

AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DO REFINO
ELETROLÍTICO DE COBRE DA CARAÍBA METAIS S/A. CMSA

José Luiz Rodrigues Bravo (1)

R E S U M O

A capacidade de projeto das instalações da Refinaria de Cobre Eletrolítico da CMSA previa uma produção de 150.000 t/a de cobre eletrolítico. A produção evoluiu desde o start up da planta (Novembro/82), de 3.000 t/a até os dias atuais (Maio/89) para o ritmo anual de 160.000 t, com previsão de se poder alcançar 170.000 t/a, sem modificações significativas. A partir de 170.000 t/a torna-se necessário a aquisição de novos equipamentos e construção civil, para qualquer patamar de produção pretendida. Este trabalho abordará as opções para o aumento da capacidade de produção no Refino Eletrolítico de cobre até 225.000 t/a.

A B S T R A C T

The design capacity of the CARAÍBA METAIS Electrolytic copper Refinery provide a production of 150,000 tpy. The production increased since its start up (November/82) from 3,000 tpy to 160,000 tpy (MAY/89). The plant will be able to produce 170,000 tpy without significant modifications. From this it will be necessary new equipments and electrolytic cells installations to any desired production budget. This paper will tackle with the options to increase Caraíba's tankhouse capacity to 225,000 tpy of electrolytic copper.

(1) Engenheiro Químico, Setor de Processos Químicos (SEPROQ) da Caraíba Metais S/A.

1. INTRODUÇÃO

A ampliação da capacidade de produção de uma Refinaria Eletrolítica de cobre pode trilhar os seguintes caminhos: - Aumentar-se o número de células eletrolíticas, aumentar-se a capacidade do Retificador (densidade de corrente), combinar-se o aumento do número de células com o aumento da capacidade do Retificador. Há que se estudar a opção mais econômica de se implantar/processar e a menos arriscada tecnicamente ou, a mais confiável. Qualquer escolha passará por um estudo da disponibilidade do espaço físico, energia elétrica e/ou custo, adaptação das instalações existentes às novas requeridas e a qualidade do produto pretendido.

2. DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO METALÚRGICO DO COBRE

O concentrado de cobre proveniente de diversas minas é misturado, adicionado sílica, secado em um forno rotativo e alimentado continuamente no Forno Flash. O concentrado, sílica e ar de processo alimentados reagem violentamente a alta temperatura produzindo partículas líquidas de matte e escória. O matte, de maior peso específico, sedimenta no fundo e é vazado pelas calbas, alimentando as panelas, que transportam este material para os conversores. A escória proveniente do Forno Flash é também vazada e enviada para o Forno Elétrico, onde é feita a recuperação do cobre contido. O matte produzido no Forno Flash e no Forno Elétrico é carregado nos conversores, onde se dá a oxidação do sulfeto de cobre contido, com ar enriquecido com oxigênio, com grande liberação de calor, para produzir cobre blister. Anodos scrap e anodos rejeitados são também carregados para controlar a temperatura do processo. O cobre blister proveniente dos conversores é refinado em dois fornos de refino a fogo. Primeiramente é feita uma oxidação com ar para baixar o teor de enxofre e logo após é feita uma redução com gás natural para diminuir o teor de oxigênio do blister. Em seguida o cobre refinado é então moldado na forma de anodos.

Os gases gerados nas reações do Forno Flash e conversores são resfriados e purificados para seu aproveitamento na produção de ácido sulfúrico, pois estes são ricos em SO_2 .

Os anodos são transportados para o Refino Eletrolítico onde, através da eletrólise, o cobre passa de 99,4% no anodo para 99,99% na forma de catodo, com geração de lama anódica rica em metais preciosos e recuperação de Níquel solubilizado no eletrólito para a produção de Sulfato de Níquel hexahidratado.

O cobre eletrolítico é comercializado na forma de catodos de cobre e vergalhão produzido na Laminação da Caraíba Metais.

3. DESCRIÇÃO DAS ATUAIS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO REFINO ELETROLÍTICO

A Eletrólise da Caraíba Metais opera atualmente com uma intensidade de corrente de 18,5 KA (234 A/M^2) no circuito de células comerciais e no circuito de chapas de partida, para um ritmo de produção de 160.000 t/a de cobre eletrolítico. Para chegar-se a esta condição foi necessário reduzir o ciclo catódico de 280 h para 256 h, aumentando-se o número de retirada de grupos de 60 para 65 por mês.

