2003) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Diese Europäische Norm besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen
- Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen
- Teil 3: Lichtbogenschweißen von nicht rostenden Stählen
- Teil 4: Lichtbogenschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen
- Teil 5: Schweißen von plattierten Stählen
- Teil 6: Laserstrahlschweißen
- Teil 7: Elektronenstrahlschweißen
- Teil 8: Schweißen von Gusseisen (in Vorbereitung im CEN/TC 190)

Einleitung

Diese Europäische Norm ist in mehreren Teilen erstellt worden, um die verschiedenen Arten schweißgeeigneter metallischer Werkstoffe erfassen zu können, die nach europäischen Normen erzeugt werden.

Wenn diese Norm zu Vertragszwecken herangezogen wird, müssen die Bestell- oder Vertragspartner die notwendige Übereinstimmung mit dem entsprechenden Teil oder Anhang dieser Norm vereinbaren.

Diese Norm gibt allgemeine Anleitungen für eine einwandfreie Fertigung und Überwachung von Schweißungen und verwandter Prozesse. Sie beschreibt einige mögliche nachteilige Auswirkungen, die auftreten können und gibt Hinweise, wie sie vermieden werden können. Sie ist allgemein anwendbar für das Laserstrahlschweißen von metallischen Werkstoffen und vereinzelt auch für nichtmetallische Werkstoffe. Sie kann ungeachtet der Fertigungsart angewendet werden, entsprechende Anwendernormen, Berechnungsregeln und Konstruktionsrichtlinien können jedoch zusätzliche Anforderungen enthalten. Angaben über zulässige Konstruktionsbeanspruchungen, Prüfverfahren und Bewertungsgruppen sind von den Betriebsbedingungen in der Fertigung abhängig und in der Norm nicht enthalten. Derartige Einzelheiten sind den entsprechenden Anwendernormen zu entnehmen oder zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren.

Bei der Erstellung der Norm wurde vorausgesetzt, dass die Empfehlungen entsprechend qualifiziertem, erfahrenem und geschultem Personal übertragen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm enthält allgemeine Anleitungen für das Laserstrahlschweißen und verwandter Prozesse zum Fügen metallischer Werkstoffe für alle Erzeugnisformen (z. B. gegossen, gewalzt, stranggepresst, geschmiedet).

ANMERKUNG Einige Anleitungen zum Laserstrahlschneiden, -bohren, -randschichtbehandeln und -plattieren werden im Anhang F beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 439, *Schweißzusätze — Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden.*

EN 440, *Schweißzusätze — Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung.*

EN 729-2, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen.*

EN 758, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung.*

EN 775, *Industrieroboter — Sicherheit.*

EN 1011-1, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Anleitungen für Lichtbogenschweißen.*

EN 1274, *Thermisches Spritzen — Pulver — Zusammensetzung — Technische Lieferbedingungen.*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen.*

EN 1668, *Schweißzusätze — Stäbe, Drähte und Schweißgut zum Wolfram-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung.*

EN 12070, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von warmfesten Stählen — Einteilung.*

EN 12071, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Schutzgasschweißen von warmfesten Stählen — Einteilung.*

EN 12072, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung.*

EN 12073, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit oder ohne Gasschutz von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung.*

EN 12534, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Drähte, Stäbe und Schweißgut zum Schutzgasschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung.*

EN 12535, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Schutzgasschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung.*

EN 20286-2, *ISO-System für Grenzabmaße und Passungen — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen (ISO 286-2:1988).*

EN 60825-1, *Sicherheit von Laser-Einrichtungen — Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien.*

prEN 14640, *Schweißzusätze — Massivdrähte und -stäbe zum Schmelzschweißen von Kupfer und Kupferlegierungen — Einteilung.*

EN ISO 6520-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an Metallen — Teil 1: Schmelzschweißen.*

EN ISO 9013, *Thermisches Schneiden — Einteilung thermischer Schnitte — Geometrische Produktspezifikation und Qualität.*

EN ISO 11145, *Optik und optische Instrumente — Laser und Laseranlagen — Begriffe und Formelzeichen.*

EN ISO 13919-1, *Schweißen — Elektronen- und Laserstrahl-Schweißverbindungen — Leitfaden für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten — Teil 1: Stahl.*

EN ISO 13919-2, *Schweißen — Elektronenstrahl- und Laserstrahl-Schweißverbindungen — Richtlinie für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten — Teil 2: Aluminium und seine schweißgeeigneten Legierungen.*

