

# DESARROLLO DE ACEROS DUAL PHASE PARA REFUERZO EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

De la Concepción, Valeria<sup>(1)</sup>, Lorusso, Hernán<sup>(1,2)</sup>, Svoboda, Hernán<sup>(2,3)</sup>

<sup>(1)</sup>INTI-Mecánica, <sup>(2)</sup>Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería -INTECIN - Laboratorio de Materiales y Estructuras (LAME), <sup>(3)</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
valeriac@inti.gob.ar

## OBJETIVO

Estudiar la obtención de aceros Dual Phase a partir de un acero base (AL 220) y evaluar su aplicabilidad como alternativa para la fabricación de productos del tipo ADN 420 y ADN 420S, empleados actualmente como barras de acero conformadas para armadura en estructuras de hormigón.

## DESCRIPCIÓN

La microestructura de los aceros Dual Phase (DP) consiste en una matriz ferrítica (F) conteniendo una fracción variable de fase martensítica (M), en forma de islas (Fig. 1), que incrementa la resistencia del acero, mientras la fase ferrítica, aporta una excelente ductilidad. Al ser sometidos a un estado de tensiones, la deformación se concentra en dicha fase, logrando una elevada tasa de endurecimiento por deformación. Esta combinación de propiedades, sumada a una importante capacidad de absorción de energía, despierta el interés de su utilización para fines estructurales, en particular para aplicaciones en estructuras de hormigón sismorresistentes.

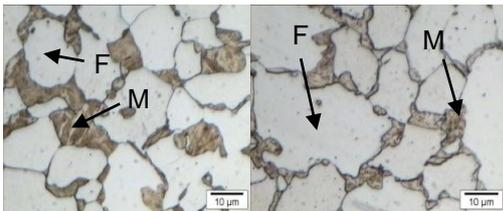


Figura 1: Microestructuras de los aceros Dual Phase.

Los productos ADN 420 y ADN 420S, son barras de acero conformadas de dureza natural, utilizados actualmente para armaduras en estructuras de hormigón, los cuales requieren de una certificación obligatoria en nuestro país y presentan requerimientos definidos por las normas IRAM-IAS U500 528 e IRAM-IAS U 500-207, en cuanto a su composición química y propiedades mecánicas. Este trabajo se limitó a la obtención de una microestructura a partir de la cual se trata de satisfacer dichos requisitos, sin evaluarse los aspectos geométricos asociados a la adherencia de estos productos con el hormigón, dado que la conformación del

nervurado se realiza antes del cambio microestructural y no afecta a las propiedades finales obtenidas.

Se caracterizó al acero de partida (AL 220, laminado en caliente y liso para armadura en estructuras de hormigón)  $\varnothing_{nom}=10mm$ . Se determinaron la composición química y las temperaturas críticas de transformación  $A_{c1}$  y  $A_{c3}$ . A partir de este material, se obtuvieron diferentes grados de aceros DP, mediante tratamientos térmicos a diferentes temperaturas intercríticas (740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 820, 840, 860 y 880 °C), con 30 minutos de permanencia y posterior enfriamiento en agua (Fig. 2). Sobre estos aceros, se realizó una caracterización microestructural y la cuantificación de la fase martensítica. Se realizaron ensayos de microdureza Vickers (HV1) y de tracción, obteniéndose las propiedades mecánicas resultantes. Sobre dos grados de aceros DP obtenidos, se deformaron muestras en tracción hasta introducirles un 1% de deformación plástica bajo carga (EUL 1%), a fin de aumentarles el límite de fluencia.

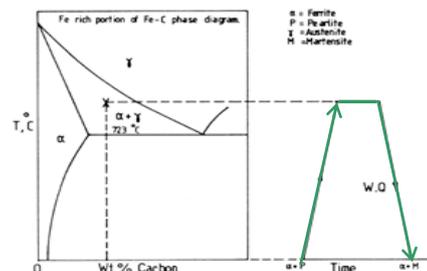


Figura 2: Tratamientos térmicos a temperaturas intercríticas.

A fines comparativos, se evaluaron también las características microestructurales y las propiedades mecánicas de productos ADN 420 y ADN 420S comerciales de diferentes fabricantes nacionales. Las propiedades obtenidas para los DP se compararon con los requisitos normativos vigentes y con las de los productos comerciales.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la composición química del material base, la

cual cumplió con los requisitos normativos. El bajo contenido de carbono presente permitió obtener a bajas temperaturas de tratamiento, bajas fracciones de martensita, y durezas relativamente bajas (Tabla 2), acorde a lo buscado.

