



# Comportamiento de un acero microaleado al boro en el conformado. Influencia de las variables del proceso de fabricación

Ing. Juan Carlos Gozálvez, gozálvez@com.uncor.edu  
Ing. Elvio Jose Lenta, lentcimm@inti.gov.ar  
Lic. Reinaldo Mancini, mancini@inti.gov.ar  
Ing. Carlos Oldani, coldani@com.uncor.edu

	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%Al	%Cu
Nº 1	0.043	0.23	0.007	0.005	0.03	0.01	0.02	-	0.048	0.01
Nº 2	0.033	0.21	0.009	0.009	<0.03	0.02	0.02	-	0.044	0.01

TABLA Nº 1- Composición química de los aceros utilizados

## INTRODUCCIÓN

Las exigencias de la industria en cuanto a poder fabricar piezas con un alto índice de deformación plástica sin los inconvenientes que trae la presencia de átomos intersticiales han originado el desarrollo de aceros de muy bajo contenido de carbono y nitrógeno en solución sólida, que se conocen con el nombre de IF. Algunos aceros de esta familia tienen a su vez la característica de poder envejecer a la temperatura de hornado (BH) utilizada en túneles de pintura, este tipo de acero se conoce con el nombre de IF-BH. Las bajas concentraciones de C y N se consiguen con el agregado de Ti, Nb, Zr y V. Una vía alternativa es descarburar el acero líquido en vacío (RH) para reducir el porcentaje de carbono entre 20 y 50 ppm, y neutralizando el N con Al.

## EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

En el laboratorio del CEMCOR-CIMM se están estudiando aceros con muy bajo contenido de carbono, entre 20 y 80 ppm con capacidad de endurecimiento por hornado (BH), a partir de aceros calmados al aluminio. Aprovechando el recocido que se realiza en campana a las chapas deformadas en frío se podría introducir una atmósfera reactiva de forma tal de reducir el contenido de carbono pero conservando la calidad superficial de la chapa. En las experiencias de laboratorio se emplearon los aceros calmados al aluminio que muestra la tabla 1.

Los resultados indicados en la Tabla 2 fueron obtenidos recociendo en atmósfera húmeda de N<sub>2</sub>-15% H<sub>2</sub> con un punto de rocío superior a 28°C. Se observa que los aceros con concentración de C entre 25 y 100 ppm no envejecen a temperatura ambiente ni en los ensayos de Bake Hardening.

En la Tabla 3 se exhiben las propiedades mecánicas de muestras recocidas a 700°C en atmósfera con punto de rocío superior a 28°C. Se puede apreciar que después de un skin-pass y envejecido a 170°C durante 60 minutos no envejecen.

Las experiencias posteriores con punto de rocío menor a 28°C se muestran en la Tabla 4, en este caso sí se observa la aparición del endurecimiento producido por el hornado a 170°C. La Tabla además evidencia que distintos grados de deformación superficial no han influido en el resultado del BH.

Temperatura de Tratamiento °C	C <sub>fin</sub> ppm	Propiedades mecánicas			
		R <sub>0.2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	%A	%A <sub>r</sub>
650	26	117	302	38	0
650	30	125	301	40	0
700	50	116	301	40	0
700	80	93	292	43	0
740	45	145	306	42	0
740	50	100	280	41	0

TABLA Nº 2 – Resultado de aceros descarbados en distintas condiciones de atmósferas reactivas y temperaturas

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las experiencias realizadas indican las condiciones experimentales que limitan la obtención de una adecuada respuesta al BH. En atmósfera más oxidante la ausencia de envejecimiento, o su equivalente la deformación Lüders, se debería a la formación de dipolos C-O que inmovilizan al carbono<sup>(1)</sup>. Para atmósferas con menor potencial de oxígeno los tratamientos mostraron una respuesta adecuada al BH lo que indicaría que en esas condiciones no se forman los dipolos C-O generando carbonos móviles necesarios para el anclaje de las dislocaciones.

