

Laser in der Fertigung

Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren

von
Helmut Hügel, Thomas Graf

2., neubearb. Aufl.

[Laser in der Fertigung – Hügel / Graf](#)

schnell und portofrei erhältlich bei beck-shop.de DIE FACHBUCHHANDLUNG

Thematische Gliederung:

[Technische Optik, Lasertechnologie](#)

Springer Vieweg Wiesbaden 2009

Verlag C.H. Beck im Internet:

www.beck.de

ISBN 978 3 8351 0005 3

Inhalt

1	Einführung: Strahlwerkzeug Laser	1
2	Das Werkzeug.....	8
2.1	Ausbreitung und Charakterisierung von Laserstrahlen	8
2.1.1	Die Energie des elektromagnetischen Feldes	9
2.1.2	Elektromagnetische Wellen	10
2.1.3	Die Intensität elektromagnetischer Wellen	14
2.1.4	Die Kohärenz.....	15
2.1.5	Paraxiale Wellen.....	16
2.1.6	Durchmesser und Divergenz von Laserstrahlen	22
2.1.7	Die Beugungsmaßzahl.....	24
2.1.8	Berechnung der Strahlausbreitung mit Hilfe der Strahlmatrizen	26
2.1.9	Die Fokussierung von Laserstrahlen	33
2.1.10	Licht im absorbierenden Medium	39
2.2	Erzeugung von Laserstrahlung.....	40
2.2.1	Die Energiequantelung	41
2.2.2	Die diskreten Energiezustände atomarer Systeme.....	43
2.2.3	Absorption und Emission von Licht.....	45
2.2.4	Erzeugung der Laseraktivität.....	48
2.2.5	Der Laser-Resonator.....	55
2.2.6	Betriebsarten von Lasern.....	57
2.3	Strahlquellen für die Fertigung	58
2.3.1	Festkörperlaser	58
2.3.2	Gaslaser	73
2.4	Systemtechnik.....	81
2.4.1	Optische Komponenten zur Strahlführung und Strahlformung	81
2.4.2	Gasdynamische Komponenten	99
2.4.3	Bearbeitungsstationen	105
2.4.4	Laserintegration in Werkzeugmaschinen.....	110
3	Grundlagen der Wechselwirkung Laserstrahl/Werkstück	114
3.1	Energieeinkopplung	116
3.1.1	Energiebilanz in der Wechselwirkungszone, Wirkungsgrade.....	116
3.1.2	Energiedeposition im Werkstück	119

3.1.3	Fresnelabsorption.....	121
3.2	Wärmewirkungen im Werkstück.....	137
3.2.1	Wärmeleitungseffekte.....	138
3.2.2	Phasenübergänge.....	148
3.3	Modifikation der Energieeinkopplung durch laserinduzierte Plasmen.....	152
3.3.1	Entstehung und optische Eigenschaften laserinduzierter Plasmen.....	152
3.3.2	Dynamische Effekte.....	158
3.4	Streu- und Absorptionsvorgänge an Partikeln.....	164
3.4.1	Extinktion von Laserstrahlung.....	167
3.4.2	Auswirkungen auf die Energieeinkopplung.....	167
3.5	Absorption an Molekülen.....	169
3.6	Abschätzung erzielbarer Prozessergebnisse aus der Energiebilanz.....	171
4	Verfahren	174
4.1	Schneiden.....	174
4.1.1	Verfahren.....	175
4.1.2	Energiebilanz und daraus ableitbare Prozessergebnisse.....	178
4.1.3	Einfluss der Laserstrahleigenschaften.....	187
4.1.4	Schmelzeustrieb.....	196
4.1.5	Qualitätsaspekte.....	208
4.2	Schweißen.....	213
4.2.1	Schwelle: Wärmeleitungs- / Tiefschweißen.....	214
4.2.2	Verfahrensprinzip.....	220
4.2.3	Energieeinkopplung an der Kapillarwand.....	223
4.2.4	Fluidmechanische Effekte im Schmelzbad.....	230
4.2.5	Einfluss der Umgebungsatmosphäre.....	242
4.2.6	Prozessergebnisse.....	247
4.2.7	Prozessinstabilitäten.....	262
4.2.8	Modifikationen des Schweißprozesses.....	266
4.3	Laserstrahlverfahren zur Oberflächenmodifikation.....	274
4.3.1	Martensitisches Randschichthärten.....	277
4.3.2	Beschichten.....	306
4.4	Bohren und Abtragen.....	329
4.4.1	Thermische Ablation.....	331
4.4.2	Bohren.....	352

4.4.3	Abtragen	370
4.4.4	Spanendes Abtragen	378
5	Literatur	383
6	Sachwortverzeichnis	401