EN ISO 13920, *Schweißen — Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße — Form und Lage.*

EN ISO 14919, *Thermisches Spritzen — Drähte, Stäbe und Schnüre zum Flamspritzen und Lichtbogenspritzen — Einteilung — Technische Lieferbedingungen.*

EN ISO 15614-11, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen.*

EN ISO 15616-1, *Abnahmeprüfungen für CO₂ — Laserstrahlanlagen zum Qualitätsschweißen und -schneiden — Teil 1: Grundlagen, Abnahmebedingungen.*

EN ISO 15616-2, *Abnahmeprüfungen für CO₂ — Laserstrahlanlagen zum Qualitätsschweißen und -schneiden — Teil 2: Messen der statischen und dynamischen Genauigkeit.*

EN ISO 15616-3, *Abnahmeprüfungen für CO₂ — Laserstrahlanlagen zum Qualitätsschweißen und -schneiden — Teil 3: Kalibrieren von Instrumenten zum Messen des Gasdurchflusses und -drucks.*

prEN ISO 15609-4, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen.*

prEN ISO 15613, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer Schweißverfahrensprüfung vor Fertigungsbeginn.*

prEN ISO 17662, *Schweißen — Kalibrierung, Bestätigung und Gültigkeitserklärung von Einrichtungen einschließlich ergänzender Tätigkeiten, die beim Schweißen verwendet werden.*

prEN ISO 18273, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen — Klassifizierung.*

prEN ISO 18274, *Schweißzusätze — Draht- und Bandedelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen — Einteilung.*

prEN ISO 22827-1, *Abnahmeprüfungen für Nd:YAG-Laserstrahlschweißmaschinen — Maschinen mit Versorgung durch Lichtleitfaser — Teil 1: Lasereinrichtung.*¹⁾

prEN ISO 22827-2, *Abnahmeprüfungen für Nd:YAG-Laserstrahlschweißmaschinen — Maschinen mit Versorgung durch Lichtleitfaser — Teil 2: Bewegung durch mechanische Einrichtungen.*¹⁾

prEN ISO 15614-7, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 7: Auftragschweißungen.*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN ISO 11145 angegebenen Begriffe.

4 Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz

Eine allgemeine Prüfliste zum Umweltschutz beim Schweißen und bei verwandten Prozessen ist im CEN/TC 121 in Vorbereitung. Sie umfasst auch Anwendungen mit dem Laserstahl.

Gegenüber dem Lichtbogenschweißen treten beim Laserstrahlschweißen zusätzliche Gefahren auf. Besondere Anweisungen sind z. B. in EN 60825-1 enthalten.

Hinweise auf die Sicherheit von Industrierobotern, die zum Schweißen Fokuseinrichtungen und/oder Schweißbauteile bewegen, sind in EN 775 enthalten.

5 Qualitätsanforderungen

Das Laserstrahlschweißen ist ein komplexer Prozess und benötigt besondere Steuerungen. Alle Prozessvorgänge sind numerisch steuerbar und erfordern das Programmieren jedes einzelnen Arbeitsschrittes. Die Maßnahmen sind in Übereinstimmung mit EN 729-2 zu überwachen.

ANMERKUNG Damit wird keine Verpflichtung zur Zertifizierung verbunden, jedoch sollte der Einsatz der Prozesssteuerungen in Übereinstimmung mit EN 729-2 sein.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Prozesssteuerung, sind Qualitätsanforderungen an die Nahtfugengeometrie und andere entsprechende Anforderungen, die vor Beginn der Fertigung festzulegen sind. Auf eine Anzahl folgender Europäischer Normen, die Nahtfugengeometrie sowie Qualitätsmerkmale spezifizieren, kann verwiesen werden.

1) In Vorbereitung.

Tabelle 1 — Qualitätskriterien

Anforderungen und Toleranzen	Nummer der Norm
Qualitätsanforderungen an Strahlschweißnähten	EN ISO 13919-1, EN ISO 13919-2
Qualitätsanforderungen an Schnittoberflächen	EN ISO 9013
Allgemeine Toleranzen	EN ISO 13920
Allgemeine Anforderungen	EN 729-2 enthält Angaben und Hinweise die vor Beginn einer Fertigung zu berücksichtigen sind. Anstelle von EN 729-2 kann EN 1011-1, Anhang A, als Richtlinie benutzt werden.

