

# Inhaltsübersicht

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>                                                                                     | <b>1</b>  |
| <b>2. Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen</b>                                                          | <b>3</b>  |
| <b>2.1 Elastische Verformung</b>                                                                         | <b>3</b>  |
| <b>2.2 Plastische Verformung</b>                                                                         | <b>4</b>  |
| 2.2.1 Versetzungsgleiten                                                                                 | 4         |
| 2.2.2 Zwillingsbildung                                                                                   | 6         |
| 2.2.3 Verformungsinduzierte Martensitbildung                                                             | 10        |
| 2.2.4 Scherbandbildung                                                                                   | 12        |
| <b>3. Legierungsauswahl</b>                                                                              | <b>15</b> |
| <b>3.1 Entwicklung neuartiger Karosseriestähle</b>                                                       | <b>15</b> |
| <b>3.2 Legierungskonzeption</b>                                                                          | <b>19</b> |
| 3.2.1 Einfluss von Aluminium und Silizium auf die Mikrostruktur und Eigenschaften von TRIP-/TWIP-Stählen | 19        |
| a) Dynamische Reckalterung                                                                               | 21        |
| b) Wasserstoffversprödung                                                                                | 23        |
| 3.2.2 Einfluss des Kohlenstoffs auf Fe-Mn-Legierungen                                                    | 24        |
| <b>4. Legierungsherstellung und Untersuchungsmethoden</b>                                                | <b>31</b> |
| <b>4.1 Probenherstellung</b>                                                                             | <b>31</b> |
| <b>4.2 Rekristallisationsglühung</b>                                                                     | <b>32</b> |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>4.3 Bestimmung der mechanischen Kennwerte</b>                                                   | 32 |
| - mechanische Eigenschaften                                                                        | 32 |
| - Näpfchenziehversuche                                                                             | 33 |
| <b>4.4 Mikrostrukturelle Untersuchungsmethoden</b>                                                 | 33 |
| 4.4.1 Lichtoptische Mikroskopie (LOM)                                                              | 33 |
| 4.4.2 Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)                                                     | 34 |
| 4.4.3 Röntgendiffraktometrie (XRD)                                                                 | 34 |
| - Verfahrensbeschreibung                                                                           | 34 |
| - Bestimmung der Gitterkonstanten                                                                  | 36 |
| <b>5. Ergebnisse und Diskussion</b>                                                                | 39 |
| <b>5.1 Variation der Mangan- und Aluminiumgehalte in kohlenstoffarmen TRIP-/TWIP-Stählen</b>       | 39 |
| 5.1.1 Mechanische Eigenschaften                                                                    | 42 |
| <b>5.2 Variation des Kohlenstoffgehaltes</b>                                                       | 46 |
| 5.2.1 Mechanische Eigenschaften                                                                    | 47 |
| <b>5.3 Verfestigung</b>                                                                            | 50 |
| <b>5.4 Bestimmung des Elastizitätsmoduls</b>                                                       | 56 |
| <b>5.5 Stapelfehlerenergie</b>                                                                     | 57 |
| <b>5.6 Mikrostruktur der Fe-Mn-C Stähle</b>                                                        | 66 |
| 5.6.1 Phasenanalyse von Fe-Mn-Al-Si Legierungen mit geringen C-Gehalten ( $C < 0,25 \%$ )          | 66 |
| 5.6.2 Phasenanalyse von Fe-Mn-Al-Si Legierungen mit höheren C-Gehalten ( $0,25 \leq C \leq 1 \%$ ) | 69 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>5.6.3 Mikroskopische Gefügecharakterisierung</b>                               | 71 |
| a) Lichtoptische Aufnahmen                                                        | 71 |
| b) Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen                                | 75 |
| <b>5.7 Ergänzende mechanische Untersuchungen</b>                                  | 76 |
| <b>5.7.1 Einfluss der zusätzlichen Kaltverfestigung und der Rekristallisation</b> | 76 |
| <b>5.7.2 Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit der Temperatur</b>             | 81 |
| <b>5.7.3 Variation der Rekristallisationsparameter</b>                            | 84 |
| <b>5.7.4 Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit der Dehngeschwindigkeit</b>    | 90 |
| <b>5.7.5 Kerbzugversuche</b>                                                      | 92 |
| <b>6. Zusammenfassung</b>                                                         | 95 |
| <b>7. Literatur</b>                                                               | 99 |