

ПЛАВКА КАЗАХСТАНСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ В МЕДНОЙ ПЕЧИ ISASMELT™, г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК

A.S. Burrows¹ и G.R.F. Alvear F.²

Xstrata Technology

¹*Level 10, 160 Ann St. Брисбен, Квинслэнд 4000, Австралия*

²*Level 10, 700 West Pender St. Ванкувер, Британская Колумбия, Канада V6C1G8
aburrows@xstrata.com*

А.Т. Тыныбаев

ТОО «Казцинк»

ул. Промышленная, 1

070002 Усть-Каменогорск

Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

В июле 2011 г. на территории Усть-Каменогорского металлургического комплекса ТОО «Казцинк», Усть-Каменогорск, Казахстан, была запущена новая медеплавильная печь ISASMELT™, в рамках проекта строительства плавильного завода на территории действующего металлургического комплекса. До этого момента, Казцинк производил преимущественно цинк и свинец, в связи с чем вся технологическая цепочка производства меди была создана заново, начиная с шихтоподготовки и заканчивая обвязкой катодов. На проектную производственную мощность вышли за 14 месяцев.

Для успешной реализации проекта, пришлось решить множеством проблем: ввоз новой технологии в Республику Казахстан, наработка опыта местным производственным персоналом при работе с ней; плавка сложных полиметаллических концентратов Восточно-Казахстанской области без ущерба для производственной мощности или качества продукции; и внедрение технологической схемы производства меди в общую схему металлургического комплекса, так, чтобы извлечь наибольшую экономическую выгоду из полиметаллического характера сырья.

В данной работе описывается, как медеплавильная печь ISASMELT™ была встроена в эту стратегию, и как согласованные действия команд компаний Казцинк и Экстрата Текнолоджи привели к успешной реализации данного проекта.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее Казахстан входил в состав Советского Союза, Республика получила независимость более 20 лет назад. Это крупнейшая внутриматериковая страна в мире, по площади больше территории Западной Европы. Страна богата полезными ископаемыми, которые распределены по всей территории. ТОО «Казцинк» является крупным полностью интегрированным производителем цинка. Компания была основана в 1997 г. в результате слияния трех основных компаний, производящих цветные металлы, в Восточном Казахстане. Помимо цинка концентраты, получаемые на рудниках Казцинка, имеют значительное содержание свинца, меди и драгоценных металлов. Центром Восточно-Казахстанской области является Усть-Каменогорск, город с население около 350 000 человек. Усть-Каменогорск - это центр транспортировки и переработки концентратов основных металлов уже более века. С 1943 года в Усть-Каменогорске располагается металлургический комплекс, специализирующийся на производстве цинка, свинца, серебра, золота, сурьмы, висмута и различных побочных продуктов. Усть-Каменогорский Металлургический Комплекс (УК МК) является одним из активов Казцинка. В 2005 г., когда Казцинк решил построить медеплавильный завод и цех электролиза на УК МК, компания обратилась к Экстракторной Технологии для предоставления технологий ISASMELT™ и ISA PROCESS™ для нового медного завода.

Несмотря на богатый опыт УК МК в плавке металлов, ранее медь не являлась основным продуктом производства. Около 5000 т/г, черновой меди производилось в качестве побочного продукта на свинцовом заводе. Для медеплавильного цеха и цеха электролиза понадобился абсолютно новый завод. По масштабам новый завод схож с проектом нового строительства, если не считать того, что его расположение в середине крупного металлургического комплекса имело все трудности, связанные с расширением существующего проекта. Концепция нового медного завода заключалась в том, что номинальная производительность должна составлять 70 000 т/г катодной меди, завод должен перерабатывать полиметаллические медные концентраты и ряд побочных продуктов от рафинации цинка и свинца, допускать колебание концентраций малых элементов и иметь возможность к расширению в будущем. ISASMELT™ была логичным выбором для первичной медеплавильной печи, которая могла соответствовать всем этим требованиям. В течение последующих 6 лет многое изменилось в процессе оценки, расположения, проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию медного завода, но первоначальные цели проекта остались неизменными.

При производительности всего 70 000 т/г меди медеплавильный завод УК МК является небольшим по мировым стандартам. Он имеет высокое отношение постоянных затрат к переменным. Для того, чтобы проект приносил прибыль, основными рабочими характеристиками завода должно быть следующее: нормальная работа при колебаниях загрузки полиметаллических концентратов, которые поставляются с местных рудников Казцинка, извлечение драгоценные металлы, содержащиеся в загрузке, отмена оплаты транспортных расходов и штрафов, связанных с продажей концентратов на сторону.

