

ISASMELT™ - FUNDIR MÁS CON MENOS

A. Burrows¹, G.R.F. Alvear Flores¹, P.J. Mackey², Biplop Das³, E. Herrera⁴

¹Glencore Technology
Level 10th, 160 Ann Street, Brisbane QLD 4000, Australia
(alistair.burrows@glencore.com.au)

²P.J. Mackey Technology Inc., Montreal, QC, Canadá

³Sesa Sterlite Ltd., Tuticorin Smelter, Madurai Bypass Road, Tuticorin, Tamil Nadu, India

⁴Southern Copper Corporation
Fundición Ilo, Punta Tablones S/N, Pacocha, Ilo, Moquegua, Perú

RESUMEN

Desde que se construyó la primera planta comercial en Mount Isa, otros veinte hornos ISASMELT™ han entrado en operación, y continúa la construcción de nuevas plantas. La tecnología TLS de fundición de ISASMELT™ sigue atrayendo el interés de posibles usuarios que buscan fundir de manera productiva. Además de los beneficios conocidos en cuanto a productividad y flexibilidad, los usuarios de ISASMELT™ también han logrado mejoras en la eficiencia energética al cambiar sus tecnologías anteriores. Las recientes estadísticas de producción para la operación en Tuticorin, India, muestran que ISASMELT™ ha dado los primeros pasos para superar las 400.000 t / año (base de cátodos de cobre) y esta probablemente será la escala elegida por futuras nuevas fundiciones de cobre que operen exclusivamente como fundiciones a subcontratación. En estas fundiciones se esperará encontrar tecnologías altamente eficientes en cuanto a energía.

PALABRAS CLAVE

Fundición, Cobre, ISASMELT™, TSL, Eficiencia energética

INTRODUCCIÓN

El proceso ISASMELT™, basado en la lanza Sirosmelt inventado por CSIRO y comercializado por Mount Isa Mines (MIM) en las últimas tres décadas, estaba destinado a utilizarse para la fundición de concentrados de plomo. MIM pronto descubrió que esta también era una tecnología adecuada para la fundición de cobre (Arthur & Hunt, 2005; Burford, 2009). Como en el caso de MIM, otras fundiciones de cobre en busca de mejoras en sus procesos, han dado cuenta de las ventajas de sus bajos costos operativos y de su capacidad para producir gases residuales con un alto contenido de SO₂, de modo que el gas proveniente de la fundición pueda tratarse más económicamente en una planta de ácido.

La fundición de cobre Southern Copper Corporation en Ilo, Perú y la fundición de cobre de Sesa Sterlite en Tuticorin, India, tienen cada uno esquemas de fundición y capacidades de hornos de fundición primaria muy similares a la fundición de cobre de MIM. De las tres operaciones, el horno ISASMELT™ en Tuticorin ha producido más cobre por año en los últimos años en forma consistente, y es un ejercicio interesante para comparar el rendimiento específico de las diferentes fundiciones.

DESCRIPCIÓN DE TRES PLANTAS DE COBRE DE ISASMELT™

La tecnología ISASMELT™ es un proceso de fundición por baño en un recipiente vertical revestido con productos refractarios en el que se inserta una lanza de combustión sumergida de diseño especial en un baño de material fundido. El horno se alimenta continuamente con concentrado y fundentes de cobre; se inyecta aire enriquecido con oxígeno en el baño a través de la lanza, creando una agitación muy intensa y una velocidad de reacción rápida. El baño consiste principalmente en escoria fundida en hierro fundido de silicato y mata de cobre. Debido al estado de agitación del baño, la mata y la escoria se sangran juntas periódicamente a través de un único orificio de colada. La separación de fases se lleva a cabo en un horno de aguas abajo.