Abaixo, os principais parâmetros operacionais:

- Intensidade de corrente	: 18,5 KA
- Densidade de corrente no circuito comercial	: 234 A/M^2
- Densidade de corrente no circuito de chapas de partida	: 230 A/M^2
- Ciclo catódico comercial	: 256 horas
- Ciclo catódico chapas de partida	: 24 horas
- Massa do anodo	: 300 Kg
- Sucata de anodo	: 18%
- Eficiência de corrente	: 91%
- Eficiência de tempo	: 92%
- Cola	: 140 g/t de cobre

- Tiouréia	:	40 g/t de cobre
- Lama anódica gerada (aprox.)	:	50 t/mês
- Lama As gerada (aprox.)	:	55 t/mês
- Sulfato de Níquel impuro produzido (aprox.)	:	80 t/mês

Os principais equipamentos e instalações são:

- 02 (dois) circuitos de células eletrolíticas comerciais, com um total de 959 células.
- 01 (um) circuito de células eletrolíticas de chapas de partida, com 60 células;
- 02 (dois) transformadores - Retificador de 22.000 A - 360 V;
- 01 (um) transformador-retificador de 18.000 A - 45 V;
- 16 (dezesseis) células eletrolíticas de decoperização e desarseniagem;
- 01 (uma) Unidade de concentração e separação de Níquel;
- 01 (uma) Unidade para lixiviação e cementação de lama anódica;
- 04 (quatro) pontes rolantes para o circuito de células comerciais e circuito de células de chapas de partida e, 1 (uma) ponte rolante para a área de decoperização, desarseniagem e manutenção de equipamentos;
- 01 (uma) máquina de preparação de chapas de partida;
- 01 (uma) máquina de lavar e pesar catodos;
- 01 (uma) máquina de lavar e pesar sucatas de anodos;
- 01 (uma) máquina de espaçar anodos.

4. AUMENTO DA CAPACIDADE DO REFINO ELETROLÍTICO DE COBRE

O refino eletrolítico do cobre consiste tradicionalmente na produção de catodos em células eletrolíticas, com corrente contínua e densidade de corrente máxima de 240 A/M². A introdução da técnica PRC (corrente reversa periódica) permitiu a aplicação de densidades de corrente até 350 A/M², com razoável qualidade física de depósito. Um outro processo em uso atualmente é a produção de catodos de cobre a partir de chapas (catodos) permanentes de aço inoxidável, com densidade de corrente contínua que pode chegar a 270 A/M², com boa qualidade de depósito, au-

mentando de forma considerável a movimentação de retirada de produção na Nave Eletrolítica. Encontra-se ainda em fase de estudo e testes a associação desta técnica com a utilização de corrente reversa periódica.

O processo que requer um menor investimento de capital para implantação nas Refinarias tradicionais já existentes é a técnica de PRC, devido ao aproveitamento de boa parte das instalações. Células e equipamentos adicionais poderão ser necessárias para atender as novas exigências operacionais.

O Processo com chapas permanentes de aço inoxidável requer alto investimento em máquinas e na própria confecção destas chapas, condição mais favorável para uma Refinaria em Implantação.

4.1. Considerações sobre a Técnica PRC

A aplicação de corrente reversa periódica para a deposição de cobre e outros metais é conhecida há muito tempo. Mesmo assim, o uso do PRC para o propósito de refino industrial só passou a ser difundido a partir dos anos 60. A maior dificuldade para a adoção do PRC até aquela época era a não aplicabilidade dos equipamentos de transformação e retificação de corrente para tal uso. Com o desenvolvimento do Thyristor (silicon controlled rectifiers) e outras técnicas recentemente desenvolvidas para equipamentos eletrônicos, foi possível sobrepujar os problemas associados com a reversão da polaridade de correntes de grande magnitude. Iniciou-se então um trabalho intenso em diversas partes do mundo para adotar esta nova técnica para o eletrorefino de cobre.

A técnica convencional de deposição com corrente direta limita a densidade de corrente em 240 A/M^2 . O maior problema ao se tentar elevar a densidade de corrente é a passivação do anodo, que resulta num aumento de voltagem da célula eletrolítica. Outros problemas associados são a produção

de depósitos grosseiros, deterioração da qualidade do catodo e redução da eficiência de corrente.

A passivação do anodo é o resultado do aumento da polarização, ocasionada pela mudança da concentração de ions cobre nas vizinhanças do catodo e do anodo, isto é, com o tempo a concentração de ions cobre diminui na região catódica e aumenta na região anódica provocando a precipitação de sais de cobre (e de outros metais) que agem como uma barreira mecânica (camada de difusão) para a transferência de ions cobre.