ОБСУЖДЕНИЕ

Описание завода

Медеплавильный завод УК МК имеет традиционную технологическую схему. Плавка концентрата осуществляется в медеплавильной печи ISASMELT™, штейн конвертируется в одном из двух P-S конверторов, и огневое рафинирование проводится в одной из двух анодных печей с последующим розливом анодов. Сернокислотный завод может принимать газ от печи ISASMELT™ и от одного из P-S конверторов, находящегося на продувке. Технологическая схема представлена на Рисунке 1.

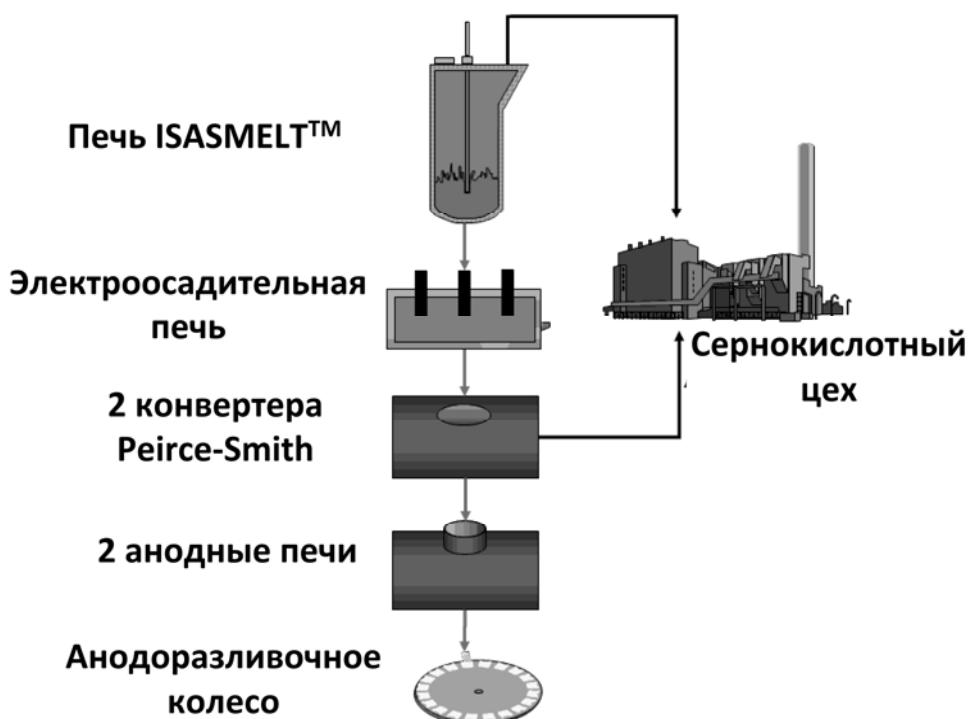


Рисунок 1: Принципиальная технологическая схема Медеплавильного завода

По данной технологической схеме удаление примесей осуществляется при помощи специального выпуска шлака из P-S конвертора во время продувки на медь, и через пыли, образующиеся от плавильных печей. После проведения расчетов было определено, что прямая рециркуляция пылевых потоков является нецелесообразной из-за накопления летучих примесей. Вместо этого была проведена модификация существующего металлургического объекта для проведения на нем выщелачивания пыли, и, таким образом, удаления целевых элементов и производства чистой цементационной меди, которая затем может перерабатываться на плавильном заводе.

Шихта плавильного завода

Среди стран бывшего Советского Союза, марка MOOK представляет самое высокое качество реализуемой катодной меди, технические характеристики которой соответствуют марке А Лондонской биржи металлов. Исходными данными для проектирования медного завода УК МК и цеха электролиза меди было производство катодов марки MOOK из концентрата, содержащего значительное количество свинца,

мышьяка, цинка, висмута и сурьмы. В литературных источниках было отмечено [1], что возможность печи ISASMELT™ в плане допуска и удаления летучих примесных элементов будет очень целесообразной для медеплавильного завода Казцинка. На этапе проектирования был рассмотрен переход примесей в промежуточные продукты и рециркуляционные потоки. Анализ основных элементов «проектной» шихты завода приведен в Таблице 1.

