

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abkürzungen und Begriffe	10
Formelzeichen und Einheiten	11
1 <u>Einleitung und Aufgabenstellung</u>	13
2 <u>Maschinengestützte Temperaturkompensation und prozeßnahe Qualitätssicherung</u>	16
2.1 Begriffsdefinitionen	17
2.2 Problemstellung	19
2.3 Stand der Technik	27
2.3.1 Ausgleich thermischer Störeinflüsse	22
2.3.2 Qualitätsregelkreise	25
2.3.3 Prüfsysteme für prozeßnahe Qualitätsregelkreise	31
2.4 Bewertung und Zielsetzung der Arbeit	33
3 <u>Analyse der Aufgaben und Anforderungen an die Komponenten prozeßnaher Qualitätsregelkreise zur Kompensation thermisch bedingter Bearbeitungs- fehler</u>	36
3.1 Abgrenzung der betrachteten Bearbeitungsfehler	36
3.2 Anforderungen an Systeme zur montagegerechten Fertigung großer Werkstücke	37
3.2.1 Anforderungen an die Sensorik	38
3.2.2 Anforderungen an die Bearbeitungsmaschine	40
3.2.3 Anforderungen an die CNC	40
3.2.4 Anforderungen an das Prüfsystem	41
3.2.4.1 Sensordatenerfassung und -verarbeitung	41
3.2.4.2 Werkstückistmaßermittlung	42
3.2.4.3 Kompensation der Temperatureinflüsse	44

4	<u>Kompensationsgrundlagen für thermisch bedingte Bearbeitungsfehler</u>	47
4.1	Sensorik zur Temperaturerfassung an Maschine und Werkstück	47
4.1.1	Berührungslos messende Sensorik	47
4.1.2	Berührend messende Sensorik	51
4.1.3	Bewertung der Sensorik	52
4.1.4	Kalibriermaßnahmen	54
4.2	Darstellung der Temperatúrauswirkungen auf der Grundlage experimenteller Untersuchungen	55
4.2.1	Werkstück	58
4.2.2	Bearbeitungsmaschine	67
4.2.2.1	Maschinentisch	67
4.2.2.2	Maschinenmeßsystem	68
4.3	Mathematische Beschreibung der Temperatúrauswir- kungen	72
4.3.1	Ermittlung der thermoelastischen Werkstückdehnung	74
4.3.2	Bestimmung der thermoelastischen Meßsystemdehnung	76
4.3.3	Berechnung der federelastischen Meßsystemdehnung	78
4.3.3.1	Temperaturänderungen im Meßsystem	79
4.3.3.2	Temperaturänderung im Maschinenbett	81
4.4	Berechnung der Korrekturdaten	82
4.5	Fehlerabschätzung und Bewertung der Verfahren	85
5	<u>Integration der Kompensationsmethodik in einen prozeßnahen Qualitätsregelkreis</u>	88
5.1	Steuerdaten und Informationsfluß im prozeßnahen Qualitätsregelkreis	90
5.1.1	Steuerdaten	90
5.1.2	Informationsfluß und Aufgabenteilung	93
5.2	Schnittstellen im prozeßnahen Qualitätsregel- kreis	95
5.2.1	Schnittstelle Prüfsystem-Sensorik	95
5.2.2	Schnittstelle Prüfsystem-CNC	100
5.2.3	Schnittstellen zur Bedienung und Programmierung	102

5.3	Flexible Hard- und Softwarestruktur für das Prüfsystem	103
5.3.1	Hardware	103
5.3.2	Software	104
5.3.2.1	Temperaturdatenerfassung	105
5.3.2.2	Anwendungsspezifische Software	111
5.4	Programmtechnische Lösungswege zur Korrekturdatenberechnung	112
5.4.1	Istmaßberechnung	112
5.4.2	Temperaturzustandsermittlung	112
5.4.3	Temperaturkompensation	114
5.4.4	Korrekturdatenberechnung	116
5.5	Bewertung	117
6	<u>Einsatz des prozeßnahen Qualitätsregelkreises</u>	119
6.1	Regelkreisstruktur	119
6.2	Erläuterung der Leistungen und Grenzen des prozeßnahen Qualitätsregelkreises	121
6.2.1	Temperaturkompensation an langen Frästeilen	121
6.2.2	Temperaturkompensation an großen Drehteilen	126
7	<u>Zusammenfassung</u>	129
	Schrifttum	131