

Utilización de buzas de circon en colada continua

S. ALUJA *
S. DE AZA
P. DURAN
D. A.-ESTRADA

* ICASA (Zaragoza)
e Instituto de Cerámica y Vidrio
Arganda del Rey - Madrid

74/4/0019A

RESUMEN

Después de hacer una breve revisión de los distintos tipos de buzas utilizados en la colada continua del acero, se exponen las experiencias realizadas con tres partidas de buzas de circon de distintos fabricantes. Del estudio de sus características fisicoquímicas, microestructurales y comportamiento térmico, se concluye que el factor microestructural es el determinante del comportamiento en servicio de las mismas.

SUMMARY

After a short revision of the different types of nozzles that are used in the continuous casting process of steel, a description is made of experiments which were performed with three sets of nozzles of different manufacturers. From the study of their physical-chemical characteristics, microstructure and thermal behaviour, it is concluded that the microstructural factor is the one determining their behaviour in service.

RÉSUMÉ

Après avoir fait une brève révision des différents genres de busettes utilisées dans la coulée continue de l'acier, on fait une exposition des expériences réalisées avec trois groupes de busettes en zircon de différents fabricants. De l'étude de leurs caractéristiques physico-chimiques, microstructurelles et de leur comportement thermique, on conclue que le facteur microstructurel est celui qui détermine le comportement au service d'elles-mêmes.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer kurzen Behandlung der beim Stahlstrangguss angewendeten verschiedenen Eingusstüllen werden die mit drei Lieferungen von Zirkoneingusstüllen verschiedener Herstellung durchgeführten Versuche beschrieben. Aus dem Studium der physikalisch-chemischen und mikrosstrukturellen Eigenschaften sowie thermischen Verhaltens geht hervor, dass der mikrostrukturelle Faktor ausschlaggebend auf das Verhalten dieser im Betrieb ist.

1. INTRODUCCION

Aun cuando existe un gran número de trabajos dedicados a poner de manifiesto cuáles son las características más idóneas que debe reunir una buza para su utilización en la colada continua del acero, lo cierto es que, hasta el momento, no se pueden dictar unas normas que nos aseguren el buen comportamiento de ésta durante el proceso de colada de un determinado tipo de acero. En primer lugar porque no están prefijadas las condiciones de trabajo, tales como temperatura de precalentamiento de la artesa, y de la misma buza, tiempo de mantenimiento de esta temperatura, temperatura del acero líquido, etc. En segundo lugar porque, desde el punto de vista del material refractario, tampoco existen unas características generalizadas que puedan ser aplicadas a este tipo de materiales. Es por todo ello que cada acerista utiliza aquella buza que mejor cumple con las condiciones de trabajo y medios disponibles en su acería particular, teniendo en cuenta el tipo de acero a colar.

Independientemente de las condiciones y medios de trabajo hemos de señalar que el papel fundamental de la buza, es el de procurar una velocidad de flujo del acero constante sin producir incrustaciones en el metal. Sin embargo, ambos parámetros son fuertemente influenciados por el tipo de acero a colar, temperatura

del caldo, composición y características físicas de la buza y temperatura de ésta durante la colada.

Por tanto la elección cuidadosa de la buza, teniendo en cuenta todos los factores descritos, nos pueden llevar al logro de resultados óptimos de producción.

2. CONDICIONES DE TRABAJO Y CARACTERISTICAS DE LAS BUZAS

Entre los factores determinantes de la vida de las buzas hemos citado previamente el precalentamiento a que se las somete antes de llevar a efecto la colada a través de ellas. Este precalentamiento tiene como finalidad mantener la temperatura del caldo por encima del punto de solidificación y se lleva a cabo tanto en la cuchara, como en la artesa y en la buza. De esta forma el intercambio calorífico entre el acero y cualquiera de estos elementos no será lo suficientemente elevado como para llegar al cambio de estado del acero, bloqueándose el proceso de colada.

En el calentamiento de la buza tiene una gran importancia la velocidad de calentamiento de la misma y la temperatura alcanzada, llevándose a cabo, normalmente, en dos etapas:

- a) Calentamiento conjunto de buza y artesa, y
- b) Calentamiento posterior de la buza.

a) Calentamiento conjunto de buza y artesa

Amplio es el margen de temperaturas de calentamiento utilizado en las acerías, y mencionado en diferentes trabajos, oscilando los valores entre 800° C y 1.500° C, alcanzándose dichos valores en tiempos que van desde media hora a tres horas. Ello es fiel reflejo de las extremas condiciones de trabajo a que se encuentra sometida la buza, pudiéndose crear tensiones en la misma, debido al brusco precalentamiento, capaces de originar la aparición de grietas o microgrietas que posteriormente durante la colada pueden originar la perforación de la buza por el caldo y como consecuencia la pérdida de la línea de colada.

En nuestras experiencias personales en nuestro país, hemos podido comprobar que los tiempos más generalizados de precalentamiento están comprendidos entre una hora y una hora y media, oscilando las temperaturas alcanzadas entre 800° C y 1.100° C.

Este calentamiento conjunto se efectúa con quemadores de fuel o gas de capacidad inferior a los utilizados para el calentamiento de las cucharas y cuyo número es función de las buzas integrantes de la artesa colocándose cada quemador en la vertical de cada buza.

b) Calentamiento posterior de la buza

Previamente a la realización de la colada, cinco o quince minutos antes, y una vez situada la artesa en su posición de servicio, se realiza un último calentamiento de la buza con un soplete de oxi-propano a temperaturas del orden de los 1.500° C. Este sistema, a pesar de ser idóneo con vistas a evitar el excesivo choque térmico a que se somete la buza al recibir el chorro de acero líquido, si únicamente se ha calentado alrededor de los 1.000° C, está casi en desuso.