Таблица 1 – Проектный состав шихты медеплавильного завода Казцинка

	% по весу							
	Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO ₂	Sb	As
Проект	25,0	2,68	3,14	24,85	31,74	5,11	0,16	0,55

Медеплавильный завод ISASMELT™

Медеплавильный завод ISASMELT™ на УК МК включает подачу шихты в медеплавильную печь ISASMELT™ и транспортировку отходящих газов и расплавленных продуктов, получаемых в печи. Технологическая схема, схематично изображенная на Рисунке 2, схожа с заводами, описание которых было выполнено ранее [2, 3]. Различные концентраты смешиваются в цехе шихтоподготовки, и смешанный концентрат загружается в один из двух бункеров для концентрата с помощью мостового грейферного крана. Из питательных бункеров концентрат загружается в печь ISASMELT™. Питательные бункеры также используются для точной подачи взвешенного количества угля, оборотов, известнякового флюса и кременземистого флюса на сборный конвейер, а затем в печь ISASMELT™. Влажная шихта загружается с конечного питательного конвейера через вентиляционное отверстие в своде печи, а затем и в перемешиваемую ванну расплава. Свод печи является составной частью котла-utiлизатора.

Подача технологического воздуха и технического кислорода (чистота 98%) на фурму ISASMELT™ контролируется автоматически с помощью Распределительной системы управления (DCS), которая используется по всему плавильному заводу. Погружение фурмы в ванну с жидким шлаком также контролируется автоматически системой DCS, так что наконечник фурмы всегда находится в оптимальном положении в расплавленной ванне независимо от ее уровня.

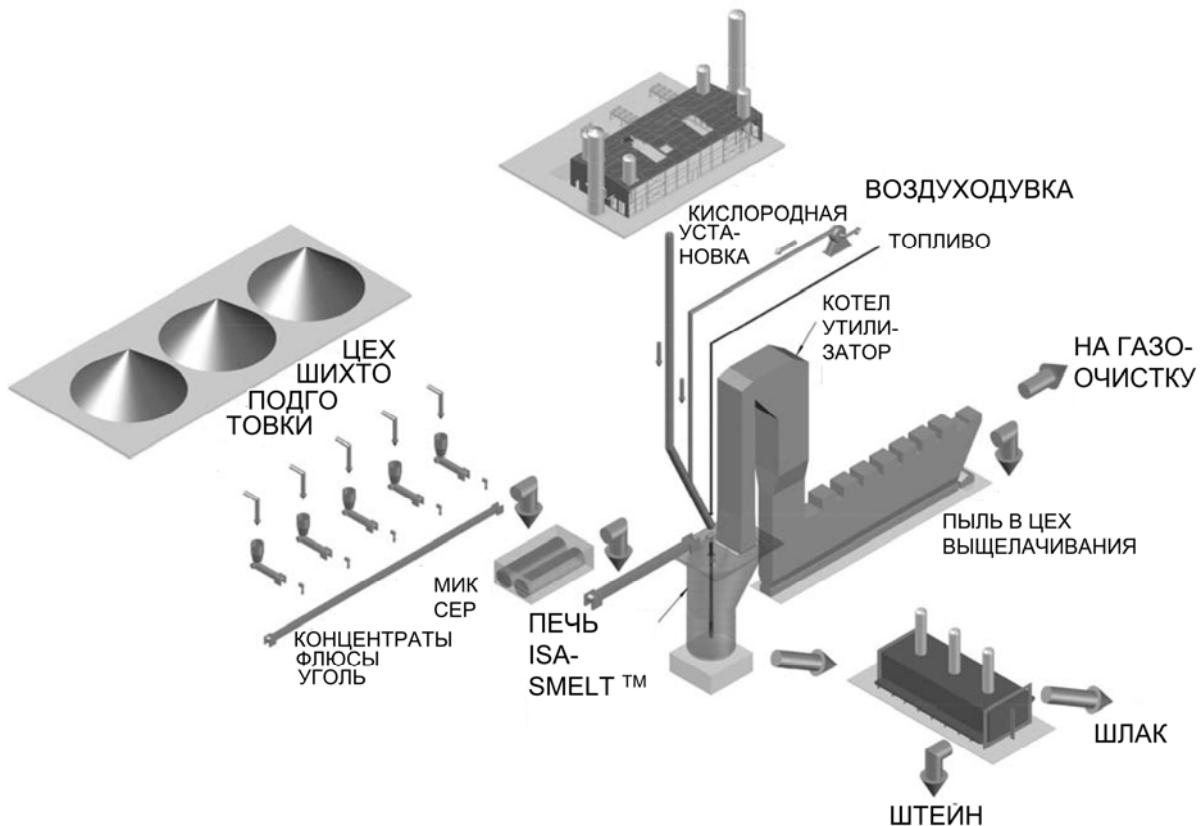


Рисунок 1: Схема участка плавильной печи ISASMELT™.

