

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Vorwort .....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>1 Einleitung .....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>2 Stand der Technik und Forschung .....</b>  | <b>3</b>   |
| 2.1 Leichtbau im Karosseriebau.....   | 3          |
| 2.1.1 Werkstoffe .....  | 3          |
| 2.1.2 Technologien zum Fügen durch Umformen.....  | 5          |
| 2.1.3 Schneidclinchen .....   | 7          |
| 2.2 Steigerung der Umformbarkeit ausscheidungshärtbarer<br>Aluminiumlegierungen der 7000er Serie..... | 11         |
| 2.3 Einstellung maßgeschneiderter Halbzeugeigenschaften.....  | 15         |
| 2.4 Thermisch unterstütztes Fügen durch Umformen.....   | 19         |
| 2.4.1 Fügen bei erhöhter Temperatur .....   | 19         |
| 2.4.2 Fügen nach Vorkonditionieren .....  | 21         |
| 2.5 Zusammenfassende Bewertung .....  | 23         |
| <b>3 Zielsetzung und methodisches Vorgehen.....</b>   | <b>25</b>  |
| <b>4 Verwendete Werkstoffe, Versuchsanlagen, Methoden und<br/>Software .....</b>                      | <b>29</b>  |
| 4.1 Untersuchte Werkstoffe .....  | 29         |
| 4.1.1 Ausscheidungshärtbare Aluminiumlegierung EN AW-7075....   | 29         |
| 4.1.2 Mangan-Bor-Stahl 22MnB5.....  | 30         |
| 4.1.3 Dualphasenstahl HCT780X.....  | 31         |
| 4.2 Rückbildungsglühen der ausscheidungshärtbaren<br>Aluminiumlegierung EN AW-7075 T6 .....           | 32         |
| 4.3 Charakterisierung der Werkstoffeigenschaften .....  | 33         |
| 4.3.1 Quasi-statischer einachsiger Zugversuch .....   | 33         |
| 4.3.2 Härteprüfung nach Brinell .....   | 34         |
| 4.4 Fügen mittels Schneidclinchen.....  | 35         |
| 4.5 Charakterisierung der Verbindungseigenschaften .....  | 37         |
| 4.5.1 Metallographische Analyse der Fügepunktgeometrie .....  | 37         |
| 4.5.2 Prüfung der Verbindungsfestigkeit.....  | 38         |
| 4.6 Numerische Simulation .....   | 39         |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>5</b> | <b>Kurzzeit-Rückbildungsglühen von EN AW-7075 T6 mittels Laserstrahlung .....</b>  | <b>43</b>  |
| <b>6</b> | <b>Verbesserung der Fügbarkeit von EN AW-7075 T6 durch Kurzzeit- Rückbildungsglühen .....</b>  | <b>55</b>  |
| 6.1      | Prozessanalyse bei stempelseitiger Anordnung von EN AW-7075 in den Zuständen T6 und W .....  | 55         |
| 6.2      | Fügbarkeit von EN AW-7075 T6 in Abhängigkeit der Prozessführung während des Rückbildungsglühens.....   | 65         |
| 6.3      | Verbindungseigenschaften in Abhängigkeit der Prozessführung während des Rückbildungsglühens .....  | 74         |
| 6.4      | Ableitung eines Prozessfensters für die Fügbarkeit von EN AW-7075 im Schneidclinchprozess .....  | 81         |
| 6.5      | Übertrag der Erkenntnisse auf matrizenseitigen HCT780X.....  | 83         |
| <b>7</b> | <b>Stoffflusssteuerung durch lokal begrenztes Rückbildungsglühen .....</b>   | <b>87</b>  |
| 7.1      | Eigenschaftsgradierung durch lokal begrenztes Rückbildungsglühen .....   | 94         |
| 7.2      | Punktförmige Wärmebehandlungslayouts .....   | 103        |
| 7.2.1    | Analyse der Fügbarkeit und des Stoffflusses .....  | 103        |
| 7.2.2    | Analyse der Fügepunktgeometrie .....   | 112        |
| 7.2.3    | Analyse der erzielbaren Verbindungsfestigkeit.....   | 117        |
| 7.3      | Ringförmige Wärmebehandlungslayouts.....   | 120        |
| 7.3.1    | Analyse der Fügbarkeit und des Stoffflusses .....  | 120        |
| 7.3.2    | Analyse der Fügepunktgeometrie .....   | 130        |
| 7.3.3    | Analyse der erzielbaren Verbindungsfestigkeit.....   | 133        |
| 7.4      | Zusammenfassende Bewertung der Wirksamkeit lokaler Kurzzeitwärmebehandlungen beim Fügen durch Umformen hochfester 7000er Legierungen .....                         | 137        |
| <b>8</b> | <b>Integration des Fügens durch Umformen nach lokal begrenztem Rückbildungsglühen in Prozessketten zur Herstellung von Blechbaugruppen mit 7000er Aluminium ..</b> | <b>145</b> |
| 8.1      | Einfluss der Wärmebehandlungsstrategie auf das Auslagerungsverhalten .....   | 146        |
| 8.1.1    | Kaltauslagerungsverhalten .....  | 148        |
| 8.1.2    | Warmauslagerungsverhalten .....  | 151        |
| 8.2      | Einfluss des Warmauslagerns auf die Verbindungseigenschaften ....  | 158        |
| 8.3      | Zusammenfassende Bewertung der Gestaltung von Prozessketten für das Fügen durch Umformen hochfester 7000er Legierungen.....  | 167        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>9</b>  | <b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b> | <b>169</b> |
| <b>10</b> | <b>Summary and outlook.....</b>          | <b>173</b> |
|           | <b>Literaturverzeichnis.....</b>         | <b>177</b> |