Otro de los factores determinantes de la vida de las buzas es el desgaste por abrasión y como consecuencia se tiende a utilizar materiales que no se mojen con el paso del caldo. Junto a esta característica es de gran importancia que la superficie interior de la buza sea perfectamente lisa evitando la aparición de un régimen turbulento del cordón de colada, causa del desplazamiento de las inclusiones del caldo a las paredes de la coquilla, ocasionando a la salida de ella la aparición de puntos fundidos, perforación de la palanquilla o bloom, ya que el punto de solidificación de la escoria es mucho más bajo que el del metal.

Varios son los sistemas utilizados para evitar las turbulencias y conseguir un régimen laminar del cordón de colada, entre ellos tenemos: **a)** *utilización de buzas almenadas (slots)* (figura 1A), que evitan el remolino a la entrada del metal fundido en la buza, y **b)** *Colocación de pantallas*, alrededor de la cabeza de la buza, fabricadas con rasillas y que evitan a su vez la penetración de escoria al final de la colada.

Actualmente no se viene empleando casi ninguno de estos dos sistemas ya que por el sistema de fabricación se ha conseguido obtener buzas con una superficie lo suficientemente lisa como para evitar esta turbulencia.

Otro de los problemas que se pueden presentar en la colada continua es la aparición de filtraciones del caldo a través de la junta de unión buza-portabuzas por lo que mediante la elección de formas determinadas que logren un perfecto asentamiento entre ambas

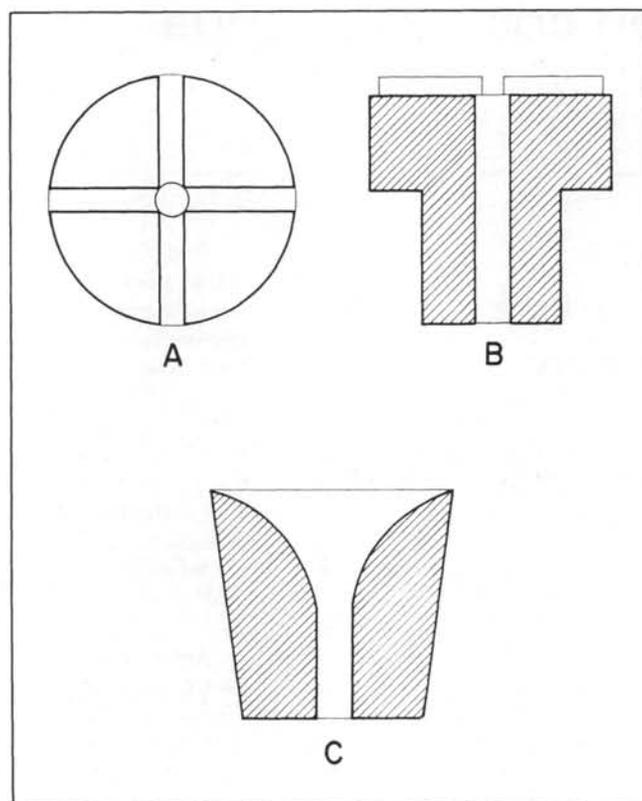


FIG. 1.—Esquemas de diferentes tipos de buzas.

y la utilización de morteros de unión adecuados se logra evitar la aparición de estas filtraciones.

Entre las buzas más usuales tenemos:

a) Por su forma externa

- a.1) *Troncocónicas*, con las cuales se consigue un cierre perfecto en función de la presión ferroestática del acero en la artesa sobre ella (fig. 1 C).
- a.2) *De escalón lateral*, con lo que se forma un laberinto al asentar la buza en el portabuzas y se dificultan las posibles filtraciones del caldo (figura 1 B).

b) Por el diámetro interno

- b.1) *De canal cilíndrico* (fig. 1 B).
- b.2) *De canal cónico* (fig. 1 C).

Tanto para una como para la otra, por consideraciones basadas en la dinámica de flúidos, se ha de guardar una relación entre la altura de la buza y el diámetro mínimo de la misma que normalmente está comprendida entre 1,5 y 2, con lo que se evitan efectos que pueden incrementar la turbulencia del cordón de colada.

Otro de los factores que influyen decisivamente en el desgaste de la buza es el tipo de material constituyente de la artesa, pues el envenenamiento del acero líquido con impurezas provenientes de la erosión del revestimiento de la artesa, a su paso por la buza puede aumentar considerablemente su desgaste.

Por último, el ataque a que se ven sometidas las buzas durante su uso puede asociarse fundamentalmente con el tipo de acero a colar. Así en la tabla I se expo-

TABLA I

Metal	Composiciones de las buzas utilizadas	Resultados	Otras posibles aplicaciones
Bajo carbono C = 0,10	Circón. Silicoaluminosas. 55 % Al ₂ O ₃ . 65 % Al ₂ O ₃ . 70 % Al ₂ O ₃ . 85 % Al ₂ O ₃ (a base de co- rindón).	Moderado a alto desgaste. Algún desgaste. Algún desgaste. Ligero desgaste. Muy ligero desgaste.	Magnesita. Circonia. Otras composiciones altas en alúmina = 70 % con o sin grafito.
Corte libre (S-Mn)	Silicoaluminosas. 60 % Al ₂ O ₃ (mullita) ⁺ . 65 % Al ₂ O ₃ (grafitada) ⁺ . 85 % Al ₂ O ₃ (a base de co- rindón). 85 % Al ₂ O ₃ (grafitada). Magnesia fundida ⁺ .	Moderado a alto desgaste. Sin desgaste. Ligero desgaste. Produce bloqueo. Produce bloqueo. Sin desgaste.	Magnesita (sinterizada). Circonia. Otras composiciones de mu- llita densa.
Efervescentes	Silicoaluminosos. Al ₂ O ₃ (grafitada) ⁺ . 85 % Al ₂ O ₃ (grafitada) ⁺ . 85 % Al ₂ O ₃ (a base de co- rindón). Magnesita ⁺ .	Moderado a alto desgaste. Sin desgaste. Ligero o sin desgaste. Ligero o sin desgaste. Sin desgaste.	Composiciones densas de mullita. Otras posibles mezclas de alta alúmina con grafito. Circonia.
Carbono medio y alto. Bajo carbono y O ₂ . Poco aleados	Silicoaluminosas ⁺ . Circón ⁺ .	Ligero o sin desgaste. Ligero o sin desgaste.	Las mejores composiciones disponibles.
Inoxidables	Silicoaluminosas ⁺ . Circón ⁺ . Circona ⁺ .	Ligero o sin desgaste. Ligero o sin desgaste. Sin desgaste.	Las mejores composiciones disponibles.
Aceros con Al residual	Silicoaluminosos. Circón. La mayoría de materiales de alta alúmina incluyendo tipos grafitados. Magnesita. Magnesita (químicamente aglomerada). Plombagina. Magnesia fundida. Circonia.	Todos tienden a formar in- clusiones.	

