

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen

	Formelzeichen und Abkürzungen	11
1	Einleitung	13
2	Fehleranfälligkeit flexibler Montagegeräte für Präzisionsteile	15
2.1	Aufgabe eines Montagegerätes für Präzisionsteile und Klärung der Begriffe	15
2.2	Begriffsbestimmung	18
2.2.1	Füge- und Verfahrensfehler	18
2.2.2	Präzision	18
2.2.3	Fehlertoleranz	19
2.2.3.1	Toleranzart	19
2.2.3.2	Toleranzstufe	20
2.3	Fehler des Fügeprozesses	21
2.3.1	Betrachtungseinheiten des Fügeprozesses	22
2.3.1	Fügeprozeß	24
2.3.2	Handhabungsgerät	26
2.3.3	Umgebung	27
2.3.4	Werkzeuge	28
2.3.5	Werkstücke	29
2.3.6	Werkstück- und Auftragsdaten	29
2.3.7	Auswahl der zu tolerierenden Fehler	30
2.3.8	Dynamik von Fehlern	31
3	Verfahren zur Minderung der Fehleranfälligkeit	34
3.1	Präventive Verfahren	34
3.1.1	Optimierung des Fügeprozesses	34
3.1.2	Fügen durch Nachgiebigkeit	35
3.1.3	Vibrationsgestütztes Fügen	37
3.1.4	Fügeunterstützung durch Kraft-Momenten-Sensorik	38
3.1.5	Luftstromgestütztes Fügen	38

3.2	Reaktive Verfahren	39
3.2.1	Optische Vermessung und Bildverarbeitung	39
3.2.3	Sensorgestützte Ausnahmebehandlung	40
3.2.4	Binärmusterverarbeitung	42
3.2.5	Expertensysteme	43
3.2.6	Manuelles Fügen	43
3.3	Bewertung	45
3.3.1	Kriterien	45
3.3.2	Bewertung der Verfahren	46
3.4	Gesamtbewertung und Schlußfolgerungen	48
4	Aufgabenstellung und Vorgehensweise	50
4.1	Aufgabenbeschreibung	50
4.2	Vergleich der Fügesituation mit dem Fügeziel	50
4.3	Auswahl und Parametrierung der Fügefunktionen	50
4.4	Ausführung der Fügefunktionen	51
4.5	Fügesituationserfassung	51
5	Beschreibungsform für das Präzisionsfügen	52
5.1	Anforderungen an eine Beschreibungsform für das Präzisionsfügen	52
5.2	Vollständige Beschreibung der Fügesituation	53
5.2.1	Geometrie zur Beschreibung	53
5.2.2	Beweglichkeit der Fügeteile	54
5.2.2.1	Allgemeine Definition der Beweglichkeit	55
5.2.2.2	Vereinfachte Form der Beweglichkeit	56
5.2.2.3	Hauptachsen für die Beweglichkeitsmessung	59
5.3	Fügeverlaufsdarstellung	60
6	Regelkreis für das Präzisionsfügen	64
6.1	Erfassung der Fügesituation	64
6.1.1	Zielsetzung und Grenzen der Fügesituationserfassung	64
6.1.2	Merkmale der Fügesituationen	66

6.1.3	Merkmalsüberwachung zur Erkennung der Veränderung von Fügesituationen	68
6.1.4	Ermittlung der Fügesituation	69
6.2	Soll-Ist-Vergleich und Fügefunktionsbestimmung	71
6.3	Funktionsermittlung	72
6.3.1	Berechnung des Vorschubvektors	73
6.3.1.1	Vorschubrichtung ist frei	74
6.3.1.2	Vorschubrichtung ist blockiert	75
6.3.1.3	Vorschubrichtung von Hauptachsen verschieden	76
6.4	Fügefunktionen	76
6.4.1	Fügevorschub	76
6.4.1.1	Steuerungsintegration der hybriden Kraft-Positionsregelung	77
6.4.1.2	Statische Positionsfehler	81
6.4.1.3	Querkräfte	83
6.4.2	Suchfunktion	86
6.4.2.1	Systematisches Suchen durch Variation der Freiheitsgrade	88
6.4.2.2	Bauteilvermessung	89
6.4.2.3	Kontaktgeometrie- und Freiheitsgradvariation	89
6.5	Zusammenfassung	90
7	Fehlertolerantes Präzisionsfügen	91
7.1	Reaktion des Fügeregelkreises auf Fehler	91
7.1.1	Fügesituationsfolgen bei Fehlersituationen	93
7.1.2	Generierung von Basisfolgen	96
7.5	Fehlertolerantes System für Präzisionsfügeaufgaben	100
7.5.1	Zammenfassende Darstellung des Verfahrens	100
7.5.2	Bewertung des Verfahrens	102
8	Realisierung des Fehlertoleranten Präzisionsfügens	104
8.1	Anforderungen an Gerätetechnik und Verfahren	104
8.2	Fügeprogramm auf Basis des fehlertoleranten Fügesystems	107
8.3	Fügeverfahrenssteuerung	108
8.3.1	Überwachung des Fügeverlaufs	109

8.3.2	Vorgabe einer Folge von Fügesituationen im Versagensfall	109
8.3.3	Aufruf von Standardfunktionen	110
8.4	Fügeregler	110
8.4.1	Vorschubgeschwindigkeit	110
8.4.2	Fügekraft	112
8.5	Versuche und Ergebnisse	112
9	Zusammenfassung	115
	Schrifttum	117
	Anhang	124