En Ilo, Perú, Tuticorin, India y Mount Isa, Australia existen fundiciones primarias de cobre que tratan concentrados mayormente de calcopirita, con capacidad de producción de entre 200 a 400 kt / año (en una base de cátodos de cobre). En combinación, estas tres fundiciones representan alrededor de 3,5 Mt / año de tratamiento de concentrado. Cada fundición utiliza un esquema que comprende un horno ISASMELT™ seguido de dos Hornos Rotatorios (RHF por sus siglas en inglés). En estas plantas, la mezcla de mata y escoria producida por el horno ISASMELT™ se lleva alternativamente a uno de los dos RHF por medio de bateas. En estas operaciones, se requiere que los RHF permitan la separación de fase de mata y de escoria, lo que permite que ambos estén limpios para verterlos por separado y que también contenga un depósito de mata que sirva como capacidad de reacción entre la operación continua del horno ISASMELT™ y los ciclos de lote de los convertidores Peirce-Smith aguas abajo. Con pequeñas variaciones en cada fundición, el esquema genérico que describe la sección de fundición de concentrado de las respectivas fundiciones en Ilo, Tuticorin y Mount Isa, está representado adecuadamente por el diagrama esquemático se muestra en la Figura 1.

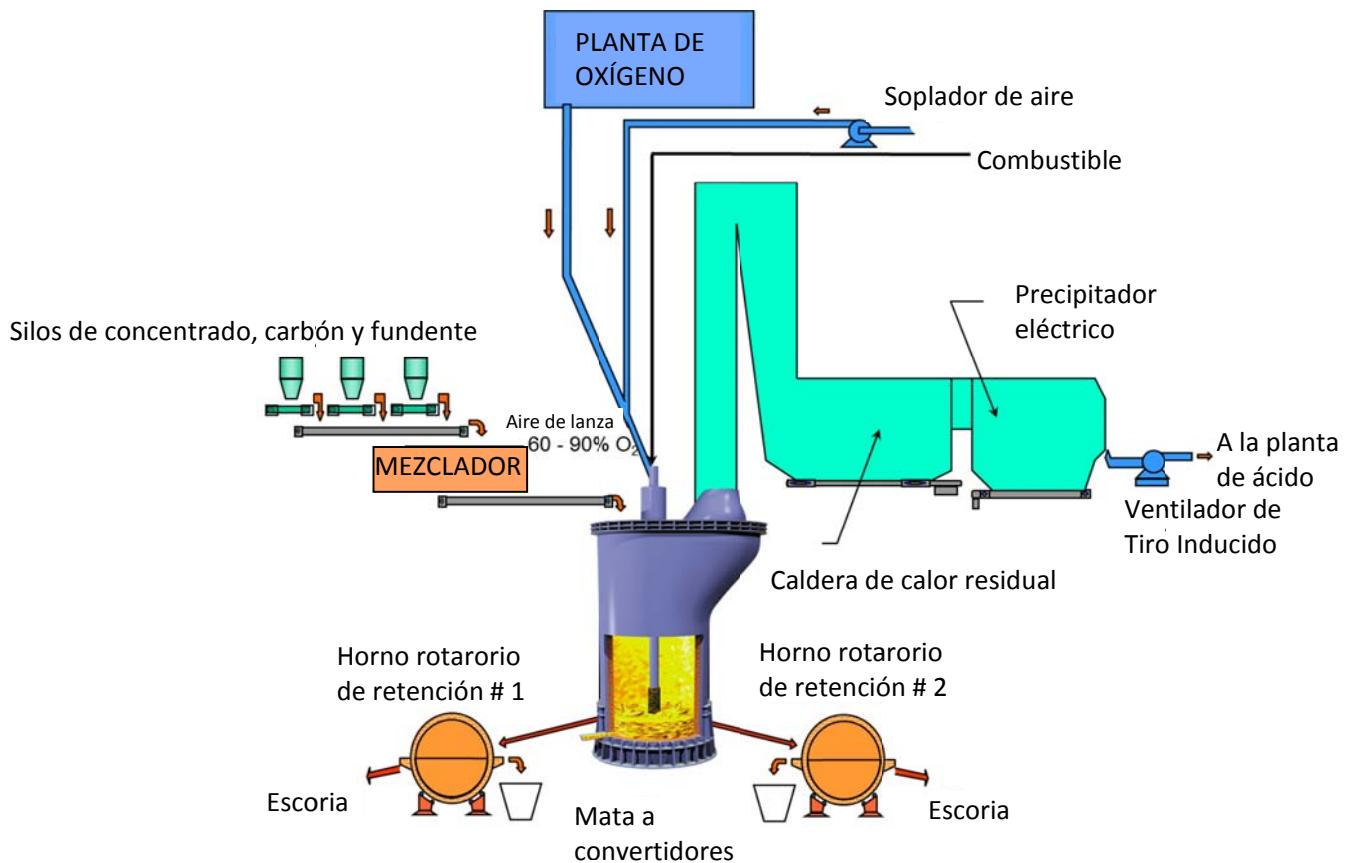


Figura 1 – Esquema genérico de ISASMELT™ como se usa en Mount Isa, Ilo y Tuticorin

Hay variaciones menores en la función y disposición de los elementos auxiliares en cada planta (tales como las calderas y los sistemas de manipulación de alimentación). Las principales diferencias entre cada planta son las siguientes:

- Mount Isa utiliza una caldera de recuperación de flujo Flux, mientras Tuticorin e Ilo utilizan calderas convencionales divididas en secciones de radiación y convección.
