



## DEVELOPMENT OF THIRD GENERATION ADVANCED HIGH STRENGTH STEELS (AHSS) VIA ULTRAFAST HEATING

F. M. Castro Cerda<sup>(1,2)\*</sup>, C. Goulas<sup>(3)</sup>, B. Schulz<sup>(1)</sup>, A. Artigas<sup>(1)</sup>, R. H. Petrov<sup>(2,3)</sup>, A. E. Monsalve<sup>(1)</sup>

(1)Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Santiago de Chile, Av. Lib. Bdo. O'Higgins 3363, Estación Central, Santiago de Chile

(2)Ghent University, Dept. of Materials Science and Engineering, Tech Lane Ghent Science Park – Campus A, Technologiepark 903, 9052 Zwijnaarde (Gent), Belgium.

(3)Delft University of Technology, Department of Materials Science and Engineering, Mekelweg 2, 2628CD Delft, The Netherlands

\*Correo Electrónico (F. M. Castro Cerda): [felipe.castro@usach.cl](mailto:felipe.castro@usach.cl)

### RESUMEN

El calentamiento ultra rápido de aceros estructurales ha sido ampliamente utilizado en la industria, como por ejemplo, durante el 'temple por inducción'. Sin embargo, este tipo de tratamiento térmico fue reciente aplicado a productos planos de acero [1,2] con interesantes resultados. La microestructura resultante después de aplicar calentamiento ultra rápido ( $> 100$  °C/s) ha producido un aumento en la resistencia de ~200 MPa, en comparación con el material sometido a un tratamiento convencional ( $< 10$  °C/s) [3]. La ductilidad también ha mejorado después de la aplicación de un tratamiento ultra rápido. La mejora en las propiedades ha sido atribuida a (i) el afinamiento de grano general y (ii) la mezcla de fases y microconstituyentes formados durante el enfriamiento.

En el presente estudio se investigó la evolución de la microestructura y las texturas en un acero FeCMnAlSi laminado en frío, sometido a condiciones de calentamiento convencionales y ultra rápidas. El tratamiento térmico consistió en cuatro etapas: (i) calentamiento lento ( $10$  °C/s) hasta los  $400$  °C, (ii) mantenimiento a  $400$  °C por  $30$  s, (iii) calentamiento hasta  $860$  °C y mantenimiento por  $1.5$  s y finalmente (iv) temple. Las velocidades de calentamiento en la tercera (iii) etapa fueron de  $10$  °C/s y  $400$  °C/s. 3 probetas de tamaño reducido fueron tomadas de cada muestra de tratamiento térmico para la realización de ensayos de tracción. El análisis microestructural fue realizado mediante difracción de rayos X, microscopía óptica y de barrido y análisis de difracción de electrones retrodispersados. Los resultados revelaron el refinamiento de la microestructura y el mejoramiento de las propiedades mecánicas después de aplicar el calentamiento ultra rápido. La caracterización microestructural mostró que la notable mejora en resistencia y ductilidad se debe a la distribución de fases y al tamaño de grano ferrítico, ambos parámetros influenciados directamente por la velocidad de calentamiento.

### ABSTRACT

Although the very fast heating rates have been applied in the case hardening of the constructional steels, the ultrafast heating (UFH) of flat steel products is among the new processing routes that are currently subject of ongoing research [1,2]. When comparing microstructures produced by conventional heating (CH) ( $< 10$  °C/s) with its counterpart obtained through UFH ( $> 100$  °C/s), an average improvement of ~200 MPa in strength has been found in the existing literature [3]. Although in a less extent, the ductility is also enhanced. Such improvement in strength and ductility has been attributed principally to (i) the general grain size refinement effect in ferrite and martensite and (ii) the mixture of phases/constituents formed during cooling. The microstructure and texture evolution of cold rolled FeCMnAlSi steel sheets subjected to CH and UFH experiments were investigated. The thermal path consist of four steps (i) slow heating ( $10$  °C/s) to  $400$  °C; (ii), holding at  $400$  °C for  $30$  s, (iii) fast heating to  $860$  °C and hold for  $1.5$  s, and (iv) quench to room

*temperature. The heating rates on the third stage were 10 °C/s and 400 °C/s. For mechanical tests, 3 subsize samples were cut from each specimen parallel to the rolling direction. The gage length and the width of the tensile test samples are 3x1 mm<sup>2</sup>, respectively. The microstructure evolution was followed by X-ray diffraction, Optical and Scanning Electron Microscopy (SEM) and Electron backscatter diffraction (EBSD) performed on FEI Quanta 450-FEG-SEM. Results have shown microstructure refinement and increase of the strength when the fast annealing treatment is applied to the samples with higher amount of cold reduction. Microstructural characterization revealed that the remarkable improvement in the strength and ductility is mainly due to the phase distribution and the average ferritic grain size, both being noticeably affected by the heating rate.*

## **REFERENCIAS**

1. T. Lolla, G. Cola, B. Narayanan, B. Alexandrov, S.S. Babu, “Development of rapid heating and cooling (flash processing) process to produce advanced high strength steel microstructures”, *Mater. Sci. Technol.* 27 (2011) 863–875.
2. S. Papaefthymiou, C. Goulas, F.M. Castro Cerda, J. Sietsma, R. Petrov, “MICROSTRUCTURAL EVOLUTION DURING ULTRAFAST HEAT TREATMENT OF MEDIUM CARBON STEELS”, in: *Proc. Int. Conf. Solid-Solid Phase Transform. Inorg. Mater.*, Whistler, 2015: pp. 569–570.
3. D. De Knijf, A. Puype, C. Föjer, R. Petrov, “The influence of ultra-fast annealing prior to quenching and partitioning on the microstructure and mechanical properties”, *Mater. Sci. Eng. A.* 627 (2015) 182–190.

**TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO:** *T04*

**PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER):** *O (Oral)*