nen los resultados obtenidos de la cooperación y experiencias prácticas realizadas entre fabricantes y consumidores del Reino Unido (1), con diferentes composiciones de buzas en función de la composición del acero.

Podemos apreciar que para los aceros de bajo contenido en carbono (<0,1), aceros al S-Mn y efervescentes la buza de circón no es tan aconsejable como las de alto contenido en alúmina o básicas (MgO). Ello se debe, según creemos, en el primer tipo de acero, a que cuanto menor es el porcentaje de carbono en el acero, la temperatura recomendada para el mismo en la artesa es más elevada, al ser más elevada la línea de *liquidus* en el diagrama hierro-carbono. En la tabla II se exponen las temperaturas recomendadas en función del contenido de carbono del acero.

Las temperaturas de 1.565° C y 1.570° C son lo suficientemente elevadas, como podemos apreciar por el diagrama SiO₂-ZrO₂-Al₂O₃, figura 2, para no sólo aumentar considerablemente el contenido de líquido en

TABLA II

Contenido en carbono del acero	Temperatura recomendada en la artesa (°C)
0,1 a 0,2	1.570° C
0,2 a 0,3	1.565° C
0,3 a 0,4	1.560° C
0,4 a 0,5	1.550° C

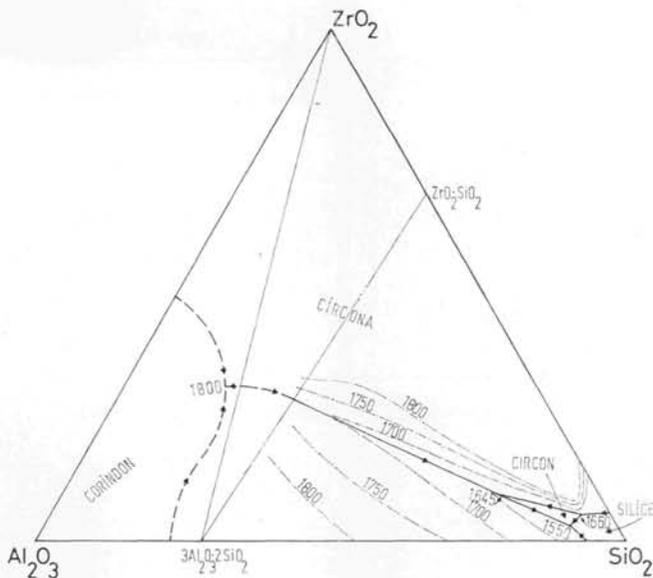


FIG. 2.—Diagrama de equilibrio $ZrO_2-Al_2O_3-SiO_2$ (2,3).

la buza sino incluso para acelerar la disociación del circón, dando lugar a un incremento de la velocidad de desgaste en las superficies interiores de la buza de circón.

Para los aceros al S-Mn y efervescentes, el mayor desgaste en las buzas de circón se debe a otra causa, no al efecto térmico, sino al resultado de un ataque severo con descomposición del circón por acción del manganeso y del FeO.

Aun cuando podemos apreciar por la tabla I previamente expuesta que las experiencias se extienden a la utilización de otros muchos materiales, parece ser que la buza de circón es generalmente aceptada como la de mejores rendimientos en la colada continua y en nuestro país es la más ampliamente utilizada sin duda alguna, fundamentalmente para aceros bajos y medios en carbono.

Debido a ello hemos creído conveniente realizar un estudio con objeto de determinar la propiedad o propiedades que determinen el mejor rendimiento en uso de la buza de circón y tratar de encontrar así un método rápido de control por el acerista.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Las experiencias se han llevado a cabo con tres partidas de buzas de tres fabricantes distintos bajo las condiciones de trabajo expuestas en la tabla III.

TABLA III

Muestras: A, B, C.
Tipo de acero colado: A42b (C = 0,22 a 0,28 % : P = 0,06 a 0,075 % : S = 0,05 a 0,065 %).
Temp. del horno: 1.675° a 1.660° C.
Temp. acero en la artesa: 1.540° a 1.590° C.
Tiempo de colada: 70 a 117 minutos.
Tn/colada por buza: 8.500 Kg. a 17.500 Kg.
Temp. precalentamiento de la buza y artesa: 800 a 1.100° C.

Todas ellas se han comportado normalmente bien, aun cuando los tiempos de colada, como podemos apreciar se extienden hasta una hora cincuenta y siete minutos. Sin embargo, cuando por otras causas se ha tenido que suprimir una de las líneas de colada y los tiempos de la misma se han elevado alrededor de las dos horas o incluso superado, invariablemente, las buzas de la procedencia A y B han presentado grietas como las expuestas en la figura 3, dando lugar a la interrupción de la colada. Sin embargo, la buza de la procedencia C se comportó perfectamente bien.