- Mount Isa utiliza un granulador de disco para la mezcla de alimentación, mientras que Tuticorin e Ilo utilizan mezcladores de aspa.
- Tuticorin es una fundición a medida, con una variedad de tipos de alimento, mientras que Mount Isa e Ilo son fundiciones internas donde cada uno procesa concentrados de dos minas locales.
- Tuticorin tiende a fundir utilizando un aire enriquecido por lanza, que contiene aproximadamente 85% de O₂, mientras que Mount Isa e Ilo tienden a utilizar alrededor del 65% de O₂ en sus respectivas lanzas.
- Tuticorin enfriá su escoria a través de granulación, mientras que Mount Isa e Ilo utilizan Camiones Kress y cucharones para llevar la escoria fundida lejos de la fundición, y dejarla enfriar en represas de tierra.
- Mount Isa muele su escoria para posteriormente recuperar el cobre, lo que no se hace actualmente en Ilo ni en Tuticorin

En otros aspectos, las plantas tienen capacidades similares con estadísticas también similares.

En el plano, el horno ISASMELT™ en cada planta se instaló cerca del pasillo del convertidor, de manera que los RHF puedan descargar la mata en una cuchara a poca distancia de la grúa del pasillo, para

su traslado a los convertidores Peirce-Smith. Es una característica de los RHF que la mata para convertidores se pueda mantener caliente por un breve tiempo de transferencia entre el horno y el convertidor; se puede llenar un cucharón con 25 a 40 tonelada en alrededor de un minuto, y no se requieren operadores para la operación de roscado.

En elevación, la disposición genérica del horno ISASMELT™ y de los RHF en Ilo, Mount Isa y Tuticorin se muestra en la figura 2. El horno ISASMELT™ está dispuesto de manera que la transferencia de la batea a los RHF aguas abajo sea fácil y eficiente.