6 Einrichtungen

6.1 Allgemeines

Informationen über die einzelnen Einrichtungen zum Bearbeiten mit Laserstrahlschweißen sind den Unterlagen des Anlagenherstellers zu entnehmen. Einige Fachbücher und eine große Zahl von Fachaufsätzen stehen für Grundlageninformationen zur Verfügung. Anhang A enthält allgemeine Informationen über das Verfahrensprinzip und die Verfahrenstechnik. Anhang B beschreibt Eigenschaften von Laserstrahlen.

6.2 Abnahmeprüfungen

Abnahmeprüfungen von Laserstrahlanlagen werden in folgenden Normen geregelt, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Abnahmeprüfungen

Anlagentyp	Nummer der Norm
CO ₂ -Laserstrahlanlage	EN ISO 15616-1, EN ISO 15616-2 und/oder EN ISO 15616-3
YAG-Laserstrahlanlage	prEN ISO 22827-1, prEN ISO 22827-2

6.3 Instandhaltung und Kalibrierung

Maßnahmen zur Instandhaltung sind nicht genormt. Hinweise sind den Angaben des Anlagenherstellers zu entnehmen. Die Grundlagen der Kalibrierung, Bestätigung und Gültigkeitserklärung sowie Mindestanforderungen sind in prEN ISO 17662 enthalten.

7 Qualifizierung des Bedienpersonals

Die Anforderung zur Qualifizierung des Bedienpersonals für vollmechanische und automatische Schweißeinrichtungen sind in EN 1418 festgelegt. Unter den in dieser Norm aufgeführten verschiedenen Prozesse eignet sich besonders die Funktionsprüfung als Grundlage für die Qualifizierung des Personals, das zum Bedienen und Einrichten von Laserstrahlanlagen verantwortlich ist. Bei einer Funktionsprüfung legt der Bediener oder Einrichter seine/ihre Kenntnisse über das Arbeiten mit Schweißanweisungen und über das Einstellen, Überwachen und Kontrollieren der Laserstrahlanlage dar.

8 Schweißanweisung

Alle Einzelheiten für das Laserstrahlschweißen von Bauteilen sind in einer Schweißanweisung (WPS) nach prEN ISO 15609-4 festzuhalten. Fertigungsanweisungen für das Schneiden, Bohren, Randschichtbehandeln und Plattieren sind nicht genormt. Falls erforderlich, können Hinweise aus der prEN 15609-4 entnommen werden.

9 Schweißverfahrensprüfung

Eine formale Qualifikation der Laserstrahlverfahren wird für alle Anwendungen empfohlen und für viele Anwendungen gefordert. Die Schweißverfahrensprüfung kann, falls erforderlich, nach EN ISO 15614-11 durchgeführt werden. Ist eine Qualifikationsprüfung vor Fertigungsbeginn notwendig, so ist prEN ISO 15613 anzuwenden. Qualifikationsprüfungen vor Fertigungsbeginn sind im Allgemeinen beim Schneiden, Bohren und Randschichtbehandeln üblich. prEN ISO 15613 gibt dazu einige Hinweise.

Für Verfahrensprüfungen beim Laserstrahl-Schweißplattieren steht prEN ISO 15614-7 zur Verfügung. Sind Verfahrensprüfungen vor Fertigungsbeginn notwendig, so ist prEN ISO 15613 anzuwenden.

10 Schweißzusätze

10.1 Zusatzwerkstoffe

Zusatzwerkstoffe werden für das Laserstrahlplattieren und gelegentlich für das Laserstrahlschweißen eingesetzt. Das Hauptproblem ist, dass die für Laserstrahlanwendungen geeigneten Zusatzwerkstoffe kaum im Handel angeboten werden und das auch keine entsprechenden Normen vorhanden sind. Die üblichen Lieferformen sind massive Runddrähte oder Pulver besonders zum Schweißplattieren zur Anwendung. Es kommen folgende Bezugsmöglichkeiten in Betracht:

- handelsübliche Zusatzwerkstoffe für Metallschutzgas- und Wolfram-Inertgasschweißen. Es ist zu bemerken, dass auch Fülldrähte geeignet sind. Geringe (Versuchs-) Fertigungen für Röhrchendrähte sind für besondere Anwendungen möglich. Entsprechende Normen sind: EN 440, EN 758, EN 1668, EN 12070, EN 12071, EN 12072, EN 12073, EN 12534, EN 12535, prEN 14640, prEN ISO 18273, prEN ISO 18274;
- handelsübliche Zusatzwerkstoffe für das thermische Spritzen. Die üblichen Lieferformen sind Massivdrähte nach EN ISO 14919;
- Pulver für thermisches Spritzen nach EN 1274;
- Pulver für metallurgische Anwendungen.

