



**Berichte aus dem
Institut für Eisenhüttenkunde**

Adrian Karl-Gustav Rüs Kamp

**Gefüge-Eigenschafts-Korrelation von hochfesten
Mehrphasenstählen im Biegeumformprozess**

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. W. Bleck
Prof. Dr.rer.nat. Dr.-Ing.e.h. W. Dahl
Prof. Dr.-Ing. H.W. Gudenau
Prof. Dr.-Ing. D. Senk

Band 5/2019

Shaker Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	EINLEITUNG	5
3	STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK	7
3.1	Hochfeste Stahlwerkstoffe im Automobilbau	7
3.1.1	Martensitumwandlung.....	10
3.1.2	Dualphasenstähle – wichtige Eigenschaften	14
3.1.3	Complexphasenstähle – wichtige Eigenschaften.....	22
3.2	Biegeumformung hochfester Feinbleche.....	29
3.2.1	Freies Biegen.....	29
3.2.2	Methoden zur Bestimmung des Biegewinkels beim freien Biegen	32
3.3	Versagensmechanismen hochfester Mehrphasenstähle in der Kaltumformung.....	34
3.3.1	Schädigungs- und Versagensmechanismen in Biegeprozessen.....	38
4	ZIELSETZUNG UND METHODISCHES VORGEHEN	41
5	VERWENDETE WERKSTOFFE.....	45
6	EXPERIMENTELLE DURCHFÜHRUNG	51
6.1	Untersuchung der Umwandlungskinetik	51
6.2	Technologische Wärmebehandlung	52
6.3	Mikroskopische Untersuchungen und Mikrostrukturanalyse.....	53
6.3.1	Konfokalmikroskopie.....	53
6.3.2	Lichtoptische Mikroskopie.....	55
6.3.3	Rasterelektronenmikroskopie mit Elektronenrückstreubeugung	56
6.3.4	Computertomografische Schadensanalyse	56
6.4	Ermittlung der mechanischen Kennwerte.....	58
6.4.1	Quasistatischer Zugversuch.....	58
6.4.2	Drei-Punkt-Biegeversuch	59
6.4.3	Bestimmung der Kantenrissempfindlichkeit im Lochaufweitungsversuch	64
7	ERGEBNISSE	67
7.1	Schädigungsmechanismen während der Biegeumformung	67
7.1.1	In-situ-Biegeversuche an 980X.....	67
7.1.2	Schädigungsinitiation und -evolution beim scharfkantigen freien Biegen.....	69
7.1.3	Computertomografische Schadensanalyse	72
7.2	Einfluss der Gefügezusammensetzung.....	76
7.2.1	Evaluierung der Prozessfenster (Umwandlungs- und Ausscheidungskinetik)	76

7.2.2	Quenching & Partitioning	91
7.3	Einfluss des Reinheitsgrades auf die Biegbarkeit	94
7.4	Einfluss und Ursache der Anisotropie und des Ridgings	99
8	DISKUSSION	109
8.1	Schädigungsmechanismen während der Biegeumformung	109
8.2	Gefügezusammensetzung zur Verbesserung der Biegbarkeit	110
8.3	Einfluss des Reinheitsgrades auf die Biegbarkeit	113
8.4	Einfluss und Ursache der Anisotropie und des Ridgings	114
9	SCHLUSSFOLGERUNGEN	117
10	LITERATURVERZEICHNIS	119
11	ANHANG	131