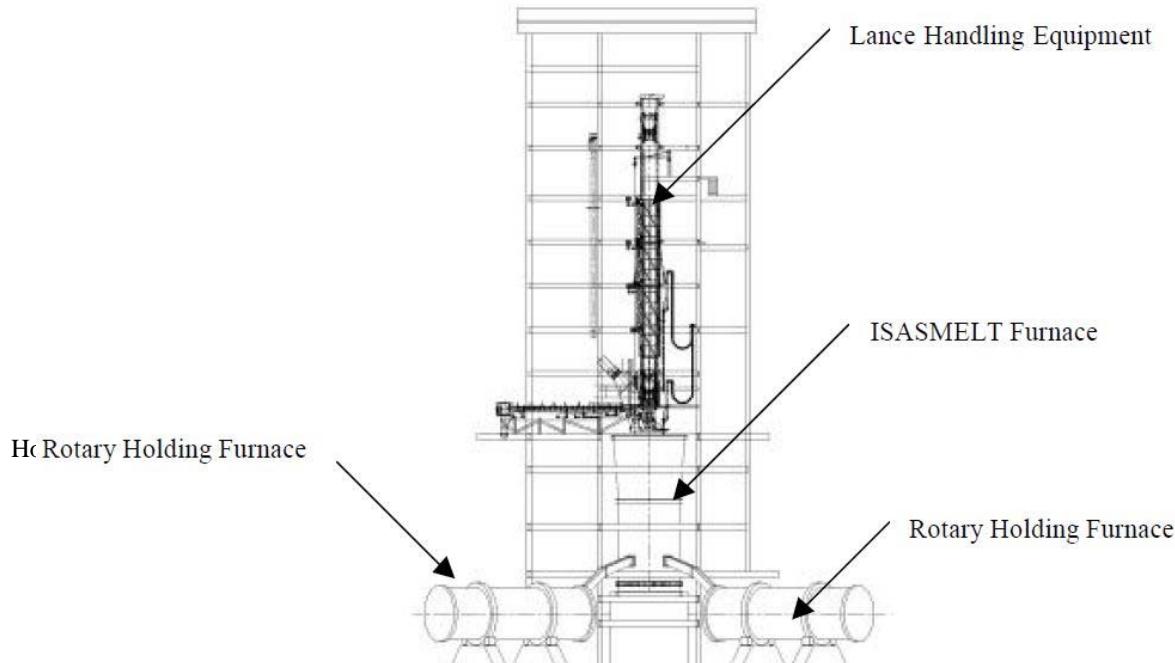


Figura 2 – Elevación genérica de la Planta ISASMELT™, fuente (Arthur & Partington, 2007)

COMPARACIÓN DE LAS TRES OPERACIONES DE COBRE DE ISASMELT™

La diferencia en la escala de producción y las peculiaridades de las materias primas puede complicar la tarea de hacer comparaciones significativas entre las operaciones industriales. En un análisis detallado de este tema, Goonan (2005) utilizó un esquema genérico de fundición de cobre y flujos normalizados de materiales y energía para poder comparar diferentes fundiciones de cobre. Se ha adoptado este enfoque, con la excepción de que los límites considerados en este trabajo sólo se extienden hasta la etapa de fundición primaria y de limpieza de escoria de la fundición y no a las siguientes secciones de conversión y refinamiento de fuego. Este método de comparación ya ha sido presentado previamente (Burrows, Partington y Mascarenhas, 2011), y se utilizará a continuación.

En la Figura 3, se muestra un esquema genérico de fundición primaria. El área de fundición primaria está encerrada dentro de la línea roja segmentada. El material y las corrientes de energía sujetos a comparación están etiquetados individualmente. Todas las mediciones de flujo de masa están en unidades de toneladas por tonelada de cobre producido. Las mediciones de electricidad están en MWh por tonelada de cobre producido. No todas las corrientes son aplicables en cualquier fundición. Por ejemplo, la corriente J se define como cero para un horno de limpieza de escoria, pero sería un valor distinto de cero si la limpieza de escoria se realizara utilizando un proceso de flotación.

Por razones de consistencia, las cifras de electricidad citadas en este trabajo:

- Incluyen la generación de oxígeno industrial;
- Incluyen la compresión del aire por el ventilador de proceso de fundición primaria;
- Incluyen el o los ventiladores de gas de escape de la fundición primaria;
- Incluye a los consumidores menores en el área de fundición primaria; pero,
- Excluye cualquier beneficio de compensación a partir de la electricidad generada utilizando vapor de agua desde el sistema de recuperación de calor residual.