Штейн и шлак, получаемые в печи ISASMELT™ периодически выпускаются из одиночного водоохлаждаемого выпускного блока, располагающегося в основании печи. Эти материалы перетекают в электроосадительную печь, находящуюся возле печи ISASMELT™. Проектное содержание штейна составляло 60%, но Казцинком было определено, что оптимальный баланс производства может быть достигнут приблизительно при 55-58 %Cu в штейне.

Отходящие газы процесса покидают печь через отверстие в своде печи ISASMELT™ и переходят в котел-утилизатор. Охлажденный газ выходит из котла-утилизатора при температуре приблизительно 350°C, а затем очищается от пыли в электрофильтре.

Переход к новой технологии

В пирометаллургии изменения, вносимые в работу заводов, технологические схемы и принятые практики, обычно протекают медленно. Переход к новой технологии, инновации и внедрение новых технологий всегда сопряжено с техническими трудностями. Важным преимуществом технологии ISASMELT™ является то, что она без труда может использоваться в новых инновационных областях применения заказчиками по всему миру.

Управленческая команда Медного завода Казцинка подготовилась к выводу плавильного завода на проектную мощность и эффективному внедрению незнакомой технологии в эксплуатационную и управленческую практику УК МК. В случае с

медным заводом ISASMELT™ процессу перехода к новой технологии способствовали значительные вложения времени и человеческих ресурсов в обучение эксплуатационного и ремонтного персонала, аналогично другим лицензиатам ISASMELT™[4]. Для персонала Казцинка проводилось теоретическое обучение в учебных классах, практическое обучение на других лицензированных заводах ISASMELT™, а также практическое обучение на площадке.

Практическое обучение в течение трех месяцев было проведено на медеплавильном заводе Xstrata Copper в Маунт-Айза, Австралия. Там персонал Казцинка прошел полноценное практическое обучение под руководством опытного технологического и ремонтного персонала. Это позволило специалистам Казцинка, находящимся на обучении, стать компетентными операторами и понять основы строения печи ISASMELT™ и приемы ее эксплуатации. В разгар программы обучения на Маунт Айза делегация от Казцинка, в состав которой входили обучающиеся, руководители и переводчики, насчитывала в общей сложности 45 человек. Потребовалась тщательная организация для управления их графиком работ и для гарантии того, что обучение является как эффективным, так и безопасным.

Дополнительно к обучению на Маунт Айза персонал Казцинка посетил медеплавильный завод Муфулира компании Morani, использующий технологию ISASMELT™. Данный завод находится на Медном поясе в Замбии. Привлекательной особенностью данного обучения являлось то, что один и тот же поставщик (SMS Siemag AG) был выбран для поставки электроосадительной печи как на УК МК, так и на плавильном заводе Муфулира. Таким образом, обучаемые специалисты Казцинка имели возможность получить опыт интегрированной эксплуатации печи ISASMELT™ с электроосадительной печью с тремя электродами.

Помимо полномасштабного обучения на заводе инженеры систем управления Казцинка провели несколько недель со специалистами Xstrata Technology в Брисбене, Австралия, работая совместно над конфигурацией и тестированием Распределенной системы управления (DCS), которая лежит в основе работы ISASMELT™. Обучение, пройденное ими за это время, дало гарантию, что местная группа технического обслуживания сможет в полной мере участвовать в процессе запуска завода.

В последние три месяца, предшествующие запуску завода, когда медеплавильный завод ISASMELT™ был готов к работе, но незначительные задержки оказывали влияние на оборудование вниз по потоку и препятствовали запуску, персонал Казцинка и Xstrata Technology организовывали многочисленные обучения на площадке для операторов медного завода ISASMELT™. По сложности данные обучения отличались, начиная от отдельных единиц оборудования до всего завода, включая подвижный транспорт и контроль всех входящих потоков материалов.

