

A USINA DE ZINCO ELETROLITICO DA COMPANHIA BRASILEIRA DO ZINCO, EM UTINGA, SÃO PAULO, E OS PROBLEMAS DE DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO DE ZINCO NO BRASIL (1-3)

Dr. Eng. Francisco Somló (2)

RESUMO

Após descrever de uma maneira geral os processos de produção de zinco e mais particularmente o processo eletrolítico, o autor estuda a sequência clássica das operações nas usinas estrangeiras. Mostra depois as dificuldades de adaptação da sequência clássica a uma usina que viesse a ser estabelecida no Brasil, sobretudo em consequência da limitada capacidade inicial. A usina da Companhia Brasileira do Zinco, em Utinga São Paulo foi completamente remodelada para a produção de 1.800 a 2.000 t/ano de zinco eletrolítico, constituindo a primeira usina do país. A usina utilizará concentrados importados, uma vez que não existe ainda produção de minérios de zinco no Brasil; aproveita como sub-produto ácido sulfúrico a partir dos gases de ustulação. O autor estuda finalmente em detalhe as dificuldades que decorrem da escala de produção e principalmente dos elevados direitos alfandegários a que estão sujeitos os concentrados. Salienta por fim a importância que representa a usina não só no abastecimento parcial das necessidades brasileiras de zinco como também por constituir um mercado para minérios de zinco que possam vir a ser obtidos no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Depois do cobre, cuja produção mundial é da ordem de 2.300.000 t/ano, o zinco ocupa ainda o lugar mais importante na produção e uso

- (1) Trabalho a ser apresentado ao 8.º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, C.T. n.º 196, São Paulo, SP., 21 a 26 de julho de 1952.
- (2) Membro ABM; Diretor do Centro de Estudos, Laminação Nacional de Metais, Gerente Técnico da Companhia Brasileira do Zinco; São Paulo, SP.
- (3) A Secretaria da Associação Brasileira de Metais deseja receber discussões sobre este trabalho. Preferivelmente, a discussão poderá ser apresentada pessoalmente durante o 8.º Congresso Anual, São Paulo, 21 a 26 de julho de 1952. A discussão poderá também ser enviada por escrito (duas vias) à Secretaria da A.B.M. O prazo para apresentação das discussões escritas é 15 de agosto de 1952.

dos metais não-ferrosos. A produção do mundo ocidental é aproximadamente a seguinte:

Estados Unidos	850.000 t
Canadá	300.000 t
Austrália	100.000 t
Europa Ocidental	200.000 t
México e América do Sul e outros	150.000 t
	<hr/>
Total	1.600.000 t

O emprêgo mais importante do zinco (pelo menos a se julgar pelas estatísticas de consumo dos Estados Unidos, maior consumidor mundial de zinco) é a galvanização de ferro a quente e eletroliticamente. O segundo emprêgo é para peças fundidas sob pressão de ligas de zinco, as quais utilizam zinco de grande pureza; vem depois os consumos para produção de latões e bronzes, depois para zinco laminado; o restante vai para produção de óxido de zinco para tintas e para produtos químicos.

O consumo de zinco no Brasil foi recentemente avaliado em torno de 24.000 t, estando incluídos nesse total, além dos lingotes, os produtos acabados e semi-acabados contendo zinco.

A essa importação anual de cerca de 24.000 t de zinco corresponde uma exportação de divisas de US\$ 17.000.000, equivalente a 340.000.000 de cruzeiros.

É sabido que são extremamente limitados os recursos brasileiros em minérios de zinco. As principais ocorrências são as jazidas da região de Apiaí, Estado de São Paulo, e de Januária, Estado de Minas Gerais; existem ocorrências de menor importância no Estado do Rio Grande do Sul. Nenhuma dessas jazidas entretanto foi estudada de forma a poder ser explorada para o abastecimento de concentrados de zinco.

Os minérios de zinco necessitam geralmente de concentração prévia, principalmente por flutuação (frequentemente seletiva) e mais recentemente por utilização do processo «Sink-and-float»: Os concentrados têm geralmente composição entre os seguintes limites: 45 a 62 % Zn, 20 a 34% S, 2 a 8% Fe, 0 a 4% Pb e 0 a 10% SiO₂. Além disso as seguintes impurezas devem ficar limitadas a determinados valores: arsênico, antimônio, bismuto, selênio, telúrio, cobre, cádmio, cobalto, níquel, índio, germânio, cloro e fluór.

Muito frequentemente os concentrados de zinco contêm metais preciosos, prata principalmente, cuja concentração atinge muitas vezes o valor de 500 g/t; certos minérios, além de ouro, contêm metais do grupo da platina, paládio e ródio.

Algumas minas do mundo produzem concentrados complexos, de alto teor em chumbo ou em cádmio. Tais concentrados exigem tratamentos especiais, os quais são realizados em algumas usinas européias e norte-americanas.