Afim de reduzir a espessura da camada de difusão (Nerst) algumas técnicas foram testadas, tais como: - altas taxas de circulação de eletrólito, agitação ultrasônica do eletrólito e sistemas mecânicos de agitação. Todos estes sistemas resultando em altos custos de implantação e problemas de contaminação dos catodos com a lama anódica gerada no processo. Neste tempo, a aplicação do PRC já estava sendo testada com resultados positivos na redução da espessura da camada de difusão.

A técnica de PRC baseia-se na aplicação da corrente direta alternando sua direção, ora dissolvendo o anodo ora dissolvendo o catodo em diferentes frações de tempo e diferentes densidades de corrente. Por esse motivo, a polarização ocasionada pelas diferentes concentrações nas regiões do catodo e anodo é evitada. Com o objetivo de se manter a eficiência de corrente tão alta quanto possível, a duração da corrente voltando é relativamente menor do que o fluxo de corrente na direção normal.

Comparando PRC com a técnica convencional DC para o aumento da produção de cobre eletrolítico pode-se citar algumas vantagens e limitações do primeiro em relação ao segundo.

- O consumo específico de energia elétrica na técnica PRC

umenta como resultado da elevação da densidade de corrente e redução da eficiência efetiva de corrente, devido ao trabalho de polimento do catodo quando na direção reversa. No entanto, o consumo de vapor é consideravelmente reduzido em função da grande quantidade de energia térmica (efeito joule) que é produzida. No geral, a uma corrente específica, os custos de energia elétrica e vapor somados é aproximadamente o mesmo para ambos os casos;

- O processo PRC prevê um menor custo de investimento comparando com DC, devido ao menor número de células, tubulações e uma nave eletrolítica menor, especialmente para o caso de expansões da capacidade de refinarias existentes. Em muitos casos o aumento de produção desejado pode ser alcançado pela instalação de um Transformador - Retificador Thyristorizado.
- Menor capital de giro para o PRC devido ao menor inventário de cobre, na nave eletrolítica.
- Maior flexibilidade de produção para o PRC. A refinaria poderá ser operada a baixas e altas densidades;
- A influência dos efeitos prejudiciais das distâncias entre eletrodos na célula é muito maior para o PRC devido as altas densidades de corrente.

4.2. Considerações sobre a técnica de catodo permanente de aço inoxidável

As refinarias tradicionais utilizam como substrato para a produção comercial chapas de partida de cobre, com espessura aproximada de 0,7 mm. Estas chapas geralmente são produzidas em circuito separado do circuito comercial e são formadas com um tempo médio de 24 horas a partir de chapas matrizes de titânio ou chapas matrizes de cobre. Todo um sistema de células, tubulações e bombas tem que ser montado

para esta produção específica. Além disso, a preparação destas chapas para entrarem no circuito comercial exige máquinários para melhorar a verticalidade, corte e colocação de orelhas (local onde é inserida uma barra suporte de cobre) para sustentação das mesmas nas células.

O processo de catodo permanente dispensa todos os aparatos supracitados, pois, baseia-se na deposição comercial de cobre diretamente em chapas de aço inoxidável 316 L, prepara das para tal fim. Ao final de um ciclo de produção, o cobre depositado será extraído (estripado) das chapas inox, com auxílio de máquinas apropriadas. Este processo permite a operação em maiores densidades de corrente (até 270 A/M^2) usando corrente contínua e redução do espaçamento entre eletrodos, aumentando assim a intensidade de operação da eletrólise.

Um número de vantagens associado a troca do processo com chapas de partida convencional com a utilização de catodos permanentes de aço inoxidável pode ser citado:

- Eliminação da repetitiva tarefa de se produzir diariamente chapas de partida, com a simplificação das operações na planta como um todo;
- Assegurar uma melhor verticalidade do catodo nas células, reduzindo os riscos de curtos-circuitos;
- A melhora da verticalidade do catodo garante a redução do espaçamento entre eletrodos, podendo-se dessa forma aumentar a produção por células, com o aumento da intensidade de corrente;
- Um menor tempo de deposição somada a maior intensidade de operação combinam-se para dar uma redução da quantidade de, cobre em processo (inventário menor);

- A mecanização, associada com o uso de chapas permanentes, permite uma maior flexibilidade operacional;
- A mecanização e redução de curtos-circuitos reduzem substancialmente homens-hora por tonelada de cobre produzido.