В течение всего периода проектирования, закупок, строительства, установки, запуска и выхода на рабочие режимы для персонала Казцинка было полезно посещать лицензионные семинары ISASMELT™, которые проводились в Индии, Перу, Бельгии и Замбии, а также обмениваться информацией с предприятиями-аналогами и такими же обладателями лицензий в других странах и на других предприятиях. Запуск нового плавильного завода всегда представляет собой комплексную и трудную задачу. Спокойствие и уверенность можно почертнуть, обсуждая с другими заводами их прошлый опыт и получая от них ценные советы.

Запуск завода

Для абсолютно нового медеплавильного завода и цеха электролиза, особенно если они находятся в холодном климате, запуск завода – это не единичное событие, которое происходит в определенный день. По необходимости работы занимают много недель, так как в эксплуатацию вводятся различные части технологической схемы. Сезонные установки и оборудование вводятся в эксплуатацию по отдельному графику, а именно, навесы для оттаивания концентрата, нагревательные приборы и вентиляторы зданий, установки парового обогрева и оборудование подачи топлива. Концентрат доставляется, хранится и смешивается за недели до его использования. Запас анодов должен быть накоплен в Цехе электролиза до того, как на все секции ванн будет подано напряжение.

Эксплуатационная группа УК МК внедрила дальновидный метод запуска всего сернокислотного завода (проект SNC Lavalin) до начала запуска медеплавильного завода. Это стало возможным при помощи подсоединения газохода к существующим заводам плавки цветных металлов и подачи газов с высоким содержанием SO₂ в течение нескольких месяцев, предшествующих запуску медеплавильного завода. Подобным образом воздухоразделительная установка (спроектированная Криогенмаш) была запущена и работала на полную мощность задолго до того, как она понадобилась для Медного завода.

Отчасти благодаря стараниям и планированию во время пуско-наладочных работ, УК МК достиг 100% проектного проплава на медеплавильном заводе ISASMELT™, который измерялся каждую 8-часовую смену, в течение нескольких дней после первой загрузки шихты в печь ISASMELT™. Однако работа по выходу завода на проектную мощность на этом не заканчивается. Следующий год работы был затрачен на достижение согласованной и надежной работы всех систем медеплавильного завода. Это то, что необходимо для стабильной работы всего завода. Персонал Экстрата Текнолоджи оказывал определенную помощь в данной работе, когда бы к нему не обратились. В течение нескольких первых недель после принятия решения о разогреве печи ISASMELT™ Экстрата Текнолоджи имела возможность оказывать помощь всем технологическим сменам, имея на площадке по два человека на смену в течение 24 часов в день. Необходимость в оказании помощи значительно сократилась, когда эксплуатационная группа приобрела опыт и компетентность при выполнении своих задач. Через несколько месяцев команда специалистов УК МК работала самостоятельно на профессиональном уровне и продолжала оптимизировать и улучшать работу медного завода.

Эксплуатация

Эксплуатационная статистика стандартного месяца работы на медном заводе ISASMELT™, взятая через 7 месяцев после запуска, приведена в Таблице 2. При средней месячной производительности, превышающей 80% проектной мощности после нескольких месяцев работы, очевидно, что подбор большей части методов эксплуатации, выбор оборудования, установка и запуск были выполнены верно и основательно.

Таблица 2 – Эксплуатационная статистика медеплавильного завода ISASMELT™,
Казцинк

	Ед.	Февраль 2012 г.
Готовность	%	89,4
Концентрат	т/ч	32,0
Кремнезем	т/ч	7,7
Обороты	т/ч	2,6
Уголь	т/ч	0,4
Известняк	т/ч	1,3
Влагосодержание шихты	т/ч	9
Срок службы фурмы	дни	6
Су в шихте	%	21,7
Су в штейне	%	57,0
Поток на фурму ISASMELT™	нм ³ /ч	16500
O ₂ в воздухе фурмы	%	58

Отклонения в шихте плавильного завода

Одним из главных преимуществ, выявленных Казцинком в применении технологии ISASMELT™, была возможность перерабатывать медный концентрат с широким диапазоном составов. На самом деле, состав щихты, имевшейся в наличии при запуске плавильного завода (смотрите Таблицу 3), существенно отличается от проектных данных по некоторым элементам. Отличие включает в себя пропорциональное увеличение содержания свинца и сурьмы в фактическом концентрате более, чем на 50%, и пропорциональное снижение кремнезема в фактическом концентрате более, чем на 50%, по сравнению с проектным концентратом.

