

Verzeichnis

I. Vorwort und Danksagung	i
II. Inhaltsverzeichnis	iii
III. Verzeichnis der Abkürzungen	v
IV. Verzeichnis der Variablen	vi

I. Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
<hr/>		
2	Stand der Technik	3
2.1	Einführung in die Herstellungsprozesse für Mikrosysteme	5
2.2	Funkenerosion in der Mikrobearbeitung (Mikrofunkenerosion)	10
2.3	Verfahrensvarianten in der funkenerosiven Bearbeitung von Mikrobauteilen	13
2.4	Bedarf an Messtechnik in der Mikrobearbeitung bei der Drahterosion (Mikrodrahterosion)	17
2.5	Stand im Bereich der Mikrodrahterosion im Hinblick auf die Messtechnik und Qualitätssicherung	22
2.6	Optische Messtechnik für Mikrobauteile im Allgemeinen	25
2.7	Fazit	31
<hr/>		
3	Aufgabestellung und Zielsetzung dieser Arbeit	33
3.1	Ansätze dieser Arbeit	34
3.2	In der Arbeit betrachtete Anlagentechnologien	36
3.3	In der Arbeit betrachtete Werkstückmerkmale (Geometriemerkmale)	38
3.4	Struktur dieser Arbeit	42
<hr/>		
4	Erarbeitung des Lösungskonzepts für die betrachteten optischen fertigungsintegrierten Messtechniken	44
4.1	Untersuchung und Auswahl der am besten geeigneten optischen Messtechnik	44
4.1.1	Beispielbauteile	45
4.1.2	Kamera-Messtechnik und Bildverarbeitung	46
4.1.3	Video-Autofokusverfahren und digitales Mikroskop	59
4.1.4	Cromatisches Fokusverfahren	62
4.1.5	Weißlichtinterferometrie	64
4.1.6	Konfokale Mikroskopie	66
4.1.7	Auswertung der Ergebnisse	71
4.2	Analyse der Einflussfaktoren bei der fertigungsintegrierten Messtechnik	74
4.2.1	Vom Messobjekt ausgehende Einflussfaktoren	75
4.2.2	Von der Mitwelt ausgehende Einflussfaktoren	76
4.2.3	Vom Messgerät ausgehende Einflussfaktoren	78
4.2.4	Vom Menschen ausgehende Einflussfaktoren	79
4.2.5	Von der Maschine ausgehende Einflussfaktoren	79
4.2.6	Von der Methode ausgehende Einflussfaktoren	80
4.2.7	Fazit	81
<hr/>		

5	Erstellung eines qualitätsorientierten Prozessregelkreises für die Bearbeitung von Mikrobautteilen und kleinen Werkzeugen	83
5.1	Modifizierung eines CAD/CAM Systems	84
5.2	Modifizierung eines konfokalen Weißlichtmikroskops	87
5.3	Modifizierung der Maschinenanlage	88
5.4	Entwurf von Algorithmen für eine 2D-Verarbeitung der Messdaten eines konfokalen Mikroskops	92
5.4.1	Mathematische Algorithmen für die Konturabstraktion	93
5.4.2	Mathematische Algorithmen für den SOLL-IST-Vergleich	101
5.5	Realisierung einer rechnergestützten Prozesskette	105
5.6	Möglichkeiten für eine Fertigungskorrektur	108
5.6.1	Datenbank -Algorithmen	108
5.6.2	Modulare Korrektur von NC-Daten	109
5.7	Exemplarische Darstellung	110
5.7.1	Bearbeitung von Mikrozahnrädern	110
5.7.2	Bearbeitung von kleinen Werkzeugen	112
5.8	Fazit und Potential für den industriellen Einsatz	114
<hr/>		
6	Erstellung eines qualitätsorientierten Prozessregelkreises für die Bearbeitung von größeren Werkzeugen und Freiformflächen	116
6.1	Strategien für eine optimale 3D-Multiprojektion	117
6.2	Entwurf von Algorithmen für eine 3D-Verarbeitung von Messdaten eines konfokalen Mikroskops	119
6.2.1	Mathematische Algorithmen für eine Grobregistrierung	123
6.2.2	Mathematische Algorithmen für eine Feinregistrierung	125
6.3	Integration eines konfokalen Mikroskops in einen Roboter	128
6.4	Filter für die Analyse von registrierten 3D-Modellen	129
6.4.1	Allgemeine Filter	129
6.4.1	Frequenzanalyse von Höhenkarten	131
6.5	Exemplarische Darstellung	134
6.5.1	Registrierung von drahterodierten Freiformflächen	134
6.5.2	Bearbeitung von größeren Werkzeugen und Freiformflächen	136
6.6	Fazit und Potenzial für den Industriellen Einsatz	139
<hr/>		
7	Zusammenfassung und Ausblick	141
<hr/>		
8	Literatur	143
8.1	Fremdliteratur	143
8.2	Eigene Literatur	150
8.3	Zitierte Patente	151

Appendix

A	Vektorräume und Fouriertransformationen für Ableitungsoperatoren
B	Wellenlänge
C	Verarbeiteter NC-Code (Beispiel)
D	Verbindungsdarstellung
E	Strukturdarstellung der Fatima-Software
F	Untersuchungen zu hybriden Fertigungssystemen