5. PRODUÇÃO DE 225.000 T/A DE COBRE ELETROLÍTICO EM PRC

As premissas básicas para o aumento da capacidade do refino eletrolítico da CMSA para 225.000 t/a de cobre eletrolítico, são as seguintes:

- adquirir 02 (dois) retificadores PRC (360 V-30 KA) ou 01 (um) retificador (500 V-30 KA);
- instalar mais 24 células CCP contando-se, portanto, com um total de 84 células.

O aumento do número de retiradas de grupos (3 retiradas por dia) exigirá uma movimentação muito grande na nave eletrolítica. O lay out da planta e a disposição/disponibilidade das máquinas não permitirá a retirada de três grupos nos turnos adotados atualmente (8 às 16 e 16 às 24 hs). Assim, um estudo mais detalhado poderá indicar a necessidade de se instalar novas pontes rolantes ou carro transferidor de pontes de uma ala para outra ou, fazer-se as retiradas em três turnos. Além disso, aumento da velocidade de curso longo das pontes, enquadramento mais rápido do balancim na célula e adaptação dos balancins atuais para retiradas tanto de anodos quanto de catodos se tornarão necessários para otimizar as operações de retiradas de grupos, aumentando-se desta forma a disponibilidade das pontes rolantes para manutenção corretiva e preventiva.

As máquinas de preparação de chapas de partida, lavagem e pesagem de catodo, lavagem e pesagem de sucata de anodos e de espalhamento de anodos deverão trabalhar nos três turnos. Com isso,

deverão ter manutenções corretivas mais intensivas devido ao aumento de carga de trabalho. As máquinas possuem capacidade de projeto para atender às necessidades de produção, no entanto, poderão sofrer ajustes para proporcionar maior folga operacional.

Com a utilização de 2 retificadores (360 V-30 KA), operando com um retificador para cada circuito, haverá dessa forma, uma disponibilidade de cerca de 120 volts para cada um, podendo-se atrelar mais células para produção de catodos comercial. Além disso, um retificador em DC que atenderá o circuito de chapas de partida e as células DI/DE, contará com 270 volts disponíveis para abarcar mais células. O outro retificador DC não terá nenhuma funcionalidade neste caso, a não ser que seja utilizado como stand by.

Portanto, a capacidade instalada em termos de retificadores poderá atender uma produção maior que as 225.000 t/a de cobre eletrolítico previsto. Os dados principais para a produção para este balanço estão na Tabela abaixo:

Produção	Circuito de Células	Intens. de Corrente (KA)	Densid. de Corrente (A/M ²)	Número de Células em Operação	Células Extras Necessárias	Efic. de Corrente (%)	Efic. de Tempo (%)	Ciclo Catódico (H)
225.000 t/a	CCC	26,0	329	959	-	95	95	184
	CCP	19	237	84	24	95	95	24
CCC (PRC)	DI/DE	9,5	120	32	32	85	-	96
CCP (DC)	DA	18	233	16	-	85/55	-	96

Com a utilização de um retificador (500 V-30 KA) a capacidade instalada em PRC será somente para 225.000 e mais aquela disponível nos retificadores DC, que poderão atender a uma outra ampliação.

Os barramentos deverão ser avaliados para as novas condições de

voltagem e intensidade de corrente para se evitar o superaquecimento.

Não haverá a necessidade de redimensionamento para as bombas de circulação de eletrólito e trocadores de calor do circuito comercial de células, devido a temperatura e fluxo de eletrólito nas células não se alterarem dos atuais. Para o circuito de chapas de partida, no entanto, haverá um aumento de volume de eletrólito de cerca de 40% das condições atuais. Os equipamentos de verão ser avaliados.

A purificação do eletrólito com a instalação de 32 células DI / DE e 19,5 KA na entrada das células estará dimensionada para a produção de 225.000 t/a de cobre eletrolítico. Caso seja necessário aumentar a retirada de Arsênio do eletrólito, a unidade de decoperação interna e externa poderá ser operada com a alimentação de corrente em série (19 KA) na entrada de um grupo de 8 células e não em paralelo (9,5 KA) conforme previsto. Isto aumentará significativamente a capacidade de produção nestas células. A unidade de desarseniagem provavelmente necessitará de novo dimensionamento para as bombas e linhas. A retirada de Níquel estará plenamente assegurada com a instalação de um segundo Separador.