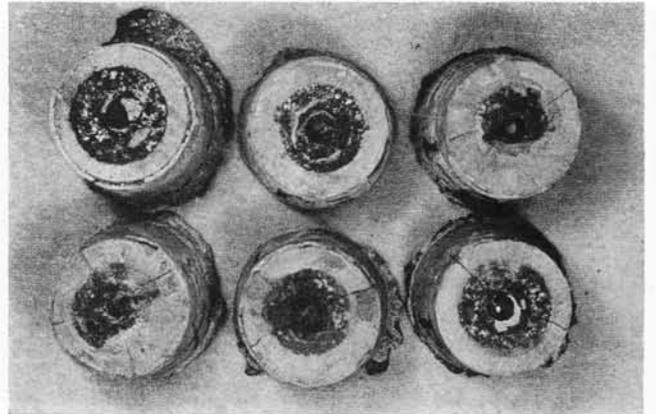


FIG. 3.—Aspecto de las buzas tipos A y B después de su utilización.

Debido a ello se procedió al estudio de las mismas tanto en estado de suministro como después de su uso, realizándose en primer lugar un cuidadoso estudio de la composición química de las mismas, así como de sus características físicas y microestructurales y en segundo lugar se ha estudiado su comportamiento térmico a temperaturas elevadas. Por último se han estudiado microestructuralmente las buzas después del servicio.

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICION QUIMICA

El análisis químico de las tres clases de buzas se presenta en la tabla IV pudiéndose apreciar que no existen diferencias esenciales entre las mismas.

4.2. CARACTERISTICAS FISICAS

Se han determinado la densidad aparente, la porosidad abierta y el cambio dimensional después de un recocido a 1.500° C/2 horas, empleando una velocidad de calentamiento de 3,5° C/minuto. Los valores obtenidos se presentan en la tabla V y se puede apreciar una marcada diferencia en la densidad aparente y como consecuencia en la porosidad, siendo mucho más densa y por lo tanto menos porosa la buza tipo C.

4.3. COMPORTAMIENTO TERMICO

Se ha llevado a cabo en primer lugar un estudio de la variación de dimensiones en función de la temperatura cuyos resultados se exponen en la figura 4. Como

TABLA IV

Oxidos	% en peso		
	Clase de buza		
	A	B	C
P. C. 1.100° C	0,12	0,08	0,25
SiO ₂	34,14	35,08	33,88
ZrO ₂	64,16	63,36	64,00
Fe ₂ O ₃	0,25	0,28	0,40
TiO ₂	0,30	0,46	0,49
Al ₂ O ₃	0,42	0,60	0,69
CaO	0,05	0,04	0,13
MgO	0,027	0,021	0,08
Na ₂ O	0,11	0,19	0,09
K ₂ O	0,03	0,09	0,10
TOTAL	99,607	100,20	100,11

TABLA V

Características	Clase de buza		
	A	B	C
Densidad aparente (gr/cm ³).	3,20	3,40	3,65
Porosidad aparente (%) ...	27	21	18
Cambio de dimensiones a 1.550° C/2 h.	0	0	0

se puede apreciar, los valores de la expansión térmica están dentro de los considerados normales para este tipo de materiales y si bien las buzas A y B presentan una mayor expansión térmica que la buza C, la diferencia no es muy significativa.

En segundo lugar se procedió a realizar un ensayo en condiciones análogas a las llevadas a cabo en la acería durante el precalentamiento de la buza y artesa, pero utilizando temperaturas más elevadas. Para ello se utilizó un mechero de propano-aire y se precalen-

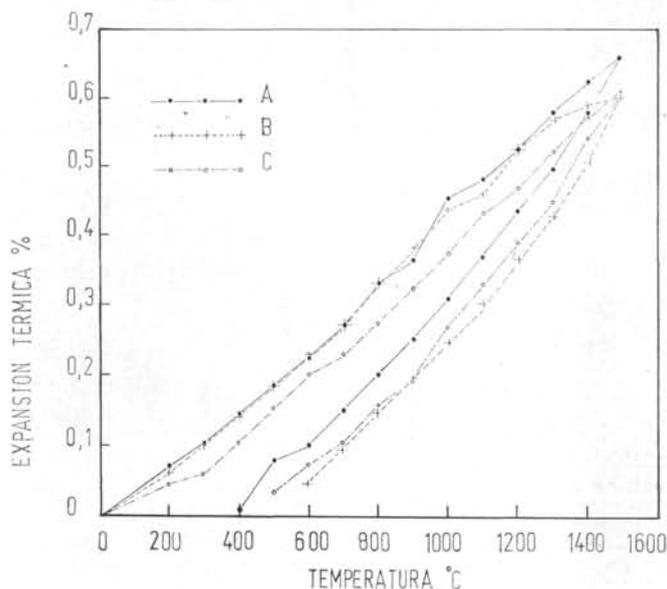


FIG. 4.—Curvas de expansión térmica de las buzas estudiadas.

taron las buzas durante un tiempo de quince minutos, pasados los cuales se dirigió la llama hacia el orificio central de la buza y se calentaron lo más rápidamente posible hasta 1.580° C manteniendo esta temperatura durante una hora y media en un primer ensayo y cinco horas en un segundo ensayo, pasadas las cuales se apagó repentinamente el mechero y se dejaron enfriar las buzas. Posteriormente se realizó otro ensayo en las mismas condiciones pero empleando un tiempo de una hora y media y la temperatura fue de 1.700° C. En los tres casos, las buzas A y B se agrietaron, no así la buza C, la cual incluso superó el ensayo a 1.700° C/3 h. sin presentar grietas, si bien presentaba alteraciones superficiales de su textura en forma de abombamientos como puede apreciarse en la figura 5.



FIG. 5.—Buza tipo C después de ensayada a 1.700° C durante tres horas.

4.4. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL

De las diversas buzas, tanto en estado de suministro, como después de haber estado en servicio se prepararon secciones pulidas y se estudiaron mediante microscopía de luz reflejada.