## CONCLUSIONES

- Las experiencias realizadas mostraron que es posible obtener aceros BH partiendo de aceros convencionales.
- Se probó además que un contenido bajo de carbono no es suficiente para garantizar respuesta al BH ya que ésta depende de las condiciones particulares de la atmósfera.

## DESARROLLO FUTURO

El plan de trabajos contempla evaluar la influencia de estos tratamientos en las propiedades de conformado de las chapas.

Referencia:  
(1) B. F. Oliver, F. Garófalo, Trans. AIME Vol. 233, 1965. p 1318

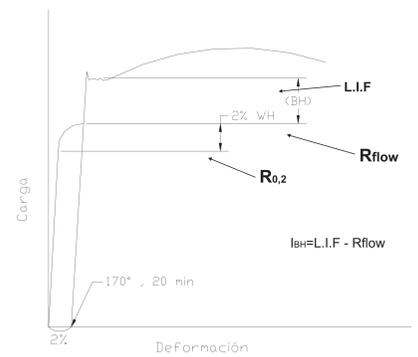


Figura 1. Determinación del índice de endurecimiento (IBH) a través del ensayo de tracción.

Acero	C <sub>fin</sub> ppm	% Skin Pass	% Predeform.	Envejecido	Propiedades Mecánicas				Índice BH MPa
					R <sub>0.2</sub> MPa	R <sub>m</sub> MPa	%A uniforme	%A <sub>r</sub>	
1	50	0.48	1	no	121				
1 bis	50	0.48	1	si	157	259	26.9	0	0
2	50	1.18	0	si	184	310	16.7	0	0
3	50	1.58	0	si	176	302	26.8	0	0
4	50	1.7	0	si	184	306	24.6	0	0
5	50	3.43	0	si	216	315	21.8	0	0

TABLA Nº 3 – Muestras de acero Nº1 recocidas a 700°C 2 horas en atmósferas con punto de rocío superior a 28°C enfriadas hasta 450°C en el horno y luego al aire y envejecida después de la deformación superficial a 170°C durante 60 minutos.

Porcentaje de deformación superficial	R <sub>0.2</sub> MPa	Límite inferior de fluencia L.I.F. MPa	Índice BH MPa
0,60	189	268	45
0,60	181	266	49
0,73	189	265	41
0,73	179	258	50
0,97	198	272	42
0,97	188	267	50
1,25	181	256	48
1,25	178	256	46
1,64	180	280	51
1,64	187	263	42
1,93	181	257	49
1,93	186	266	46

TABLA Nº 4 – Aumento en la tensión de fluencia de chapas recocidas en atmósfera reactiva (100 ppm de C) después de la deformación superficial (skin-pass) y envejecido a 170°C durante 20 minutos (BH) determinado según fig. 1.

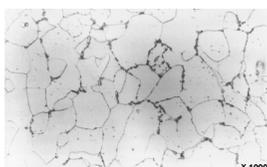


HORNO

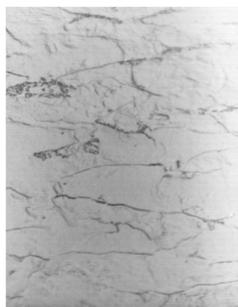
### Equipamiento de laboratorio Utilizado



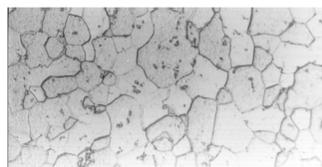
LAMINADOR



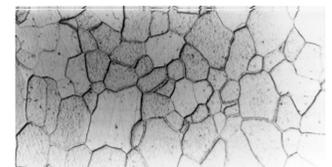
Micro grafía Acero Nº1 en estado de recepción (Laminado en caliente).



Acero Nº1 laminado en frío (70%)



Acero Nº1 enfriado rápidamente desde 650°C. Se observa que la recristalización se ha completado mientras que el proceso descarbante está en su etapa inicial



Acero Nº1 Recocido en atmósfera descarbante. Se observa la ausencia de carburos