
Inhaltsverzeichnis

0	Formel- und Kurzzeichen	III
1	Einleitung.....	1
2	Stand der Erkenntnisse	5
2.1	Fräsbearbeitung mit Industrierobotern	5
2.1.1	Einordnung des Verfahrens	5
2.1.2	Prozesskenngößen	7
2.2	Industrieroboter	11
2.2.1	Kinematik.....	12
2.2.2	Statisches und dynamisches Verhalten.....	13
2.2.3	Thermisches Verhalten.....	21
2.2.4	Energiebedarf.....	25
2.2.5	Fertigung mit Industrierobotern	31
2.3	Nickelbasislegierungen	34
2.3.1	Übersicht	34
2.3.2	Inconel 718.....	35
2.3.3	Bearbeitung von Inconel 718.....	36
3	Zielstellung und Vorgehensweise.....	40
4	Anlagen- und Messtechnik	44
4.1	Versuchsmaschine.....	44
4.2	Versuchswerkstück	45
4.3	Versuchswerkzeuge.....	46
4.4	Statistische Versuchsplanung	47
4.5	Test-, Mess- und Analyseinrichtungen.....	49
5	Systemanalyse	63
5.1	Statisches Verhalten	63
5.1.1	Grundlegendes Verhalten.....	63
5.1.2	Einfluss der Raumposition.....	65
5.1.3	Einfluss der Roboterpose	66
5.1.4	Einfluss des Systemverschleißes	67
5.1.5	Fazit.....	68
5.2	Dynamisches Verhalten	69
5.2.1	Einfluss der Antriebsregelung.....	69
5.2.2	Frequenzbereiche am TCP	72

5.2.3	Eigenformen	77
5.2.4	Einfluss der Roboterpose auf das Schwingverhalten	84
5.2.5	Fazit.....	91
5.3	Thermisches Verhalten	93
5.3.1	Grundlegendes Verhalten.....	93
5.3.2	Kühlung	97
5.3.3	Heizung	101
5.3.4	Temperaturspezifisches Robotermodell	105
5.3.5	Fazit.....	119
6	Einfluss des Bearbeitungsprozesses auf die Prozesskenngrößen und das Arbeitsergebnis	120
6.1	Werkzeugauswahl.....	120
6.2	Bearbeitungsstrategie	122
6.3	Prozessparameter	131
6.4	Prozessoptimierung und Standzeit	137
7	Energiebilanz.....	145
7.1	Verbraucher	145
7.2	Einfluss der Bewegungsform auf den Leistungsbedarf der Achsantriebe.....	146
7.3	Einfluss der Spindelleistung	151
7.4	Gesamtbilanz Testbearbeitung	156
8	Wirtschaftliche Betrachtung.....	160
8.1	Grundlagen	160
8.2	Industrieroboter	162
8.3	Vergleich Industrieroboter und Werkzeugmaschine	163
8.4	Nutzungspotenziale.....	164
9	Zusammenfassung	167
10	Ausblick	169
11	Literaturverzeichnis	171