La figura 6 A presenta un aspecto general de la textura de la buza tipo A, en la que puede apreciarse una abundante porosidad y una preponderancia del tamaño de grano grueso-medio sobre el porcentaje de tamaño de grano fino. Al mismo tiempo se pudo apreciar que la porción fina no estaba distribuida uniformemente sino que se encontraba formando aglomerados.

La figura 6 B corresponde a la textura de la buza tipo B y se puede apreciar una mayor proporción del grano medio-fino sobre el grano grueso siendo éste de tamaño mayor que en el caso anterior.

La textura de la buza tipo C se presenta en la figura 6 C, pudiéndose apreciar que se aparta completamente del tipo de textura presentado por las buzas A y B, es decir el grano grueso representa un porcentaje mayor que el grano fino, al mismo tiempo que tiene un tamaño doble del tamaño grueso empleado en las otras buzas. Por otro lado, el tamaño fino, muy uniforme, se encuentra rodeando prácticamente todos los granos gruesos ocupando los intersticios dejados por éstos y la relación de tamaño entre el grano grueso y el fino es considerable no habiendo prácticamente lo que podríamos llamar grano medio.

De las buzas después de servicio igualmente se procedió a su estudio microestructural. En la figura 7 se puede apreciar un aspecto general del ataque o impregnación que presentaban las buzas. La zona central está

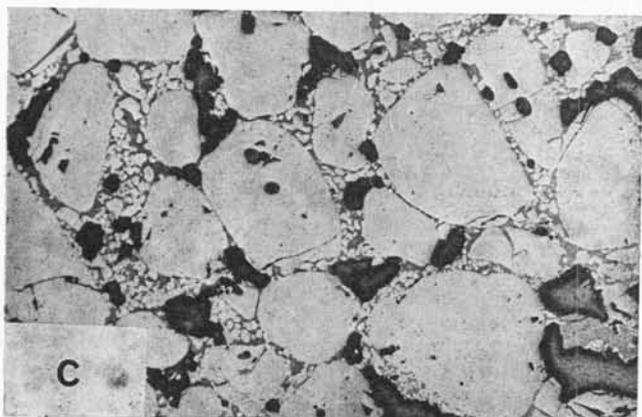
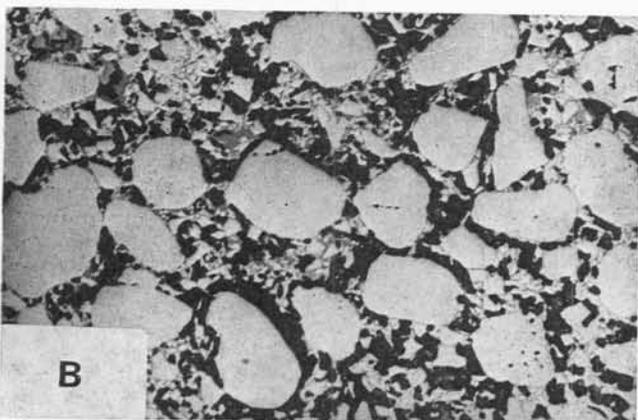
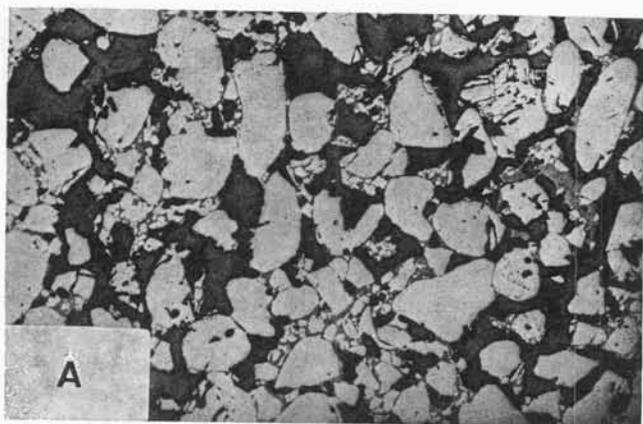


FIG. 6.—Aspecto general de las microestructuras de las buzas antes de ser utilizadas. (Luz reflejada x 120.)

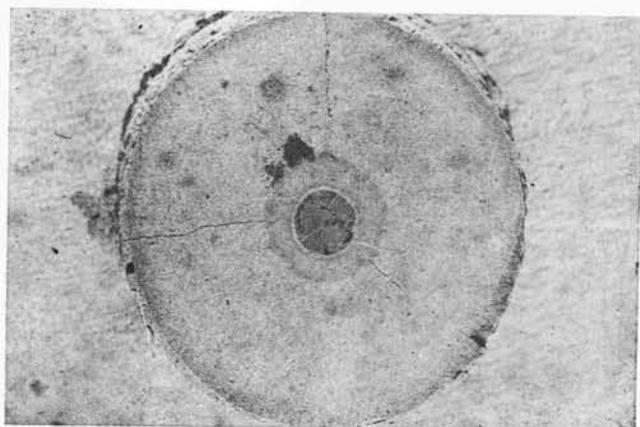


FIG. 7.—Aspecto general del ataque e impregnación que presentaban las buzas después de utilizadas.

rellena de escorias y la pared del orificio de las buzas presenta en general una zona blanquecina de 0,8 a 1 mm. de espesor (zona de ataque), después una zona que oscila de 4 a 5 mm. de profundidad (zona de impregnación) y por último el resto de la buza que presenta prácticamente la textura original de la pieza.

