

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 8

Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Dipl.-Ing. Thomas Roßmann,
Lindau-Bodolz

Nr. 732

Eine Laufmaschine für Rohre

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Stand der Forschung	2
1.2.1	Entwicklungsgeschichte	3
1.2.2	Sechsbeinige Laufmaschinen	3
1.2.3	Vierbeinige Laufmaschinen	5
1.2.4	Zweibeinige Laufmaschinen	6
1.2.5	Sondermaschinen	8
1.3	Ziel und Aufbau der Arbeit	9
2	Konstruktion	11
2.1	Anordnung und Bauform der Beine	13
2.2	Auswahl der Antriebe	17
2.2.1	Auswahl der Motoren	18
2.2.2	Auswahl der Getriebe	20
2.3	Kniegelenk	25
2.4	Hüftgelenk	29
2.5	Passives Gelenk	32
2.6	Zentralkörper	34
2.7	Kraftsensor	34
2.8	Elektronik	38
2.8.1	Rechnerausstattung	38

2.8.2	Sensorik	39
2.8.3	Leistungselektronik	41
2.9	Aufbau des Einzelbeinprüfstandes	42
2.10	Gesamtsystem	43
3	Modellbildung	44
3.1	Modell des Rohrkrabblers	45
3.2	Modell der Gelenkreibung	47
3.2.1	Starres und spielfreies Getriebe mit Reibung	50
3.2.2	Starres und spielfreies Harmonic-Drive-Getriebe	53
3.3	Sensorsignale und Aktoransteuerung	54
3.4	Modell der Gleichstrommotoren	55
3.5	Thermisches Modell	56
4	Mathematische Beschreibung	58
4.1	Kinematik	58
4.1.1	Kinematik des Roboters	58
4.1.2	Kontaktkinematik	61
4.2	Kontaktgesetze	66
4.3	Dynamik des Roboters	69
4.4	Lösung des Kontaktproblems	72
4.4.1	Zerlegung des Tangentialproblems	73
4.4.2	Zerlegung des Normalproblems	76
4.4.3	Kombination des Normal- und Tangentialproblems	76
4.4.4	Formulierung bei ebener Reibung	77
4.5	Lösung des Problems der Getriebereibung	79
4.6	Die Beschleunigungen des Gesamtsystems	82
4.7	Stöße	83
4.8	Integration des Systems	87

5	Regelung des Rohrkrabblers	90
5.1	Gangart	90
5.2	Struktur der Regelung	92
5.3	Koordinations Ebenen	94
5.3.1	Zentrale Koordinationsebene	95
5.3.2	Dezentrale Koordinationsebene	97
5.4	Operative Ebenen	99
5.4.1	Krabblermodell für die Regelung	99
5.4.2	Dezentrale operative Ebene	104
5.4.3	Zentrale operative Ebene	115
5.4.4	Beobachter	120
5.4.5	Beinkraftverteilung	128
6	Ergebnisse	138
6.1	Einzelbeinprüfstand	138
6.2	Kinematik des Krabblers	140
6.3	Beinkräfte bei verschiedenen Verteilungen	143
6.4	Reibbeobachter	145
6.5	Geschwindigkeits- und Schwerkraftbeobachter	146
7	Zusammenfassung	148
A	Lösung des Reibproblems bei zweiseitigen Bindungen	150
A.1	Feststellung der Verspannungsfähigkeit	151
A.2	Kontaktkraftbestimmung	155
A.3	Darstellung des Gesamtsystems	157
A.4	Vorgespannte Führungen	158
A.5	Beispiel	161
A.6	Allgemeine abhängige Normalbindungen	166
B	Literatur	168