**Tabla 1: Composición química del acero base, wt%**

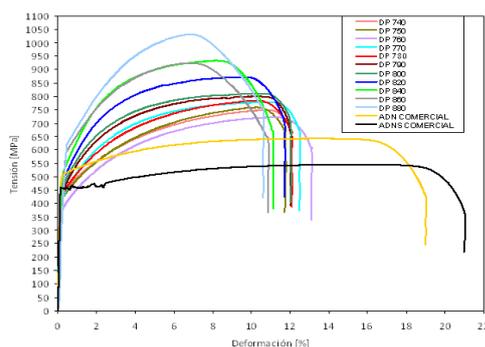
C	Mn	Si	P	S
0,11	0,69	0,21	0,025	0,021

En todos los aceros tratados, se observaron microestructuras de tipo dual, similares a las de la Fig. 1, compuestas por granos equiaxiales de ferrita y martensita, cuya fracción y dureza, aumentan con la temperatura de tratamiento (Tabla 2).

**Tabla 2. Porcentaje de martensita y dureza Vickers para las distintas temperaturas de tratamiento.**

T[°C]	%M	HV1
MB	-	120 +/-5
740	23 +/-3	191 +/-7
750	27 +/-3	196 +/-3
760	29 +/-3	203 +/-3
770	31 +/-3	209 +/-3
780	37 +/-3	212 +/-6
790	40 +/-3	215 +/-3
800	45 +/-3	231 +/-6
820	50 +/-3	250 +/-6
840	69 +/-3	266 +/-5
860	85 +/-3	303 +/-6
880	89 +/-3	361 +/-9

Asimismo, se observó un fuerte aumento de la resistencia respecto del material de origen y una disminución del alargamiento de rotura, mientras que la relación entre tensiones presentó sus valores máximos en un entorno de 30-50% de martensita (Fig. 3).



**Figura 3: Curvas tensión-deformación.**

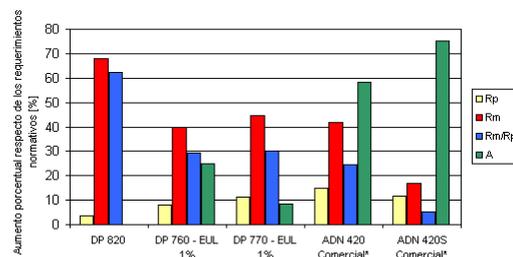
El acero DP820 (M50%) ha cumplido con todos los requisitos normativos mínimos para los productos ADN 420 y ADN 420S, no superándose holgadamente el mínimo de alargamiento de rotura requerido. En este sentido, los aceros que presentaron mejores resultados tanto de alargamiento como de relación entre tensiones fueron los DP760 y DP770 (M30%), pero estos no cumplieron con la tensión de fluencia requerida (420 MPa). Por lo

tanto, sobre estos grados de DP se realizaron deformaciones plásticas en tracción bajo carga del 1% (EUL 1%), a fin de producir un endurecimiento por deformación de modo de aumentar el límite de fluencia. Bajo estas condiciones de procesamiento los materiales mencionados cumplieron satisfactoriamente los requisitos (Tabla 3). Asimismo, la introducción de esta pequeña deformación en frío no implica una restricción en su implementación industrial ya que durante su fabricación suelen implementarse este tipo de deformaciones.

**Tabla 3: Propiedades mecánicas de algunos DP obtenidos, de los ADN comerciales y los requerimientos normativos (Valores mínimos).**

Material	R <sub>0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> /R <sub>0,2</sub>	A [%]
DP 820	435	839	1,93	12
DP 760+1%EUL	454	700	1,5	15
DP 770+1%EUL	467	723	1,6	13
ADN 420 com.	482	710	1,48	19
ADN 420S com.	469	585	1,25	21
Req. Norm. ADN	420	500	1,19	12

En la Fig. 4 se observa una comparación entre las propiedades mecánicas de los aceros DP obtenidos y los productos ADN comerciales. Dicha comparación se realiza en términos del aumento porcentual de las propiedades respecto de los valores normativos mínimos. Se destaca que, si bien los aceros tratados tienen menor alargamiento (A%) y tensión de fluencia (R<sub>0,2</sub>) que los productos comerciales, presentan una resistencia a la tracción (R<sub>m</sub>) y relación entre tensiones (R<sub>m</sub>/R<sub>0,2</sub>) muy superior, lo que denota una gran capacidad de absorción de energía en la deformación, que hace a estos aceros aptos para ser utilizados como armaduras en estructuras de hormigón sismorresistentes.



**Figura 4: Comparación de las propiedades de DP obtenidos y productos comerciales ADN420 y ADN 420S respecto de sus requerimientos normativos**

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron aceros Dual Phase que cumplieron con los requisitos normativos de composición química y de propiedades mecánicas para los productos ADN 420 y ADN 420S, a partir de un acero base económico, y podría considerarse como punto de partida para generar una ruta de fabricación alternativa de los productos mencionados.