En todas las buzas, la zona blanquecina correspondía a una zona que habiendo sido líquida a alta temperatura durante el enfriamiento había dado lugar a la devitrificación de circon, lo que nos indica que las temperaturas de trabajo han debido estar comprendidas alrededor de los 1.550° C y 1.640° C como puede deducirse del diagrama $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ presentado en la figura 2, y siempre por debajo de los 1.660° C. En la figura 8, A, B y C muestran las microestructuras de las buzas A, B y C respectivamente, correspondiente a la zona de ataque. Es de destacar que no se observa penetración metálica y las pocas inclusiones se presentan en forma de esferas lo que indica el bajo índice de

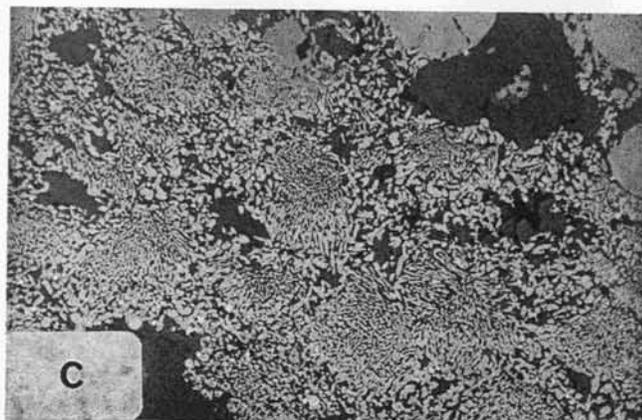
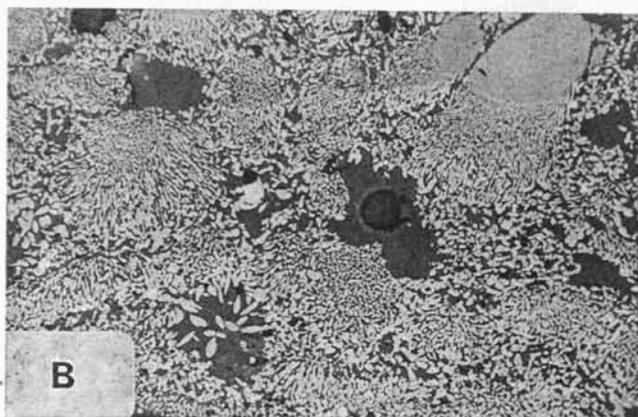
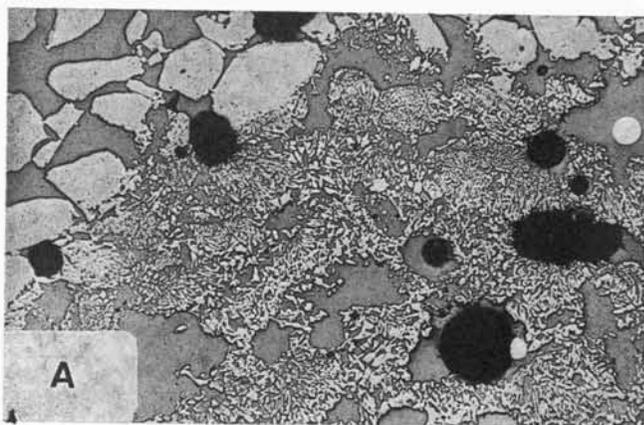


FIG. 8.—Microestructuras de la zona de ataque en los distintos tipos de buzas. (Luz reflejada x 210.)

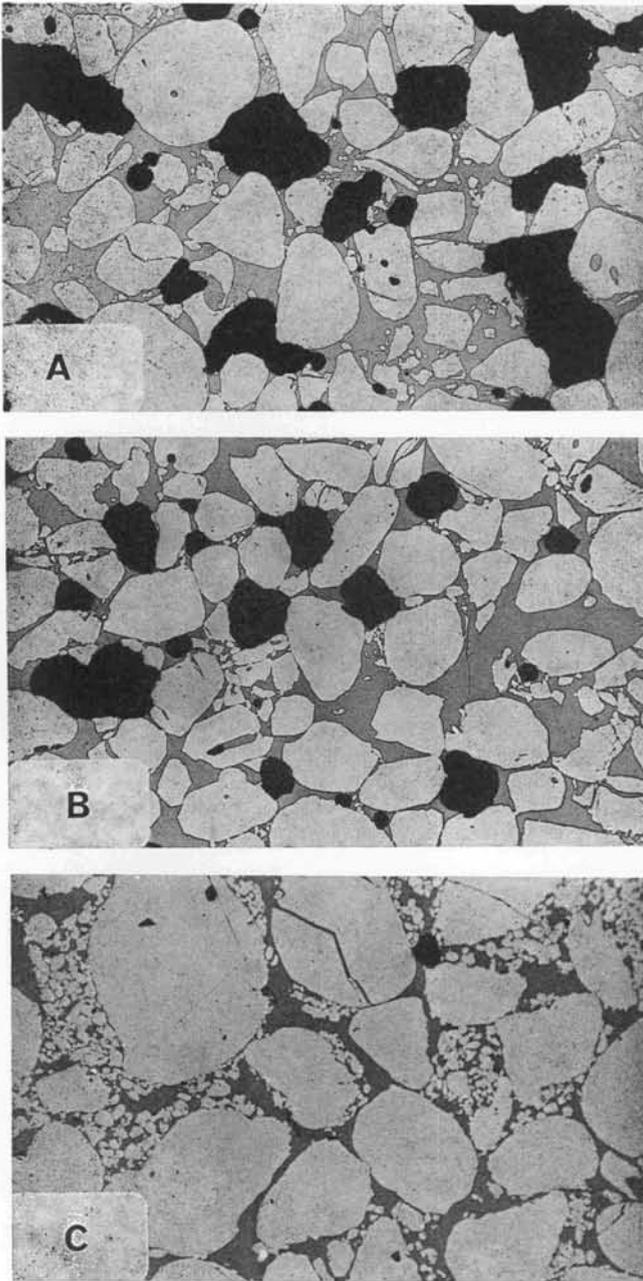


FIG. 9.—Microestructuras de la zona de impregnación en los distintos tipos de buzas. (Luz reflejada x 210.)

mojabilidad de este tipo de material por el acero y el que el ataque de la buza es fundamentalmente térmico.

