

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>                     | <b>III</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                 | <b>1</b>   |
| <b>2 Stand der Technik.....</b>                                           | <b>3</b>   |
| 2.1 Höchstfeste Mehrphasenstähle für den Automobilbau.....                | 3          |
| 2.2 Metallische Überzüge.....                                             | 6          |
| 2.3 Widerstandspunktschweißen .....                                       | 11         |
| 2.4 Grundlagen der LME .....                                              | 19         |
| 2.4.1 Voraussetzungen zur Flüssigmetallversprödung.....                   | 20         |
| 2.4.2 Modelle der LME .....                                               | 26         |
| 2.4.3 Risswachstum und technologische Signifikanz .....                   | 27         |
| 2.5 LME beim Widerstandspunktschweißen .....                              | 28         |
| 2.5.1 Charakterisierungsmöglichkeiten .....                               | 28         |
| 2.5.2 Prozessbedingte Einflussgrößen.....                                 | 30         |
| 2.5.3 Einfluss auf die Kraftübertragung und zyklische Belastbarkeit ..... | 33         |
| <b>3 Problemstellung und Zielsetzung.....</b>                             | <b>34</b>  |
| <b>4 Versuchswerkstoffe und –einrichtungen.....</b>                       | <b>36</b>  |
| 4.1 Werkstoff- und Oberflächencharakterisierung .....                     | 36         |
| 4.2 Versuchswerkstoffe.....                                               | 38         |
| 4.3 Anlagentechnik.....                                                   | 41         |
| 4.4 Prüfverfahren und Probengeometrien .....                              | 45         |
| 4.4.1 WPS-Experimente.....                                                | 45         |
| 4.4.2 Numerische WPS-Simulation .....                                     | 48         |

---

|           |                                                             |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.3     | Warmzugversuche .....                                       | 49        |
| <b>5</b>  | <b>Experimentelle WPS-Versuche .....</b>                    | <b>52</b> |
| 5.1       | Voruntersuchungen.....                                      | 52        |
| 5.2       | Ermittlung der WPS-Referenzschweißserien .....              | 53        |
| <b>6</b>  | <b>Numerische WPS-Simulation.....</b>                       | <b>60</b> |
| 6.1       | Validierung des Modells für die Referenzschweißserie 2..... | 60        |
| 6.2       | Berechnung der thermomechanischen Beanspruchung .....       | 61        |
| <b>7</b>  | <b>Untersuchung mithilfe von Warmzugversuchen .....</b>     | <b>64</b> |
| 7.1       | Validierung des Prüfverfahrens.....                         | 64        |
| 7.2       | Prüfung bei unterschiedlichen Temperaturen .....            | 67        |
| 7.3       | Einflüsse von Prozessführung und Probenkonfiguration.....   | 71        |
| 7.4       | Untersuchung von Vergleichswerkstoffen .....                | 75        |
| <b>8</b>  | <b>Anpassung des Beschichtungssystems .....</b>             | <b>79</b> |
| 8.1       | Probenfertigung.....                                        | 79        |
| 8.2       | Prüfung der Laborproben mithilfe von Warmzugversuchen ..... | 84        |
| <b>9</b>  | <b>Validierung der Prognoseeignung .....</b>                | <b>90</b> |
| <b>10</b> | <b>Zusammenfassung .....</b>                                | <b>96</b> |
| <b>11</b> | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                            | <b>98</b> |