

Laserstrahltechnologien in der Schweißtechnik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort Verzeichnis der Abkürzungen

1	Grundlagen der Laserstrahltechnik zum Schweißen, Schneiden und Veredeln	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Abnahme- und Überwachungskriterien für eine Laserstrahlanlage	1
1.3	Prozeßparameter zum Laserstrahlschweißen	5
1.3.1	Schmelzzonentiefe	5
1.3.2	Nahtquerschnitt	7
1.3.3	Zusammenfassung	8
1.4	Prozeßparameter zum Laserstrahlschneiden	8
1.4.1	Sublimationsschneiden mit Laserstrahl	10
1.4.2	Schmelzschneiden mit Laserstrahl	11
1.4.3	Brennschneiden mit Laserstrahl	11
1.5	Prozeßparameter zum Laserstrahlveredeln	11
1.6	Zusammenfassung	12
	Schrifttum	13
2	Schweißbeignung metallischer Werkstoffe	14
2.1	Einleitung	14
2.1.1	Schweißbarkeit eines Bauteils	14
2.1.2	Schweißbeignung am Beispiel Stahl	15
2.1.3	Eignung metallischer Werkstoffe zum Laserstrahlschweißen	16
2.1.4	Beurteilung der Laserschweißbeignung anhand von drei Stufen	17
	Schrifttum	20
3	Laserstrahlquellen, -anlagen und optische Einrichtungen	22
3.1	Laserstrahlquellen für die Materialbearbeitung	22
3.1.1	Aufbau der CO ₂ -Hochleistungslaser	22
3.1.2	Aufbau des Nd-YAG-Festkörperlasers	28
3.2	Laserstrahl-Bearbeitungsanlagen	29
3.2.1	Strahlführungssysteme	29
3.2.2	Strahlformungssysteme	32
3.2.3	Strahl Diagnosesysteme / Sensorik	33

3.2.4	Handhabungskomponenten	35
3.3	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen	37
Schrifttum		38
4	Applikationen	39
4.1	Schweißen mit CO₂-Hochleistungslasern bis 5 kW	39
4.1.1	Einleitung	39
4.1.2	Verfahrenstechnische Grundlagen	39
4.1.2.1	Strahlparameter des fokussierten Strahls	40
4.1.2.2	Schweißgeschwindigkeit	41
4.1.2.3	Prozeßgasparameter	41
4.1.2.4	Schweißfehler und Möglichkeiten der Korrektur	44
4.1.2.5	Heftnähte	45
4.1.2.6	Schweißen mit Leistungsrampe	45
4.1.3	Anwendungsbeispiele	46
4.1.3.1	Schweißen von Gangrädern	46
4.1.3.2	Schweißen von Torsionsschwingungsdämpfern	47
4.1.3.3	Schweißen von Tassenstößeln	48
4.1.3.4	Schweißen von Vorkammern	49
4.1.3.5	Schweißen von verzinkten Blechen mit Stumpfstoß	49
4.1.3.6	Schweißen von verzinkten Blechen mit Überlappstoß	50
4.1.4	Vergleich mit anderen Schweißverfahren	51
4.1.4.1	Vergleich mit konventionellen Schmelzschweißverfahren	51
4.1.4.2	Vergleich mit dem Elektronenstrahlschweißen	51
Schrifttum		52
4.2	Schweißen mit Hochleistungslasern bis 10 kW	53
4.2.1	Lasersystem	53
4.2.1.1	Aufbau und Kenngrößen	53
4.2.1.2	Optische Elemente	53
4.2.2	Die relevanten Strahlgrößen	54
4.2.3	Schweißverfahren	54
4.2.4	Abgrenzung der Verfahrensmöglichkeiten	54
4.2.5	Spezielle Anforderungen beim Laserstrahlschweißen	55
4.2.5.1	Nahtvorbereitung	55
4.2.5.1.1	Fügeteilgeometrie	55
4.2.5.1.2	Oberflächeneinfluß	57
4.2.5.2	Schweißpositionen	57
4.2.5.3	Nahtüberlappung und Heften	57
4.2.5.4	Zusatzwerkstoff	57
4.2.5.5	Porenbildung	58

