

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>iv</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Stand der Erkenntnisse .....</b>	<b>3</b>
2.1 Leichtbau mit Stahlwerkstoffen .....	3
2.2 Verarbeitung und Eigenschaften borlegierter Vergütungsstähle .....	4
2.2.1 Prozessroute des indirekten Formhärtens .....	5
2.2.2 Prozessroute des direkten Formhärtens .....	6
2.2.3 Einfluss der Parameter des Formhärteprozesses auf die Bauteileigenschaften .....	7
2.2.4 Beschichtungssysteme .....	11
2.3 Gewindeintegration in Blechwerkstoffe .....	13
2.3.1 Thermische Funktionselemente .....	14
2.3.2 Mechanische Funktionselemente .....	17
2.4 Fügen von Gewindeträgern unter Temperatureinfluss .....	21
<b>3. Zielsetzung und methodisches Vorgehen .....</b>	<b>22</b>
<b>4. Versuchsrandbedingungen .....</b>	<b>24</b>
4.1 Fügeartikelwerkstoffe .....	24
4.1.1 Bor-Mangan-Stahl 22MnB5 .....	24
4.1.2 Mikrolegierter Stahl HX340LAD .....	25
4.2 Funktionselemente .....	25
4.2.1 Schweißmutter .....	25
4.2.2 Stanzmutter .....	26
4.3 Prüfkörpergeometrien und Prüfvorrichtungen .....	28
4.3.1 Probengeometrie für den kombinierten Prozess .....	28
4.2.1. Prüfkörpergeometrie für die Auszugswiderstands- und Verdrehprüfung .....	28
4.3.2 Prüfkörpergeometrie zur Scherzugprüfung unter quasistatischer und zyklischer Lasteinleitung .....	30
4.4 Fügeeinrichtungen und weitere Anlagentechniken .....	31

4.4.1	Widerstandsschweißanlage mit Kondensatorentladung .....	31
4.4.2	Lichtbogenschweißanlage mit Hubzündung .....	31
4.4.3	Exzenterpresse.....	31
4.4.4	Hydraulikpresse.....	31
4.4.5	Kammerofen.....	31
4.5	Prüfeinrichtungen.....	32
4.5.1	Verbindungsprüfung unter quasistatischer Lasteinleitung .....	32
4.5.2	Verbindungsprüfung unter zyklischer Lasteinleitung .....	33
<b>5.</b>	<b>Voruntersuchungen .....</b>	<b>34</b>
5.1	Umformtechnisches Fügen bei Raumtemperatur .....	34
5.2	Temperaturführung der kombinierten Prozessgestaltung .....	35
5.3	Vorbewertung des kombinierten Prozesses mithilfe der numerischen Simulation .....	40
5.4	Bewertungskriterien einer Stanzmutterverbindung .....	45
5.5	Elementbeschichtung für den kombinierten Prozess .....	47
5.6	Charakterisierung der Referenzverbindungen .....	48
<b>6.</b>	<b>Entwicklung eines Versuchswerkzeuges für den kombinierten Prozess.....</b>	<b>51</b>
6.1	Aufbau und Funktionsweise des Versuchswerkzeuges .....	51
6.1.1	Aufbau der Stempereinheit .....	53
6.1.2	Aufbau der Matrizen- und Blechaufnahme .....	54
6.2	Festigkeitsnachweis hochbelasteter Werkzeugkomponenten.....	56
6.3	Umsetzung unterschiedlicher Prozessmodi im Versuchswerkzeug .....	57
6.4	Entwicklung einer Handhabungsroutine.....	60
<b>7.</b>	<b>Prozess- und Verbindungsanalyse.....</b>	<b>65</b>
7.1	Umformtechnisches Fügen bei einer Blechtemperatur von 800 °C .....	65
7.2	Umformtechnisches Fügen der Stanzmutter STM M8/20 bei unterschiedlichen Trägerbauteiltemperaturen.....	72
7.3	Prozessfensterermittlung für das Fügen der STM M8/20 im kombinierten Prozess .....	80
7.4	Bewertung der geometrischen Verbindungsausbildung in Abhängigkeit der Temperatur .....	88

---

<b>8. Eigenschaftsprofil der im kombinierten Prozess hergestellten Verbindungen .....</b>	<b>92</b>
8.1 Auszugswiderstandsprüfung.....	92
8.2 Verdrehwiderstandsprüfung.....	93
8.3 Scherzugprüfung .....	96
8.3.1 Scherzugprüfung unter quasistatischer Lasteinleitung .....	96
8.3.2 Scherzugprüfung unter zyklischer Lasteinleitung .....	97
<b>9. Zusammenfassung.....</b>	<b>100</b>
<b>10. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>102</b>