A geração de lama anódica sofrerá um acréscimo de cerca de 40% sobre o atual. A unidade de tratamento de lama deverá ser avaliada após os trabalhos atuais para desgargamento, para verificar quais as necessidades para abarcar este aumento.

A planta de purificação de Sulfato de Níquel deverá ser reavaliada para ver se atende as novas exigências. Originalmente o projeto contemplava uma capacidade de produção de 2.500 t/a de Sulfato de Níquel Hexahidratado, porém, algumas modificações por necessidade de segurança operacional e processo, tiveram de ser feitas, reduzindo sua capacidade. No entanto, até o momento não foi possível testar a maior produção que pode ser obtida com as instalações atuais.

6. BASES PARA A IMPLANTAÇÃO DE CATODOS DE AÇO INOXIDÁVEL NA CMSA

A ampliação da capacidade do refino eletrolítico com catodos de aço inoxidável além das 200.000 t/a exigirá investimentos em novos equipamentos (retificadores, tanques, bombas, pontes rolantes, máquinas de estripagem de catodos, etc) e construção civil (edificações, novas células, etc). Caso a aplicação da técnica FRC conjugada com catodos de aço inoxidável se viabilize, os investimentos supra-citados para o aumento da capacidade de produção além das 200.000 t/a, seriam enormemente reduzidos.

Abaixo estão relacionados os parâmetros básicos para a conversão da Eletrólise para a produção de catodos a partir de chapas de aço inoxidável:

Capacidade nominal	200.000 t/a
Espaçamento de eletrodos	113 mm
Densidade de corrente	270 A/M ²
Eletrodos/Célula	43 anodos, 42 catodos
Amperagem	21 KA
Eficiência de corrente	95%
Eficiência de tempo	95%
Chapas inox em processo nas células	42.798
Quantidade de células	1.019
Ciclo catódico	7 dias
Ciclo anódico	21 dias
Peso do anodo	325 kg
Sucata de anodo	15,4%
Vazão nas células	25 l/min
Temperatura do eletrólito	65°C

Uma máquina de estripagem de catodos terá que ser adquirida e deverá ter capacidade para 500 chapas de cátodo por hora. A capacidade atual das máquinas de anodo e de sucata de anodo são suficientes. A máquina de preparação de anodos que está sendo adquirida será muito útil para a obtenção da eficiência de corrente desejada.

As pontes rolantes deverão ter suas velocidades de curso longo aumentadas para atender a alta movimentação nas retiradas de produção e manter a eficiência de tempo em 95%.

Os barramentos e isoladores existentes nas células são adequados. Com a relação anodo/cátodo alterada será necessário rearranjar os barramentos intermediários e trocar os barramentos extremos das células.

Os barramentos de condução de corrente até as células não precisarão ser trocados, por já estarem suficientemente dimensionados para a capacidade máxima dos retificadores atuais.

Para purificação do eletrólito poderão ser usadas as células do circuito comercial para a decoperização interna e externa ou construir um novo grupo de células, a exemplo do que foi relatado para PRC.

A unidade de tratamento de lama anódica conta hoje com um projeto de desgargalamento que aumentará sua capacidade de lixiviação e cementação de telúrio. A geração de lama anódica deverá aumentar em cerca de 25%. Após a implantação das modificações, para o desgargalamento, será necessário fazer-se uma avaliação da nova capacidade da planta, para ver se atenderá ou não as novas exigências.

A planta para a purificação do Sulfato de Níquel impuro gerado na extração de Níquel do eletrólito atenderá a ampliação para 200.000 t/a de cobre eletrolítico.

7. COMENTÁRIOS

A adoção de uma ou outra técnica para o aumento da capacidade do refino eletrolítico da CMSA, dependerá de uma análise dos custos de investimento e custos operacionais. Além disso, uma projeção de mercado de cobre terá que ser feita, com muita segurança, com o objetivo de se poder decidir qual processo dará melhores condições para uma outra eventual ampliação.

REFERÊNCIAS

- 1 - Lindstrom, R.; Walden, S. Reverse Current Copper Electrolysis, International Symposium Hidrometallurgy, Sweden, 1973.
- 2 - Worz, H.; Wobking, H. - The periodic current reversal (PRC), process in the Csepel works, Hungary.
- 3 - Fisher, K.G.; Hughes, R.G. - Application of periodic current reversal (P.R.C.) To electrolytic copper refining at Bafulira, Institution of Mining and Metalurgy, Volume 89, 1971.
- 4 - Hopper, J.R. - The ISA Process, Mining Magazine, Vol 149, No 1, July 1987.