4.3	Härten mit CO₂-Lasern	59
4.3.1	Einleitung	59
4.3.2	Grundlagen des Härtens mit Laserstrahl	60
4.3.2.1	Umwandlungshärten im festen Zustand	60
4.3.2.2	Umschmelzhärten	61
4.3.3	Praktische Beispiele für das martensitische Härten mit Laserstrahlen	66
Schrifttum		69
4.4	Schweißen und Schneiden mit Festkörperlasern (Nd-Glas- bzw. Nd-YAG-Laser)	70
4.4.1	Prinzip und Eigenschaften des Festkörperlasers	70
4.4.2	Anwendungsbereiche des Schweißens	72
4.4.2.1	Punktschweißen	72
4.4.2.2	Schweißen und Kontaktieren von Drähten	79
4.4.2.3	Manuelles Schweißen	82
4.4.2.4	Nahtschweißen	82
4.4.2.5	Nahtvorbereitung und Nahtarten	85
4.4.3	Schneiden mit Festkörperlasern	87
4.4.3.1	Schneidprozeß	87
4.4.3.2	Baugruppen von Schneidanlagen	94
Schrifttum		96
4.5	Thermisches Schneiden von Metallen und Nichteisenmetallen mit CO₂-Hochleistungslasern	97
4.5.1	Eigenschaften von Lasern zum thermischen Schneiden	97
4.5.2	Die externe Optik	99
4.5.3	Laserstrahlschneiden von Metallen	99
4.5.4	Beschränkungen beim Schneiden mit Dauerstrichlasern	103
4.5.5	Bearbeitungsbeispiele	106
4.5.6	Laserstrahlschneiden von Nichteisenmetallen	108
4.5.7	Laserstrahlschneiden nichtmetallischer Werkstoffe	111
Schrifttum		112
4.6	Thermisches Schneiden mit CO₂-Lasern im Vergleich mit anderen thermischen Schneidverfahren	113
4.6.1	Werkstoffe und Blechdicken für den Vergleich der Güte von Schnittflächen	114
4.6.2	Kenngößen zur Bestimmung der Schnittflächengüten von thermisch geschnittenen Werkstücken	115
4.6.3	Laserstrahlschneidverfahren	116
4.6.3.1	Laserstrahl-Brennschneiden	116
4.6.3.2	Laserstrahl-Schmelzschneiden	116
4.6.3.3	Laserstrahl-Sublimierschneiden	117
4.6.4	Laserstrahl-Brennschnitte	117

4.6.4.1	Laserstrahl-Brennschnitte mit einem 600-W-CO ₂ -Laser	118
4.6.4.2	Laserstrahl-Brennschnitte mit einem 1500-W-CO ₂ -Laser	119
4.6.4.3	Vergleich: Laserstrahl-Brennschnitte mit 600-W-Laser bzw. 1500-W-Laser	119
4.6.4.4	Beispiele laserstrahlgeschnittener Werkstücke	120
4.6.5	Plasmaschneiden	122
4.6.5.1	Plasmaschnitte (Plasmagas Stickstoff)	122
4.6.5.2	Plasmaschnitte (Plasmagas Sauerstoff)	123
4.6.5.3	Plasmaschnitte (Plasmagas Druckluft)	123
4.6.5.4	Vergleich: Laserstrahl-Brennschneiden mit dem Plasmaschneiden	123
4.6.5.5	Beispiele plasmageschnittener Werkstücke	124
4.6.6	Autogenes Brennschneiden	125
4.6.6.1	Autogene Brennschnitte	126
4.6.6.2	Vergleich: Laserstrahl-Brennschneiden mit dem autogenen Brennschneiden	126
4.6.6.3	Beispiele brenngeschnittener Werkstücke	127
4.6.7	Schlußbemerkung	128
Schrifttum		129
4.7	Laserstrahlschneiden in Verbindung mit mechanischen Trennverfahren	130
4.7.1	Überblick über die mechanischen Trennverfahren	130
4.7.1.1	Einsatzgebiet von Stanzen und Nibbeln	130
4.7.1.2	Fertigung	130
4.7.1.3	Diagramm über die Nibbelrautiefe	131
4.7.1.4	Stanzfolge	131
4.7.1.5	Weiterentwicklung der Fertigungstechnik durch das Laserstrahlschneiden	132
4.7.2	Arten der Werkstück- und Strahlbewegung beim Laserstrahlschneiden	132
4.7.2.1	Stehender Strahl – bewegtes Werkstück	132
4.7.2.2	Ruhendes Werkstück – bewegter Strahl	132
4.7.2.3	Bewegung des Werkstückes und des Strahles	134
4.7.3	Kombination von Stanzen und Laserstrahlschneiden	134
4.7.3.1	Konstruktive Maßnahmen	134
4.7.3.2	Steuerungstechnik	134
4.7.3.3	Sicherheitstechnik	135
4.7.3.4	Anforderungen an den Laser	135
4.7.4	Stanzen und Laserstrahlschneiden in kombinierter Fertigung	136
4.7.4.1	Verfahrensauswahl unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten	136
4.7.4.2	Verfahrensauswahl unter technologischen Gesichtspunkten	137
4.7.4.3	Laserstrahl-Schneidgeschwindigkeit	138
4.7.4.4	Vorschub beim Nibbeln (Quadrat, Rund) und Stanzen	138
4.7.4.5	Anwendungsbeispiele	138

5	Lohnauftragsarbeit in der Laserstrahlschweißtechnik	140
5.1	Einleitung	140
5.2	Arten von Laser-Lohnauftragsarbeit	140
5.3	Zusammenfassung	144
	Schrifttum	144
6	Arbeitssicherheit bei der Materialbearbeitung mit Laserstrahlen	145
6.1	Einleitung	145
6.2	Gefährdung durch Laserstrahlung	145
6.2.1	Gefährdung von Auge und Haut	145
6.2.2	Brand- und Explosionsgefahr	146
6.3	Sonstige Gefährdungen	147
6.3.1	Sekundärstrahlungen und sonstige Strahlungen	147
6.3.2	Gesundheitsgefährdung durch Gase, Dämpfe, Stäube	147
6.3.3	Elektrische Gefahren	147
6.3.4	Mechanische Gefahren	148
6.3.5	Giftige Lasermedien	148
6.4	Sicherheitsvorschriften und -bestimmungen	148
6.5	Zukünftige Problemstellungen	150
6.6	Schlußbetrachtungen	150
	Sachwortverzeichnis	152