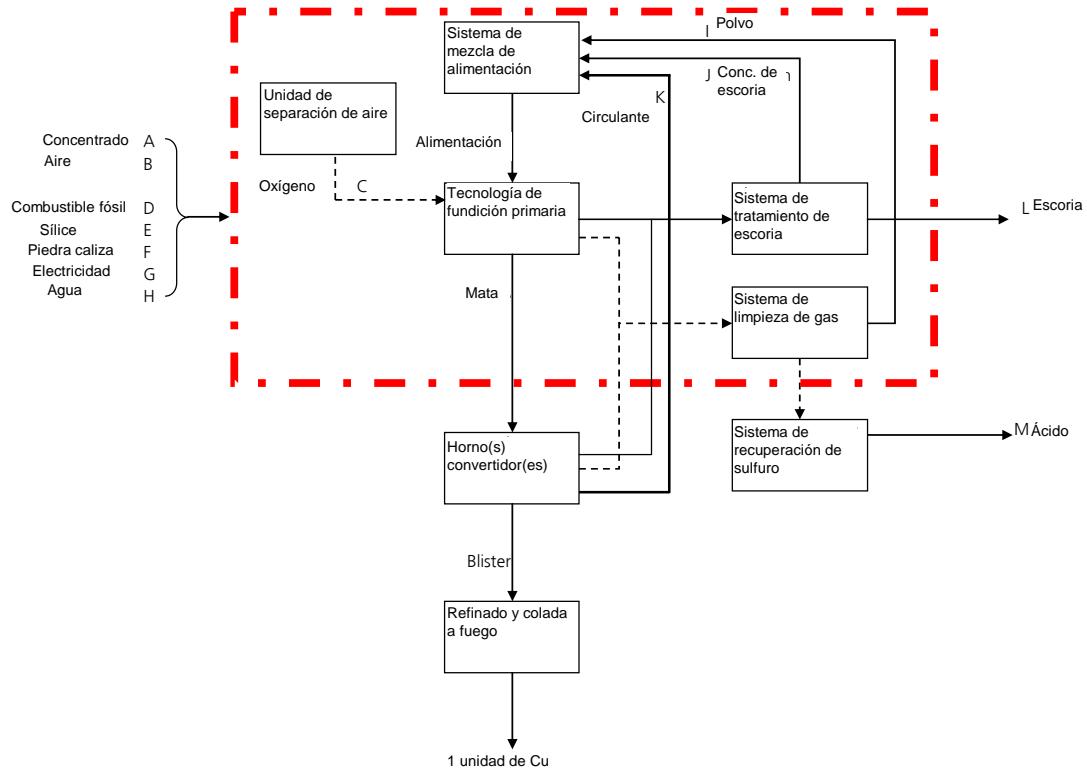


Figura 3 – Diagrama simplificado de la fundición de cobre.

Las historias de las operaciones ISASMELT™ en Mount Isa e Illo son similares en algunos aspectos. Ambos tenían hornos de fundición con tecnologías obsoletas que fueron reemplazados cuando se instalaron sus plantas ISASMELT™ respectivas. La fundición Tuticorin se diferencia de estas dos operaciones en que la planta ISASMELT™ no fue construida para reemplazar una tecnología obsoleta.

Los datos correspondientes a las tres fundiciones se muestran en la Tabla 1. En el caso de Mount Isa e Illo, esta tabla incluye los datos de las tecnologías anteriores que se reemplazaron con la instalación de las plantas ISASMELT™. Estos datos permiten una comparación del rendimiento de las diferentes fundiciones y, en el caso de Mount Isa e Illo, también permiten comparar el desempeño de sus plantas ISASMELT™ y las tecnologías que precedieron a su instalación.

Comparación con las tecnologías anteriores

En comparación con las tecnologías anteriores en Mount Isa e Illo, está claro que la instalación del esquema ISASMELT™ + RHF ha proporcionado los siguientes beneficios:

- Reducción de la generación de escoria

- Gran reducción del consumo de combustibles fósiles
- Gran reducción del consumo de aire de proceso
- Mucha mayor captura de gases ricos en SO_2 y su explotación en una planta de ácido.
- En contraposición a estos beneficios, también ocurrieron los siguientes cambios:
- Mayor consumo de electricidad por tonelada de cobre, debido a la intensificación del proceso de fundición por la producción y el consumo de oxígeno en el sitio.

