

Hubertus C. Tuczek

**Inspektion
von Karosseriepreßteilen
auf Risse und Einschnürungen
mittels Methoden
der Bildverarbeitung**

Mit 125 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London Paris
Tokyo HongKong Barcelona Budapest 1992

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung	1
1.2	Problemstellung	2
1.2.1	Überblick	2
1.2.2	Tiefziehen	4
1.2.3	Risse und Einschnürungen	6
1.3	Ziel und Vorgehensweise	8
1.3.1	Zielsetzung	8
1.3.2	Vorgehensweise	9
1.3.2.1	Auswahl des Meßprinzip	9
1.3.2.2	Prinzip des Verfahrens	11
1.3.2.3	Gang der Untersuchungen	12
2	Stand der Technik in der Oberflächeninspektion	14
2.1	Überblick	14
2.2	Abtastung mittels Laser und Fehlerbildspeicherung	15
2.3	Analoge Bildverarbeitung	17
2.4	Digitale Bildverarbeitung	18
2.4.1	Allgemein	18
2.4.2	Rißprüfung	20

2.4.3	Mustererkennung	20
2.5	Integration von Produktionssystemen	21
2.5.1	Applikationsbeispiel Lackinspektion	21
2.5.2	Sensordatenrückführung	22
3	Das Verfahren zur Bildaufnahme	23
3.1	Voraussetzungen	23
3.2	Kontrastierung des Fehlerbereichs	24
3.2.1	Optische Strahlung	24
3.2.2	Spezielle Kontrastierverfahren	26
3.3	Der Reißprüfsensor	28
4	Beschreibung der Bildauswertung	31
4.1	Prinzip	31
4.2	Minkowski-Algebra	33
4.3	Strukturelemente und ihre Realisierung	34
4.3.1	Strukturelemente	34
4.3.2	Realisierung	35
4.4	Closing und Opening	36
4.5	Filterung von Binärobjekten	38
4.5.1	Anforderungen	38
4.5.2	Beschreibung der Filterung	38

4.6	Morphologie zur Grauwertverarbeitung	42
4.6.1	Der "3-dimensionale" Fall	42
4.6.2	Strukturelemente in der Grauwertdarstellung	46
4.7	Bildauswertung zur Detektion der Preßteilfehler	47
4.8	Einordnung der Morphologie innerhalb der allgemeinen Theorie der Bildverarbeitung	50
5	Aufbau und Funktion der Meßzelle für den Reißprüfsensor	53
5.1	Aufgabenstellung	53
5.2	Aufbau der Meßzelle	54
5.3	Untersuchungen zur Meßwertaufnahme durch das Bildverarbeitungssystem	57
5.3.1	Grauwertwiedergabe der Kamera	57
5.3.2	Einfluß der Bildauswertung	59
5.3.3	Meßgenauigkeit	60
5.4	Gütekriterium zur Beurteilung einer Sensorkonfiguration	62
5.5	Vorverarbeitung zur Fehlstellendetektion	64
5.5.1	Optische Bildglättung	65
5.5.1.1	Prinzip	65
5.5.1.2	Optimale Unschärfe	66
5.5.1.3	Einfluß unterschiedlich starker Einschnürungen	71
5.5.2	Digitale Bildglättung durch Zeilenmittelung	73

6	Untersuchung zum Aufbau des Rißprüfsensors	75
6.1	Das System Beleuchtung-Fehlerblech	75
6.1.1	Einfluß des Einstrahlwinkels b auf die Wiedergabegüte	75
6.1.2	Einfluß des Azimutalwinkels a auf die Wiedergabegüte	77
6.1.3	Variation der Beleuchtungsposition auf einer Kugelhülle	78
6.2	Das System Beleuchtung-Fehlerblech-Kamera	80
6.2.1	Räumliche Variation der Kameraposition	80
6.2.2	Senkrechte Betrachtung mit Ringlicht	86
6.2.3	Einfluß der Einschnürungstiefe auf die Kontrastierung	87
6.3	Systemanordnungen mit mehreren Lichtquellen	88
6.4	Optimierung der Fehlstellenkontrastierung durch lineare Polarisation	91
6.4.1	Prinzip der linearen Polarisation	91
6.4.2	Voruntersuchungen	92
6.4.3	Lineare Polarisation bei fettiger Blechoberfläche	93
6.4.4	Lineare Polarisation bei fettfreier Blechoberfläche	101
6.5	Abschließende Betrachtungen	103
7	Eigenschaften und Einsatz des Rißprüfsystems	106
7.1	Kriterien zur Sensorauswahl	106
7.2	Sensorauswahl	110
7.2.1	Vermessung einer Sensorkonfiguration am Beispiel	110
7.2.2	Sensorkonfiguration für großflächige Fehlerbereiche	119
7.2.3	Sensorkonfiguration für stark verformte Fehlerbereiche	120
7.3	Klassifizierung der detektierten Fehlerstrukturen	125

7.4	Abschließende Betrachtungen	127
8	Parametrisierung der Bildverarbeitung	129
8.1	Überblick	129
8.2	Initialisierung	130
8.3	Grauwertverarbeitung	133
8.4	Binäre Auswertung	134
8.4.1	Problemstellung	134
8.4.2	Beschreibung und Analyse des Bildrauschens	135
8.4.3	Rausch-Filterung	139
8.5	Mathematisches Modell zur Beschreibung des Rauschverhaltens	140
8.5.1	Annahmen	140
8.5.2	Häufigkeitsverteilung	141
8.5.3	Überlappung im Nahbereich	142
8.5.4	Überlappung im Fernbereich	143
8.5.5	Bestimmung des Modells zur Nachbildung des Rauschverhaltens	145
9	Flexible Preßteilinspektionszelle	147
9.1	Zielsetzung	147
9.2	Ablauf in der Zelle	148

9.3	Komponenten der Zelle	151
9.3.1	Lageerkennung	151
9.3.2	Sensoreinstellung und Inspektion	151
9.3.3	Prozeßregelung	154
9.4	Simulation	156
9.5	Erweitertes Fehlerspektrum	157
9.6	Integration des Systems in den Produktionsablauf	157
10	Zusammenfassung und Ausblick	160
	Literaturverzeichnis	162