

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Stanzbiegeteile und Stanzbiegeprozess	3
2.2 Fehler an Stanzbiegeteilen	4
2.2.1 Drahtherstellung	5
2.2.2 Einfluss der Halbzeuggeometrie	5
2.3 Richtverfahren und -prozesse	6
2.3.1 Varianten des Richtverfahrens	7
2.3.2 Industrielle Richtprozesse und Richtapparate	10
2.3.3 Empirische und modellbasierte Steuerungs- und Regelungsansätze im Richtprozess	11
2.4 Werkstoffcharakteristika des verwendeten austenitischen Edelstahls	15
2.4.1 Komplexes Verhalten des Elastizitätsmoduls	15
2.4.2 Verfestigungsgesetze	16
2.5 Analysemethoden und Messverfahren der Prozessgrößen	18
2.5.1 Die induktive Wirbelstrommessung	19
2.5.2 Verfahren zur Krümmungsmessung	21
2.6 Fazit Stand der Technik	24
3 Motivation und Zielsetzung	27
4 Methodik zur Entwicklung eines selbstkorrigierenden Richtprozesses	29
5 Analyse der mechanischen Werkstoffparameter	31
5.1 Zugversuche	32
5.2 Dynamisch-schwellende Zugversuche	33
5.3 Dynamisch wechselnde Zugversuche	35
5.3.1 Anti-Buckling-Device	35
5.4 Fazit - Analyse der mechanischen Werkstoffparameter	38
6 Prozessmodellierung und Validierung	39
6.1 Mathematische Modellbildung	39
6.1.1 Prozessmodell für einen Richtapparat mit einem Richtdreieck	41
6.1.2 Prozessmodell für einen Richtapparat mit fünf Richtdreiecken	44
6.1.3 Validierung des nicht-linearen mathematischen Prozessmodells	52
6.2 Benutzeroberfläche mathematisches Prozessmodell	57
6.3 Numerische Prozessbeschreibung	60
6.3.1 Parameteridentifikation - Yoshida Uemori - MAT125	60
6.3.2 Aufbau des numerischen Modells	64

6.4	Experimentelle Prozessuntersuchung	65
6.4.1	Versuchsaufbau - experimentelle Untersuchungen	66
6.4.2	Versuchsdurchführung	67
6.4.3	Ergebnisse - experimentelle Untersuchungen	69
6.5	Fazit - Prozessmodellierung und Validierung	76
7	Entwicklung des mechatronisierten Richtprozesses	77
7.1	Sensorik	77
7.1.1	Krümmungsmessung mit offenem Halbzeugende	78
7.1.2	Krümmungserfassung während des Prozesses ohne offenen Halbzeugende	87
7.2	Einrichtassistent	98
7.3	Aufbau des Demonstrators	100
7.3.1	Prozessprinzip des selbstkorrigierenden Richtapparats	100
7.3.2	Konstruktiver Aufbau	104
7.4	Fazit - Entwicklung des mechatronisierten Richtprozesses	107
8	Exemplarische Umsetzung des selbstkorrigierenden Richtapparats	109
8.1	Die Richtstrategie	109
8.2	Unterlagerte Regelkreise	111
8.2.1	Positionsregelung	111
8.3	Überwachung des kontinuierlichen Richtprozesses	113
8.4	Validierung des mechatronisierten Richtapparats	115
8.5	Handlungsempfehlungen für die industrielle Umsetzung	117
9	Zusammenfassung	119

Anhang

A	Quellcode	131
A.1	Quellcode - GUI - Mathematisches Modell	131
A.2	Quellcode - Ermittlung der Biegelinie	138
A.3	Quellcode - Materialverhalten	143