

BERICHTE AUS DEM  
INSTITUT FÜR  
WERKSTOFFKUNDE



UNIVERSITÄT HANNOVER

WERKSTOFFTECHNIK

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. (FH) Dirk Seebaum,  
Ronnenberg

# **Beitrag zum Formabtragen von Werkzeugstählen mittels CO<sub>2</sub>-Lasern**

Fortschritt-Berichte VDI  
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **448**

**INHALTSVERZEICHNIS**

FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	VII
ABSTRACT	XI
1. EINLEITUNG	1
2. STAND VON WISSENSCHAFT UND TECHNIK	3
2.1 Fertigungsverfahren zum Formabtragen	3
2.2 Verfahren zum Laserstrahlformabtragen	5
2.2.1 Verfahren und Einflußgrößen	6
2.2.1.1 Laserstrahlschmelzabtragen	8
2.2.1.2 Laserstrahlspanen	8
2.2.1.3 Laserstrahlschneidabtragen	10
2.3 CO <sub>2</sub> -Laser und deren Eigenschaften	11
2.4 Grundlagen der Strahlführung und -formung	13
2.5 Zusammensetzung und Strömungseigenschaften von Prozeßgasen	15
2.5.1 Einfluß der Prozeßgaszusammensetzung	16
2.5.2 Düsenarten und -anordnungen	17
2.5.2.1 Düsenanordnungen	18
2.5.2.2 Düsengeometrien und ihr Strömungsverhalten	19
2.6 Modelle zum Laserstrahlformabtrag	21
3. ZIELSETZUNG	24
4. VERSUCHSTECHNIK	26
4.1 Versuchsanlagen	26
4.2 Versuchswerkstoffe	27
4.3 Versuchsdurchführung und Prüftechnik	28
4.3.1 Bestimmung der Abtragate und der Prozeßeﬃzienz	31
4.3.2 Untersuchungsmethoden der Prozeßgasstrahleigenschaften	31
4.3.2.1 Versuchsdurchführung zur Untersuchung von Prozeßgasdüsen	31
4.3.2.2 Versuchstechnik zur Untersuchung von Prozeßgasdüsen	32
4.3.2.2.1 Druckmessung	33
4.3.2.2.2 Schlierenoptische Untersuchungen	35
4.3.3 Modellbildung zur Bestimmung der Kantengeometrie	36

5. VERSUCHSERGEBNISSE	38
5.1 Düsensysteme zum Schmelzabtragen	38
5.1.1 Untersuchungen zum Einfluß der Druckverteilung auf den Abtragprozeß	38
5.1.2 Untersuchungen der Abstandsabhängigkeiten der Düsensysteme	41
5.1.3 Realisierung eines Düsensystems zum Formabtragen	44
5.2 Untersuchungen der Abtragate und der Prozeßeﬃzienz	49
5.2.1 Leistungsbilanz des Abtragprozesses	49
5.2.2 Abtragate	50
5.2.3 Prozeßeﬃzienz	53
5.3 Bearbeitungsqualität	56
5.3.1 Ausbildung der Randschicht	56
5.3.1.1 Wärmebeeinﬂußte Zone	56
5.3.1.2 Oberflächenkennwerte	63
5.3.2 Möglichkeiten zur Optimierung der Bearbeitungsqualität	66
5.3.3 Konturgestaltung	67
5.3.3.1 Lithographischer Abtrag	68
5.3.3.2 Ausbildung von Konturfrontwinkeln	69
5.3.3.3 Konturgestaltung mittels ortsabhängiger Laserleistungssteuerung	71
5.4 Theoretische Betrachtung von Teilprozessen zur quantitativen Beschreibung des Laserstrahlformabtrags	74
5.4.1 Berechnung der absorbierten Energiedichte	74
5.4.1.1 Berechnung der lokalen Absorptionsgrade	76
5.4.1.2 Berechnung der lokal absorbierten Pulsleistungsdichten und Pulsenergiedichten	78
5.4.2 Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Energiedichteberechnungen	80
5.4.2.1 Variation von Fokuslage und Strahleinfallwinkel	84
6. FOLGERUNGEN UND AUSBLICK	90
7. ZUSAMMENFASSUNG	99
ANHANG	101
LITERATUR	130