

Neubert · Weinhammer

Laserstrahlschweißen

Leitfaden für die Praxis

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Definition des Laserstrahlschweißens	1
1.1	Erzeugung des Laserstrahls	2
2	Laserstrahlschweißanlagen	4
2.1	Arten von Laserstrahlquellen	5
2.1.1	CO ₂ -Laser	5
2.1.2	Festkörperlaser	7
2.1.2.1	Lampengepumpte Stablaser	7
2.1.2.2	Diodengepumpte Stablaser	7
2.1.2.3	Diodengepumpte Scheibenlaser	8
2.1.2.4	Faserlaser	9
2.1.2.5	Diodenlaser	11
2.2	Dauerstrich- und Impulslaser	13
2.3	Strahlführung und -formung	13
2.3.1	Strahlführung und -formung in Fertigungssystemen mit CO ₂ -Lasern	13
2.3.2	Strahlführung und -formung in Fertigungssystemen mit Festkörperlasern	14
2.3.3	Einrichtungen zum Schutz der optischen Komponenten	16
2.4	Bewegungseinrichtungen	16
2.4.1	Bewegungseinrichtungen zur zweidimensionalen Bearbeitung	17
2.4.2	Bewegungseinrichtungen zur dreidimensionalen Bearbeitung	19
2.5	Systeme zur hochdynamischen Strahlführung und -manipulation (Remote-/Scanner-Schweißen)	19
2.6	Einrichtungen zur Zuführung von Zusatz- und Hilfsstoffen	21
3	Parameter beim Laserstrahlschweißen	24
3.1	Physikalische Vorgänge beim Laserstrahlschweißen	24
3.2	Wechselwirkung der Parameter beim Laserstrahlschweißen in der fertigungstechnischen Umsetzung	27
3.3	Einstellpraxis der Parameter beim Laserstrahlschweißen	28
3.3.1	Parameter beim Schweißen mit gepulsten Laserstrahlquellen	35
4	Laserstrahl-Lichtbogen-Hybridschweißverfahren	36
4.1	Vorteile der Hybridschweißverfahren	38
5	Schweißnahtgestaltung, Nahtvorbereitung und Toleranzen	41
6	Qualitätssichernde Maßnahmen in der Fertigung	46
6.1	Strahldiagnostik	46
6.2	Prozessüberwachung	46

7	Verfahrensprüfung und fertigungsbegleitende Prüfverfahren	48
7.1	Durchführung von Verfahrensprüfungen	48
7.2	Fertigungsbegleitende Prüfungen	49
8	Vergleich des Laserstrahlschweißens mit anderen Schmelzschweißverfahren	50
9	Schmelzschweißbeugung der metallischen Werkstoffe	52
9.1	Umwandlungsfähige Stähle	56
9.1.1	Gusseisen	62
9.2	Nicht umwandlungsfähige Stähle	62
9.2.1	Schwarz-Weiß-Verbindungen	67
9.3	Nichteisenmetalle	68
9.3.1	Aluminiumwerkstoffe	68
9.3.2	Kupferwerkstoffe	70
9.3.3	Nickelwerkstoffe	71
9.3.4	Titanwerkstoffe	72
9.3.5	Magnesiumwerkstoffe	72
9.3.6	Mischverbindungen	74
10	Prüfen und Bewerten von Schweißverbindungen	75
10.1	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	75
10.1.1	Bewertung der äußeren Nahtbeschaffenheit	75
10.1.2	Rissprüfung nach dem Eindring- und Magnetpulverprüfverfahren	76
10.1.3	Durchstrahlungsprüfung	77
10.1.4	Ultraschallprüfung	78
10.2	Zerstörende Prüfverfahren	79
10.2.1	Zugversuch	79
10.2.2	Technologischer Biegeversuch	80
10.2.3	Tiefungsversuch nach Erichsen	81
10.2.4	Kerbschlagbiegeversuch	82
10.2.5	Metallographische Untersuchung	83
10.2.6	Härteprüfung	86
10.2.7	REM-Untersuchung	87
10.2.8	Verfahren zur Ermittlung und Bewertung von Unregelmäßigkeiten an Laserstrahlschweißnähten	88
11	Ausbildung von Personal für die Laserstrahlmaterialbearbeitung	89
11.1	Ausbildungsrichtlinie für das Laserstrahlschweißen EWF® 494-01	89
11.2	Richtlinie DVS® 1187 zur Ausbildung der Laserstrahlfachkraft – Schweißtechnik	91
11.3	Richtlinie DVS® 1187-2 zur Ausbildung des Personals für die Laserstrahl- Handbearbeitung	94
12	Arbeitsschutz und Lasersicherheit	96
12.1	Gefährdung durch Laserstrahlung	96
12.2	Laserklassen	98
12.3	Maßnahmen zur Gewährleistung von Arbeitsschutz und Lasersicherheit	99
12.4	Erste-Hilfe-Maßnahmen	101

13	Anwendungsbeispiele	102
13.1	Schweißen am Herzschrittmacher	102
13.2	Schweißen am Airbag	103
13.3	Schweißen am Zünder für Airbag	104
13.4	Reparaturschweißung an einem Brillengestell	105
13.5	Reparaturschweißung an einer Halskette	106
13.6	Schweißen an einem Verstellhebel	106
13.7	Dummies für Abgaswärmetauscher mit eingeschweißten Kühlrohren (Rohr-Boden- Verbindung)	107
13.8	Schweißen an Gasbrennerdüse für Heizungen	108
13.9	Schweißen am Wärmetauscherrohr	109
13.10	Schweißen an einem Urea-Sensor	110
13.11	Schweißen an Glashalter und Glashalterbügel	111
13.12	Schweißen an einer Druckmessdose	112
13.13	Schweißen am Drucksensor	113
13.14	Schweißen im Automobilbau	114
13.14.1	Schweißen im Karosseriebau	114
13.14.2	Schweißen von Antriebskomponenten	115
13.15	Schweißen von Sonderprofilen	115
13.16	Schweißen von Aluminium-Leichtbaustrukturen	117
13.17	Schweißen von spiralförmigen Großrohren	118
13.18	Schweißen von Seitenwandsegmenten für den Schienenfahrzeugbau	119
13.19	Erstanwendung des Laserstrahl-MSG-Hybridschweißens im Schienenfahrzeugbau ...	120
13.20	Schweißen im Schiffbau	121
13.20.1	Schweißen von Sandwichpaneelen	121
13.20.2	Laserstrahl-MSG-Hybridschweißen von Längsversteifungen von Schiffsdecks	122
14	Literatur	123
14.1	Normen und Regelwerk	125