Tabla 1 – Parámetros de evaluación comparativa para las fundiciones de cobre que utilizan la tecnología ISASMELT™ + RHF

		Sesa Sterlite Tuticorin India	Southern Copper Corporation Ilo Peru		Glencore Mount Isa Australia	
Tecnologías de fundición primaria		ISASMELT + 2 X RHF	Hornos reverberos + CMT	ISASMELT + 2 X RHF	Hornos reverberos + FSR	ISASMELT + 2 X RHF
Período		FY 2009	CY 2006	2007-2008	FY 1991-92	CY 2008
Concentrado	A	3,39	3,38	3,36	4,52	4,54
Aire	B	0,71 Ψ	5,25	0,83	4,35	0,82
Oxígeno	C	0,96	0,26	1,08	0,00	1,00
Combustible fósil	D	0,03	0,33	0,05	0,57	0,09
Sílice	E	0,38	0,29	0,45	0,06	0,18
Caliza	F	0,01	0,07	0,12	0,27	0,01
Electricidad	G	0,70	0,22	0,51	0,13	0,67 *
Agua	H	2,70	0,32	0,09	0,004	0,001
Polvo	I	0,03	0,11	0,05	‡	0,09
Concentrado de escoria	J	0,00	0,00	0,00	‡	0,16
Material Circulate	K	0,15	0,70	0,35	‡	0,20
Escoria	L	2,02	2,62	2,38	3,29	2,59
Ácido Sulfúrico	M	3,03	1,15	3,29	0	3,09

Notas: Corrientes definidas en la Figura 3. Las unidades de potencia son MWh / t de Cu. Las unidades de masa son t / t Cu. * = Incluye la electricidad para la molienda de escoria

Abreviaturas: FSR = Asador de Fluo Sólidos, CMT = Convertidor Teniente, CY - Año Calendario, FY = Año Financiero, ‡ - no disponible, X = incluye aire comprimido para equipos auxiliares

Comparación entre las operaciones de fundición de ISASMELT™ + RHF

Las cuatro características que distinguen a las estadísticas de Mount Isa de las de Ilo y Tuticorin son:

- Menor ley de concentrado (lo que resulta en más toneladas de concentrado requeridas para producir una tonelada de cobre)
- Menor consumo de flujo de sílice por tonelada de cobre
- Menor consumo de agua fresca por tonelada de cobre
- Mayor generación de polvo por tonelada de cobre producido

Algunas de estas características están relacionadas. Por ejemplo, el concentrador adyacente tiene un sistema para añadir relaves ricos en sílice al concentrado de Mount Isa antes de la entrega, lo que resulta en que el concentrado se funde parcialmente y es de baja ley de cobre. El menor consumo de agua se puede explicar por el hecho de que Mount Isa recibe su concentrado desde la mina en forma de lechada y desagua el propio concentrado. Esto se traduce en que se pueda utilizar agua de proceso reciclada y en una reducción concomitante en el consumo de agua fresca. La mayor generación de polvo por tonelada de cobre en Mount Isa se debe a una combinación de:

- El diseño único de la caldera de flujo Flux (que requiere la adición de partículas de piedra caliza, lo que contribuye a la generación de polvo)
- La mayor cantidad de concentrado que se debe procesar para producir una tonelada de cobre

En el caso de Tuticorin, hay dos rasgos distintivos de las estadísticas operativas que difieren de Mount Isa e Ilo. Estos son:

- Mucho mayor consumo de agua
- Menor consumo de combustible fósil por tonelada de cobre

El mayor consumo de agua en Tuticorin se atribuye principalmente a la utilización de un molino de escoria (en comparación con la eliminación de la escoria caliente en Mount Isa e Ilo), y en parte debido a la extracción de vapor de la caldera de recuperación para el consumo de plantas auxiliares. El menor consumo de combustibles fósiles en Tuticorin se debe mucho a la alta disponibilidad de su planta, a menudo superior al 95%, lo que conduce a un menor uso de quemadores que de otro modo serían necesarios para mantener un horno inactivo a temperatura de servicio listo para reanudar la fundición. El enriquecimiento superior del oxígeno utilizado durante la fundición también ayuda a reducir el consumo de combustible.

Perspectivas de futuro para las tres fundiciones de cobre

Mount Isa

Glencore plc está evaluando opciones que pueden resultar en que la fundición de cobre de Mount Isa opere después de la fecha de cierre indicada para diciembre de 2016. Esto podría añadir 4 a 5 años de operación para la fundición que procesa sus propios concentrados, junto con materiales regionales de terceros.