10.2 Gase

Gase werden beim Laserstrahlschweißen zum Abschirmen und zum Unterdrücken des Plasmas benötigt. Sie unterstützen das Laserstrahlschneiden und sind beim Laserstrahlplattieren, -bohren und -markieren als Schutzgase erforderlich. Für CO₂-Laser ist eine kontinuierliche Gasversorgung unerlässlich.

Die einzige dafür maßgebende Norm ist EN 439. Diese Norm ist jedoch nicht für alle Gase geeignet, die für den Laserstrahlprozess benötigt werden. Im Bedarfsfall sind Zusammensetzung, Toleranzen usw. aller nicht genormten Gase gesondert zu spezifizieren.

11 Konstruktion

11.1 Allgemeine Hinweise für die Konstruktion oder das Bauteil

In erster Linie ist auf die Zugänglichkeit aller Nähte zu achten. Der Abstand zwischen Fokussierungseinrichtung und Nahtoberfläche kann dabei ein gewisser Vorteil sein, doch ist zu berücksichtigen, dass die Düsen für das Schutz- und Plasmagas in unmittelbare Nähe zu positionieren sind. Darüber hinaus können Sensoren die Zugänglichkeit zusätzlich erschweren.

11.2 Nahtformen

Nahtvorbereitung ist nur für das Laserstrahlschweißen von Bedeutung. Der normale I-Stoß ist die übliche Form einer Verbindungsnaht. T-Stöße werden ähnlich geschweißt, eine vollständige Durchschweißung ist jedoch nicht erforderlich.

Durch Laserstrahlschweißen können Bauteilkomponenten mit geringen Maßtoleranzen gefügt werden. Bedingung ist, dass die Komponenten von einer Spannvorrichtung fixiert werden oder die Nahtfugen sind „selbstpositionierend“.

Eine Wurzelunterlage eignet sich als Spritzerschutz und unterdrückt das Entstehen von Randkerben.

Bei Axialrundnähten an Bauteilen mit engen Maßtoleranzen sind Presspassungen der Paarung H7/r6 bis H7/n6 (EN ISO 20286-2) zu wählen. Axialrundnähte mit Spielpassung sind unbedingt zu heften.

11.3 Nahtvorbereitung

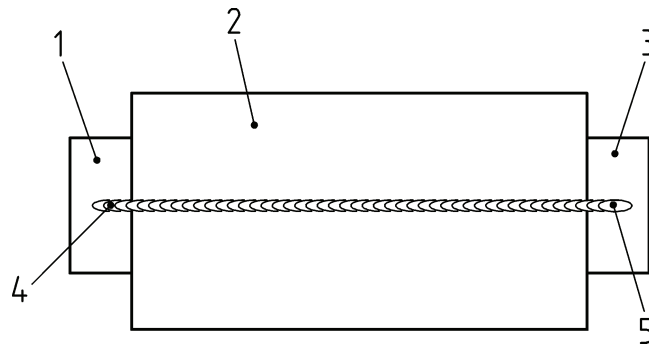
Die Güte des Laserstrahlschweißens hängt von der Genauigkeit und Sauberkeit der Nahtvorbereitung ab. Die Nahtfugen sind durch mechanisches Bearbeiten oder Schneiden vorzubereiten. Dabei ist die Oberflächenbeschaffenheit zu beachten. Nahtfugen sollten gereinigt werden, falls sie durch Oxide, Öl, Fett, Kühlmittel und Farbe verschmutzt sind.

Die spezielle Reinigungsmethode ist abhängig vom Werkstoff, von der Bauteilgröße und den Qualitätsanforderungen sowie von den Betriebsbedingungen. Folgende Behandlungen können ausgeführt werden:

- manuelles Entfetten mit einem Lösungsmittel;
- Reinigen in einer geschlossenen Einrichtung unter Lösungsmitteldampf oder in einem Ultraschallbad;
- Vorbehandlung durch Dampfreinigen mit einem leicht alkalischen Zusatz, anschließend Trocknen;
- Neutralisieren durch Beizen, Waschen in destilliertem Wasser, Trocknen, kurzzeitiges Lagern;
- mechanisches Bearbeiten durch Schleifen, Bürsten usw.;
- Primer und ähnliche Schichten auf Stahl können mit einem defokussierten Laserstrahl verbrannt werden. Besonders hohe Geschwindigkeiten von mehr als 100 mm/s sind für diese Behandlung üblich.