En la zona de impregnación, las buzas tipo A y B, presentan una textura análoga con grandes granos de circón rodeados completamente por la fase vítrea, líquida a la temperatura de trabajo, no habiendo prácticamente contacto entre los granos, como puede observarse en la figura 9 A y B. Sin embargo, en la buza tipo C, en esta zona, se conservan no sólo el grano grueso sino incluso el grano fino rodeado por la fase vítrea, el cual había desaparecido completamente en el caso de las buzas tipo A y C (fig. 9 C).

5. CONSIDERACIONES FINALES

De los resultados obtenidos de los ensayos físico-químicos sobre las tres clases de buzas, tan sólo el fac-

tor densidad parece marcar, en principio, una diferencia acusada entre la buza C y las buzas A y B que pudiera justificar el mejor comportamiento, en último extremo, de la primera.

Por otro lado, según los resultados obtenidos previamente por Halliday y Lakin (4), después de los ensayos y controles llevados a cabo en Barrow Steelworks Ltd., parece ser que los mejores resultados se obtienen con buzas de circón cuyas densidades estén comprendidas entre 3,14 y 3,23 e incluso llegan, dichos autores, a establecer un control de calidad con este punto como una de las premisas.

Sin embargo, en el presente caso, la buza A cuya densidad se encuentra comprendida precisamente entre los valores citados es la que, igual que la buza B de densidad 3,40, se comporta, en último extremo peor que la buza C, cuya densidad, 3,6 es la más alta de todas y muy superior a 3,23, densidad máxima considerada como deseable por Halliday y Lakin.

Estos resultados contrapuestos nos hacen pensar en que no es posible llevar a cabo un control basado en la densidad, pues una densidad determinada puede alcanzarse con texturas muy diferentes, y en definitiva creemos que es la textura la que en realidad parece marcar la diferencia de comportamiento.

Hemos podido apreciar previamente en las microfotografías de la figura 6, la diferencia tan acusada que existe entre las microestructuras de la buza C y de las buzas A y B, estando aquélla constituida, fundamentalmente, por grandes granos gruesos muy poco distantes entre sí y rodeados por una matriz de grano muy fino rellenando los intersticios, mientras que las microestructuras de las buzas A y B presentan un porcentaje muy pequeño de granos gruesos y encontrándose éstos aislados y muy distantes entre sí, existiendo una preponderancia de grano medio y fino que representa el porcentaje mayor de la granulometría, el cual en servicio, y en la zona de más altas temperaturas, se disuelve totalmente en la matriz vítrea, como hemos podido comprobar por las microfotografías de la figura 9.

Por otro lado parece haberse puesto de manifiesto que el ataque de las buzas es prácticamente un ataque de tipo térmico, es decir por efecto de la temperatura. Este ataque es considerable, como igualmente hemos podido observar, en una extensión de 4 a 5 mm. como máximo en dirección radial desde el centro de las buzas, presentando éstas a partir de esta profundidad una microestructura prácticamente idéntica a la inicial. Esto nos pone de manifiesto, y nos confirma, el gradiente tan elevado de temperatura que debe de existir entre la pared interior de la buza y su periferia, favorecido por la baja conductividad térmica que presenta el circón.

Así pues, en la zona próxima al orificio central de las buzas se producirá una elevada cantidad de fase vítrea, como hemos podido también comprobar, que traerá consigo una elevada contracción del material en esta zona, mientras que en la parte más hacia la periferia de las buzas esta contracción no se produce, lo que dará lugar a la creación de una elevada tensión mecánica producida por la diferencia de contracciones.

La liberación de estas tensiones se producirá por la aparición de grietas de tipo radial, lo cual se ha podido igualmente comprobar como se pone de manifiesto en la figura 3. El que este tipo de rotura se produzca en las buzas A y B y no en la C se debe a que en la primera al disolverse la fracción media y fina

que es la que constituye el porcentaje más elevado de la composición granulométrica, se producirá una mayor contracción en la zona central de estas buzas que en el caso de la buza C en la que la parte preponderante de la granulometría está constituida por el grano grueso más lento en disolverse e incluso como se ha podido apreciar en este tipo de material aún en la zona de más alto contenido en fase vítrea todavía permanece parte de la fracción fina, debido a ello la contracción será menor y por lo tanto las tensiones generadas más pequeñas.

Así pues, en el presente caso, la diferencia de comportamiento queda explicada única y exclusivamente por una diferencia microestructural. Por lo tanto hemos de desechar, como decíamos al principio, el intento de un control de calidad por la medida de la densidad.

Entre los ensayos realizados para discernir una diferencia de comportamiento entre los materiales ensayados, tan sólo los ensayos llevados a cabo calentando las buzas con un mechero de propano-aire en un período corto de tiempo a la temperatura de 1.580° C durante una hora y media o cinco horas, e incluso el ensayo de 1.700° C durante una hora y media, han sido los que han puesto de manifiesto de una manera clara y concluyente la diferencia de comportamiento entre las buzas A y B y la C, puesto que aquéllas en todos los casos, presentaron grietas ostensibles mientras que

la buza tipo C, incluso a la temperatura de 1.700° C/3 h no presentó ningún tipo de grietas, si bien su superficie mostró ciertas irregularidades debidas a la elevada vitrificación. Por otra parte, por ser este ensayo muy fácil de llevar a cabo en una acerería o en cualquier planta, es por lo que creemos puede ser definitivo para el control rápido de este tipo de materiales.

