

Einfluss von erhöhten Gehalten an Spurenelementen auf die getrennt eutektoide Umwandlung in einem niedrig legierten übereutektoiden Stahl

M. Graf¹, P. Haslberger², M. Galler³, O. Glushko¹, R. Schnitzer¹

¹ Christian Doppler Laboratory for *Knowledge-based Design of Advanced Steels*, Department of Materials science, Montanuniversität Leoben, 8700 Leoben, Austria

² voestalpine Forschungsservicegesellschaft Donawitz GmbH, 8700 Leoben, Austria

³ voestalpine Wire Rod Austria GmbH, 8792 St. Peter-Freienstein, Austria

Aufgrund aktueller Bestrebungen, die CO₂-Emissionen bei der Eisen- und Stahlerzeugung durch den vermehrten Einsatz von Schrott im Elektrolichtbogenofen zu reduzieren, kann es zu einer Erhöhung der Gehalte an Spurenelementen (Kupfer, Zinn, Nickel, ...) in den Stählen kommen. Dies kann zu einer Veränderung der Stahleigenschaften, wie z.B. das Verzögern von Phasenübergängen zu tieferen Temperaturen [1], führen. Der Einfluss dieser Spurenelemente auf die getrennt eutektoide Umwandlung in einem übereutektoiden Stahl wurde untersucht.

Die getrennt eutektoide Umwandlung (engl. divorced eutectoid transformation (DET)) beschreibt eine nicht kooperativ ablaufende eutektoide Umwandlung im Stahl, die anstelle von oder mit der perlitischen Umwandlung stattfinden kann. Das dabei entstehende Gefüge setzt sich zusammen aus einer ferritischen Matrix und sphärischen Zementitpartikeln (siehe Abbildung) [2]. Um den Einfluss von diversen Wärmebehandlungsparametern zu untersuchen, wurden makroskopische Härtewerte ermittelt, sowie die Partikelgrößen- und Partikelrundheitsverteilung mittels KI-gestützter Bildanalyse [3] in hochauflösenden rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen (siehe Abbildung) von einem übereutektoiden Stahl und Varianten davon mit erhöhten Gehalten an Spurenelementen bestimmt.

Es hat sich gezeigt, dass eine geringe Unterkühlung bzw. Abkühlgeschwindigkeit nach dem Austenitisieren, sowie eine Austenitisierungstemperatur die näher an der A₁-Temperatur liegt, die getrennt eutektoide Umwandlung begünstigen. In der Literatur [4] sowie bei diesen Untersuchungen finden sich erste Hinweise, dass bei erhöhten Gehalten an Spurenelementen eine begünstigende Wirkung auf die getrennt eutektoide Umwandlung stattfinden kann.

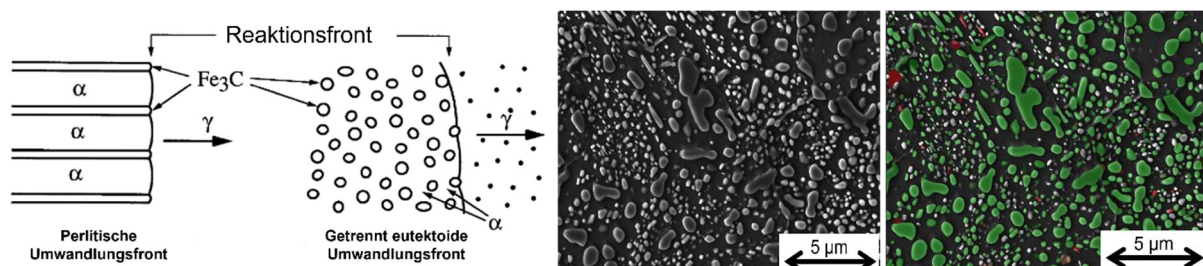


Abbildung 1: Links: Schematische Darstellung der verschiedenen eutektoiden Umwandlungsformen [3]. Mitte: Vollständig sphäroidisiertes Gefüge nach getrennt eutektoider Umwandlung. Rechts: KI-gestützte Auswertung der Partikelgrößen und -rundheit.

[1] J. Duan, D. Farrugia, J. D. Poplawsky, C. Davis, Z. Li, *Effect of impurities on phase transformation and precipitation in a low-carbon steel*, Materialia 36 (2024) 102141.

[2] J. D. Verhoeven & E. D. Gibson, *The divorced eutectoid transformation in steel*, Metall. Mater. Trans. A 29 (1998) 1181–1189.

[3] A. Kirillov, E. Mintun, N. Ravi, H. Mao, C. Rolland, L. Gustafson, T. Xiao, S. Whitehead, A. C. Berg, W.-Y. Lo, P. Dollar, R. Girshick, *Segment Anything*, arXiv (2023) 2304.02643.

[4] H. K. D. H. Bhadeshia, *Steels for bearings*, Prog. Mater. Sci. 57/2 (2012) 268-435.