

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungszeichen	XI
Abbildungsverzeichnis	XVII
Tabellenverzeichnis	XXI
1 Einleitung	23
2 Stand der Technik	25
2.1 Methoden für systematische Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse	25
2.1.1 Grundlagen	25
2.1.2 Problemlösungszyklus	27
2.1.3 Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren	29
2.1.4 Vorgehensweisen für die Werkstoffauswahl	32
2.1.5 Produkt- und Prozessentwicklungsprozesse	36
2.2 Anforderungen an Personenkraftfahrzeuge	38
2.2.1 Fahrzeugsicherheit	38
2.2.2 Leichtbaustrategien	41
2.3 Fertigungsleichtbau	43
2.3.1 Wärmebehandlung	43
2.3.2 Thermomechanische Behandlung	44
2.3.3 Bauteile mit lokal unterschiedlichen Eigenschaften	53
2.4 Werkstoffleichtbau	59
2.4.1 Höchstfeste Stahlwerkstoffe	59
2.4.2 Einfluss der Legierungselemente	62
2.5 Zusammenfassende Bewertung	65
3 Fokus und Zielsetzung der Arbeit	67
4 Methodik zur Prozessauslegung anforderungsgerecht gestalteter Strukturbauteile	71
4.1 Anforderungsanalyse	73
4.1.1 Übertragung der Bauteilanforderungen in Werkstoffanforderungen	73

4.1.2	Erstellung eines Anforderungsprofils.....	74
4.2	Werkstoffsuche	76
4.3	Auswahl des geeigneten Umformprozesses	79
4.4	Charakterisierung der Werkstoffeigenschaften	81
4.4.1	Werkstoffcharakterisierung nach der Blechkaltumformung	81
4.4.2	Werkstoffcharakterisierung nach einer thermomechanischen Behandlung	84
4.4.3	Werkstoffcharakterisierung nach einer unterschiedlichen thermomechanischen Behandlungen	90
4.4.4	Parametereinflussanalyse	91
4.5	Ermittlung des Formänderungsvermögens	92
4.5.1	Ermittlung der Prozessparameter der Blechkaltumformung	92
4.5.2	Ermittlung der Prozessparameter der thermomechanischen Behandlung	95
4.5.3	Parametereinflussanalyse	97
4.6	Prozesskonfiguration und -anpassung	97
4.6.1	Statistische Versuchsplanung	97
4.6.2	Sensitivitätsanalyse	99
4.7	Entscheidungsvorschlag zur Prozessgestaltung	105
4.7.1	Soll-Ist-Vergleich	106
4.7.2	Erarbeitung des Prozessfensters	106
4.7.3	Entscheidungsvorschlag	108
5	Ermittlung des Prozessfensters zur Herstellung eines Strukturbauteils mit partiell unterschiedlichen Eigenschaftszonen unter Anwendung der erarbeiteten Methodik	109
5.1	Definition der Anforderungen an das Strukturbauteil	110
5.2	Werkstoffselektion	112
5.3	Auswahl des Umformprozesses	114
5.4	Thermische und thermomechanische Werkstoff-charakterisierung	115
5.4.1	Chemische Zusammensetzung	116
5.4.2	Umwandlungstemperaturen	116
5.4.3	Zeit-Temperatur-Schaubilder	118

5.4.4	Mechanische Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit der Abkühlrate	124
5.4.5	Mechanische Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von der Abkühlrate und dem Umformgrad	128
5.4.6	Mechanische Werkstoffeigenschaften durch partiell unterschiedliche thermo-mechanische Behandlung	131
5.4.7	Parametereinflussanalyse	137
5.5	Ermittlung des Formänderungsvermögens	140
5.5.1	Warmfließkurven	142
5.5.2	Grenzziehverhältnis.....	146
5.5.3	Erichsen-Tiefungswert.....	148
5.5.4	Rückfederung.....	150
5.5.5	Parametereinflussanalyse	151
5.6	Prozessentwicklung und -validierung.....	154
5.6.1	Statistische Versuchsplanung	156
5.6.2	Sensitivitätsanalyse mit der FE-Simulation	159
5.6.3	Sensitivitätsanalyse durch experimentelle Untersuchungen	169
5.7	Entscheidungsvorschlag	174
5.7.1	Auswertung	174
5.7.2	Ergebnisdokumentation und Prozessfenster.....	176
5.7.3	Entscheidungsvorlage.....	178
5.8	Zusammenfassung	180
6	Zusammenfassende Bewertung und Ausblick	183
7	Literaturverzeichnis.....	187
Anlagen	199