Werkstoffrandschichten, die durch Aufkohlen, Anodisieren, Cadmieren, Nitrieren, Phosphatieren, Galvanisieren usw. entstanden sind, müssen durch mechanisches Bearbeiten der Nahtfuge und der angrenzenden Bereiche entfernt werden.

Kann das Bauteil am Nahtanfangs- und -endbereich nicht bearbeitet werden, um den Endkrater zu entfernen, sind Anlauf- bzw. Auslaufstücke zu verwenden, siehe Bild 1. Diese Maßnahme eignet sich auch, um beim Schweißen den Wärmestau an den Werkstückenden zu unterdrücken. Die An-/Auslaufstücke sollten dazu durch Spannen oder Schweißen angebracht werden, damit ein thermisch ausreichender Kontakt mit dem Werkstück gewährleistet ist. Die Stücke sind anschließend zu entfernen.



Legende

- 1 Anlaufstück
- 2 Werkstück
- 3 Auslaufstück
- 4 Schweißnahtanfang
- 5 Schweißnahtende

Bild 1 — Werkstück mit An- und Auslaufstück zum Entfernen des Schweißnahtanfangs und -endes

12 Laserstrahlschweißen

12.1 Merkmale

12.1.1 Verfahrensvarianten

Das Laserstrahlschweißen ist ein Schmelzschweißverfahren. Die Naht ist durch eine Schmelzzone und durch Wärmeeinflusszonen gekennzeichnet.

Das Laserstrahlschweißen wird oft als Tiefschweißverfahren bezeichnet. Zum Tiefschweißen ist ein Strahl hoher Leistungsdichte erforderlich, der den Werkstoff an der Strahlauftreffstelle verdampft. Der Strahl ist auf diese Weise (durch den Dampfdruck) in der Lage, einen tiefen zylinderähnlichen Kanal zu erzeugen. Die Kanalwände sind mit geschmolzenem Werkstoff überzogen. Bei entsprechender Prozesssteuerung bewegt sich der Kanal entlang der Nahtfuge. Wärme- und Materialausbreitung verläuft überwiegend zweidimensional. Der Werkstoff schmilzt an der Vorderseite des Kanals und bewegt sich zur Rückseite, wo er zum Schmelzgut erstarrt. Eine geringe Werkstoffmenge verdampft oder wird als Spritzer in Richtung Strahlachse herausgeschleudert. Die Tiefschweißtechnik ist die übliche Verfahrensvariante zum vollständigen und teilweisen Durchschweißen bei großen Wanddicken.

Eine andere Variante ist das Wärmeleitungsschweißen. Dabei wird die Leistungsdichte im Strahl soweit verringert, dass kein Tiefschweißeffect entsteht und die Wärme sich ähnlich wie beim Lichtbogenschweißen ausbreitet. Zum Wärmeleitungsschweißen wird der Strahl (mit geringer Leistung) defokussiert oder oszilliert. Beim Wärmeleitungsschweißen breitet sich die Wärme dreidimensional aus, die im Schweißquerschnitt etwa kreisförmig erscheint, mit einer Breite die ungefähr das Doppelte von der Schmelzzoneentiefe beträgt. Dadurch kann die Wärmeeinbringung über einen weiten Bereich verteilt werden, der zweimal breiter als die Schmelzzoneentiefe ist. Auf diese Weise wird eine Voraussetzung zum Laserstrahl-Plattierungsschweißen geschaffen, wo in der Regel eine geringe Aufschmelzung verlangt wird.

Eine dritte Verfahrensvariante ist das Punktschweißen. Dabei bewegt sich der Arbeitskopf gegenüber dem Werkstück beim Schweißen nicht. Die Schweißzeit pro Punkt wird in Millisekunden gemessen. Für das Punktschweißen kommen gepulste Laser zur Anwendung. Die sich ergebende Schweißverbindung ist eine Kombination aus Wärmeleitungs- und Tiefschweißtechnik.