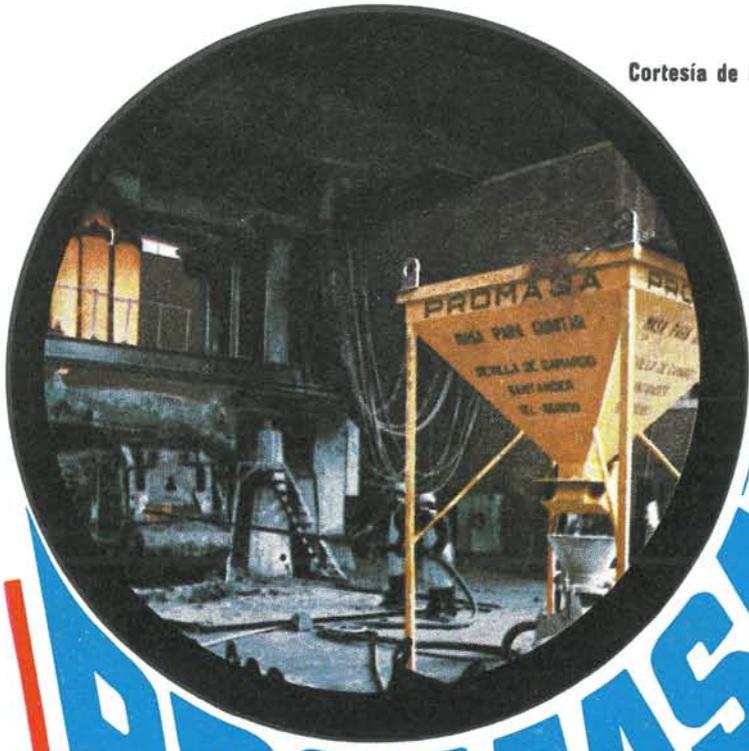
AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración prestada por Rico Echevarría, Arregui, S. A. y Coucast Ibérica.

BIBLIOGRAFIA

1. J. LAMING: Refractories for continuous casting. *Refr. J.*, 3 (1966), 3, 88-97.
2. P. P. BUDNIKOV y A. A. LITVAKOUSKII: *Dokl. Akad. Nauk S. S. S. R.*, 106 (1965), 267.
3. M. H. QURESHI y N. H. BRETT: Phase Equilibria in Ternary Systems containing Zirconia and Silica. *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, 67 (1968), 11, 569-578.
4. I. M. D. HALLIDAY y J. R. LAKIN: Zircon Nozzles for Continuous Casting. *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, 61 (1962), 1, 45-60.

Cortesía de NERVACERO, S. A.



PROMASA

- * Productos refractarios para las industrias del Acero, Cemento, Petrolquímica, Hierro y Metales no féreos.
- * Revestimientos monolíticos para hornos de Laminación y Forja.
- * Amplia experiencia en toda clase de trabajos con hormigones aluminosos, masas básicas y plásticas.
- * Avalados por la experiencia y garantía de la General Refractories Company de EE. UU.
- * Realizamos estudios para cualquier tipo de instalación monolítica.

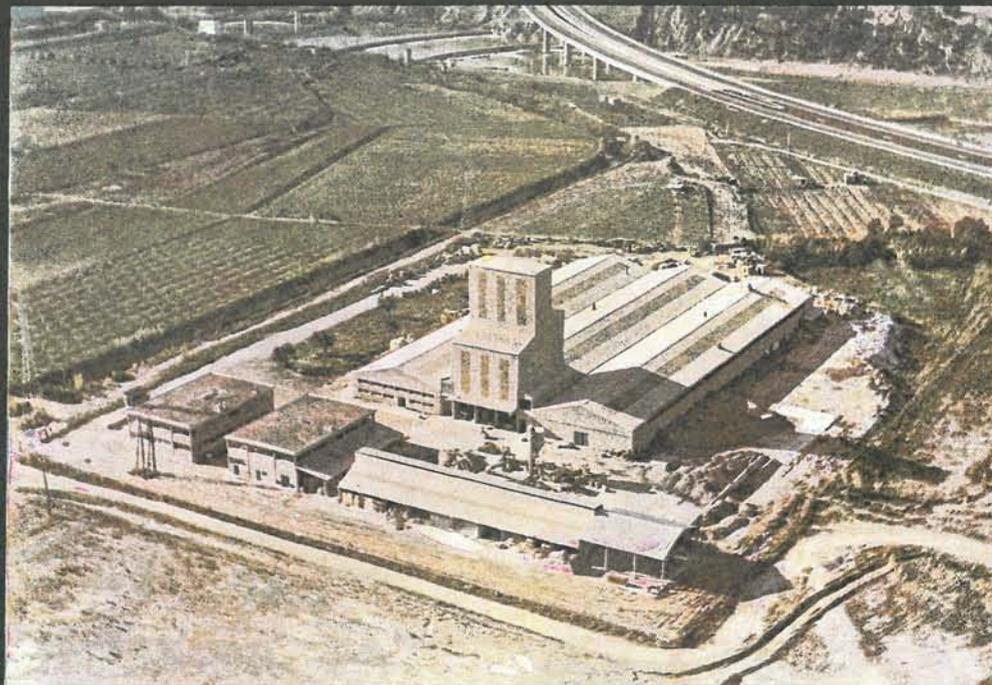


Consúltennos

«PROMASA» PRODUCTOS MAGNESIANOS, S. A.
Apartado 4 (MALIAÑO) - Tels. 25 08 00/04/08
REVILLA DE CAMARGO (SANTANDER)

DELEGACIONES

- En Barcelona-6, C/. Balmes, 191-5.º - Tel. 218 93 01
- Madrid-10, C/. Fortuny, 51 - Tel. 419 84 00
- Bilbao-5, C/. Carnicería Vieja, 8 - Tel. 23 97 67
- Sevilla, C/. Francisco Pacheco, 36-bajo
- Lugones (Oviedo), "MERSA" - Tel. 21 87 58



SIRMA
IBERICA S.A

**REFRACTARIOS
INDUSTRIALES**

**Fábrica y oficinas:
Polígono Industrial
Aquiberia C/N-11 km 599,5
CASTELL BISBAL (Barcelona)**

**Apdo. de Correos 5040
Barcelona-7
tél. 3682804
telex**