

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung: Strahlwerkzeug Laser .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das Werkzeug.....</b>	<b>8</b>
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
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Wechselwirkung Laserstrahl/Werkstück .....</b>	<b>114</b>
3.1	Energieeinkopplung .....	116
3.1.1	Energiebilanz in der Wechselwirkungszone, Wirkungsgrade.....	116
3.1.2	Energieposition 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
<b>4</b>	<b>Verfahren.....</b>	<b>174</b>
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	Schmelzeaustrieb.....	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
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>383</b>
<b>6</b>	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>401</b>