Таблица 3 – Сравнение фактически загружаемой шихты медного завода Казцинка с проектными данными

	% по весу							
	Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO ₂	Sb	As
Проект	25,0	2,68	3,14	24,85	31,74	5,11	0,16	0,55
Факт	25,68	4,35	3,53	26,65	32,92	2,39	0,25	0,49
Абсолютное отклонение	+0,68	+1,57	+0,39	+1,80	+1,18	-2,72	+0,09	-0,06
Относительное отклонение	+3%	+59%	+12%	+7%	+4%	-53%	+56%	-10%

Проблема более низкого уровня кремнезема в медном концентрате была решена посредством простого увеличения кремнезема с добавляемым флюсующим материалом. Повышенный уровень сурьмы в концентрате усложнил процесс производства катодной меди марки MOOK.

Повышенный уровень свинца в концентрате, который был достаточно высоким с самого начала, потребовал внесения модификаций в технологическую схему и

разработки стратегий управления после завершения процесса запуска. Основной стратегией для устранения последствий более высокой загрузки свинца является организация дополнительного отвода шлака в конце каждой медной продувки Р-С конвертера и его измельчение и флотация. Данный подход позволил избежать накопления возвращающегося в цикл свинца, что происходило при подаче шлака в электроосадительную печь для электротермического восстановления.

Сочетания этих мер было достаточно для предотвращения проблем, таких как самопроизвольное образование чернового свинца после химического восстановления шлака в электроосадительной печи, и на плавильном заводе был освоен процесс переработки медных концентратов с высоким содержанием свинца без больших затруднений. В особенности в работе котла-utiлизатора медеплавильной печи ISASMELT™ (проект компании Foster Wheeler) не возникало никаких проблем, связанных с составом концентрата. Опасения о том, что внутренние детали котла-utiлизатора будут покрываться свинецодержащей настылью, что уменьшит эффективность теплопередачи, существовавшие на этапе планирования проекта, оказались необоснованными. Пристальное внимание, уделенное детальному проектированию размеров, формы и профиля потоков котла-utiлизатора позволило Казцинку получить надежную систему утилизации отходящих газов для медеплавильной печи ISASMELT™.

ВЫВОДЫ

Усть-Каменогорский металлургический комплекс запустил новый медеплавильный завод и цех электролиза в основном для переработки сырья с их собственных рудников и металлургических объектов. При проектировании завода планировалось, что полиметаллические концентраты будут являться основным компонентом загрузочного материала.

Персонал ТОО «Казцинк» и Экстрата Текнолоджи работали совместно над интенсивной программой обучения и пуско-наладочным работам для подготовки персонала и оборудования завода к соответствующим функциям при работе завода. Завод начал работать нормально, и продолжает свою работу. В будущем планируется расширить производительную мощность завода, и проект завода рассчитан на реализацию подобных расширений при необходимости.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность ТОО «Казцинк» и Экстрата Текнолоджи за разрешение опубликовать данную статью.

СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. R. F. Alvear F, P. Arthur, P. Partington, “Feasibility to Profitability with Copper ISASMELT™”, Copper 2010, Volume 2– Pyrometallurgy I, J. Harre, Ed., GDMB, Hamburg, 2010
2. Y. Li, P. Arthur, “Yunnan Copper Corporation’s new smelter – China’s first ISASMELT”, Yazawa International Symposium on Metallurgical and Materials

- Processing, Volume II – High Temperature Metal Production, F. Kongoli, K. Itagaki, C. Yamauchi, H.Y. Sohn, Eds., TMS, Warrendale, 2003
3. J. Ross and D. de Vries, “Mufulira smelter upgrade project – ‘Industry’ Smelting on the Zambian Copperbelt”, Pyrometallurgy 05, Capetown, Minerals Engineering International, 2005
 4. H. Walqui, C. Noriega, P. Partington, &G.R.F. Alvear F, “SPCC’s 1,200,000 TPA Copper ISASMELT™”, Sohn International Symposium on Advanced Processing of Metals and Materials, Volume 8 – International Symposium on Sulfide Smelting 2006, F. Kongoli & R.G. Reddy, Eds., TMS, 2006