Ilo

La planta ISASMELT™ en Ilo sigue siendo un componente vital de los futuros planes de producción de cobre de Southern Copper Corporation. Su funcionamiento continuado está asegurado para un futuro previsible.

Tuticorin

La planta ISASMELT™ en Tuticorin es parte de la única fundición que suministra cobre a las refinerías electrolíticas, tanto en Silvassa como en Tuticorin. Desde que comenzó a funcionar en mayo de 2005, la planta ISASMELT™ en Tuticorin ha alcanzado o superado su capacidad de diseño original, lo que permite que Sesa Sterlite produzca más de 300.000 t / año de cátodos de cobre de forma consistente. Las cifras de producción se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 – Cifras de producción de la Fundición de Tuticorin (base de cátodos de cobre)

	Producción de Cátodo (kt/año)
FY2006	273
FY2007	313
FY2008	339
FY2009	313
FY2010	334
FY2011	304
FY2012	326
FY2013	353

La progresiva mejora en las cifras de producción se debe a la labor incremental del personal de producción y mantenimiento en Tūticorin que ha realizado mejoras y modificaciones por las cuales las plantas y los servicios auxiliares han dejado de ser un cuello de botella. En el segundo trimestre de 2015, la planta alcanzó una tasa anualizada de 400.000 t / año (cátodo de cobre) por primera vez. El futuro de la planta de Tūticorin ISASMELT™ se ve muy brillante, y sigue estudiando activamente duplicar la fundición. Las futuras plantas ISASMELT™ también tendrán que cumplir y superar los 400 kt / año para mantenerse en la vanguardia tecnológica líder en operaciones de fundición de cobre.

CONCLUSIONES

La tecnología superior ISASMELT™ de fundición de cobre (TSL) sigue atrayendo el interés de posibles usuarios que buscan fundir de manera productiva. Además de los beneficios conocidos en cuanto a productividad y flexibilidad, los operadores ISASMELT™ también han logrado mejoras en la eficiencia energética al cambiar sus tecnologías anteriores. La fundición de cobre de Ilo en Perú y la de Mount Isa en Australia experimentaron reducciones sustanciales en el consumo de combustibles fósiles asociados con la introducción de sus respectivas plantas ISASMELT™.

Las recientes estadísticas de producción para la operación en Tūticorin, India, muestran que ISASMELT™ ha dado los primeros pasos en la escala superior a 400.000 t / año (base de cátodos de cobre). Con el beneficio de una mayor capacidad de producción, es probable que mejore aún más su eficiencia energética.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean reconocer a Sesa Sterlite Ltd, Southern Copper Corporation y Glencore plc por facilitar los datos para su publicación.

Los autores desean agradecer a Glencore Technology Pty Ltd., Sesa Sterlite Ltd y Southern Copper Corporation por su autorización para publicar este artículo.

REFERENCIAS

- P.S. Arthur and S.P. Hunt (2005), “ISASMELT™ - 25 Years of Continuous Evolution”, Floyd International Symposium on Sustainable Development in Metals Processing, M. Nilmani and W.J. Rankin, Eds., NCS Associates (Australia), 2005, pp 73-94.
- P.S. Arthur and P.J. Partington (2007), “Latest Developments with Copper ISASMELT™”, Proceedings of Cu 2007, The Carlos Diaz Symposium on Pyrometallurgy, vol. III, pp3-15, Eds. A.E.M. Warner, C.J. Newman, A. Vahed, D.B. George, P.J. Mackey, and A. Warczog, Toronto, TMS, 2007
- B. Burford (2009), “The ISASMELT™ Technology Package: Over 30 Years of Innovation” The AusIMM Bulletin, Journal of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, No 1, February 2009, pp.26-30.
- A.S. Burrows, P.J. Partington & P. H. Mascarenhas (2011), “ISASMELT™ at Mufulira – Increased Flexibility on the Zambian Copperbelt”, Proceedings of the Fray International Symposium, Ed. F. Kongoli, vol 1, pp217-226, TMS. 2011
- T.G. Goonan, (2005), “Flows of Selected Materials Associated with World Copper Smelting”, U.S.G.S. Open-File Report 2004-1395, 2005