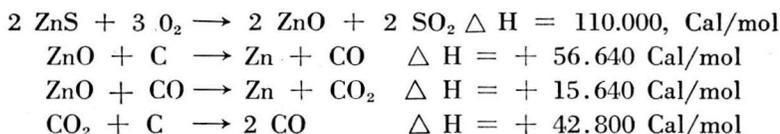
2. GENERALIDADES SÔBRE OS PROCESSOS METALÚRGICOS PARA OBTENÇÃO DE ZINCO

Os processos metalúrgicos para produção de zinco se enquadram em dois grandes grupos: 1 — Processos de redução e destilação; 2 — Processos eletrolíticos.

Os processos de redução fornecem um metal impuro, contendo de 96 a 98 % de zinco; muito embora a esses tipos de zinco correspondam diversas aplicações, a tendência do desenvolvimento da indústria do zinco é no sentido de produzir metal de pureza muito mais elevada, e que por isso, encontra muito maior campo de utilização. Assim vem perdendo gradativamente de importância os processos de redução ao mesmo tempo que aumenta a produção de zinco pelos processos eletrolíticos.

Para a redução do zinco, é necessário previamente ustular os concentrados. A redução é realizada em retortas, nas quais é feita a carga de uma mistura de carvão com o ustulado. Tais fornos trabalham em temperaturas entre 1100 e 1300°C, a primeira temperatura no início e a segunda no fim do ciclo.

As reações principais do processo são as seguintes:



O zinco reduzido é volatilizado e condensado em condensador ligado a retorta, do qual é retirado e ulteriormente fundido em lingotes.

O zinco bruto assim obtido corresponde aos tipos «spelter», «Prime Western» e «Brass-special», os quais ou são vendidos a consumidores ou são novamente refinados para obtenção de um metal mais puro.

Os processos eletrolíticos constituem o segundo grupo de processos para a obtenção de metal. Foram introduzidos na indústria há cerca de 40 anos. Ver-se-á, no decorrer deste trabalho que o processo eletrolítico representa interesse muito maior para o Brasil do que os processos de redução em retortas.

As primeiras tentativas de obtenção de zinco eletrolítico baseavam-se na decomposição de soluções contendo cloreto de zinco ou eletrolizando cloreto de zinco fundido. Em virtude das dificuldades encontradas, o processo se orientou para eletrólise de soluções de sulfato de zinco de grande pureza; os processos atuais utilizam esse princípio.

A grande vantagem do processo eletrolítico reside em se obter o metal diretamente (sem outras etapas de piro-metalurgia, como acontece no caso da produção de cobre a partir de concentrados de minérios sulfuretos) e com grande pureza (acima de 99,9 %). Por outro lado,

o processo eletrolítico é de difícil realização, uma vez que as soluções para a eletrólise devem possuir grande pureza. Outra exigência precípua desse processo reside na necessidade de se dispor de energia elétrica abundante e a preço relativamente baixo, uma vez que a produção de uma tonelada de zinco eletrolítico requer pouco menos de 4.000 kWh.

Em virtude do interesse que representa para o Brasil o processo eletrolítico, convém descrever, em linhas gerais, suas etapas principais, desde a ustulação prévia até a obtenção dos catodos de zinco.

A primeira fase do processo é a ustulação da blenda, baseada na mesma reação já examinada.



A segunda fase (e que compreende na realidade diversas etapas intermediárias) é a lixiviação do óxido de zinco do ustulado por ácido sulfúrico diluído retornado das células e a purificação da solução obtida. A reação principal de lixiviação é:



Na terceira e última fase, a solução de sulfato de zinco é submetida a ação da corrente elétrica contínua, separando-se sobre o catodo (geralmente de alumínio) o zinco puro, e regenerando-se sobre o anodo insolúvel (geralmente de chumbo) o ácido sulfúrico. Este é recirculado para a lixiviação de novas cargas do ustulado. A decomposição do sulfato de zinco da solução corresponde a seguinte reação:



Estas fórmulas simples, que lembram lições de química elementar, na prática, e sobretudo na prática industrial, escondem uma série de obstáculos e dificuldades, que explicam porque o processo eletrolítico de obtenção do zinco teve de aguardar a segunda década deste século para ser utilizado na grande indústria mundial. Após as primeiras experiências em escala industrial, surgiram, simultaneamente em 1914 as duas usinas piloto de Anaconda, da Anaconda Copper Company (e logo depois a usina de Great Falls, dessa mesma companhia) e a usina experimental de Trail, Columbia Britânica, Canadá, da Consolidated Mining and Smelting Company of Canada.

Descrevem-se agora em linhas gerais as principais etapas do processo.

1. Ustulação dos concentrados de zinco

A ustulação dos concentrados de zinco é feita nos fornos de patares, constituídos essencialmente de diversas soleiras anulares superpostas, formando um corpo cilíndrico cujo eixo vertical é ocupado por

um eixo movel, resfriado por água, por ar comprimido ou por vapor, ao qual se acham presas, por meio de braços, as pás que movimentam continuamente o minério sôbre cada uma dessas soleiras. O minério é carregado em cima, por meio de um elevador, no primeiro patamar de secagem, e na sua descida, é encaminhado pelas pás em contato com os gases existentes, ora do centro para periferia ora da periferia para o centro, na soleira imediatamente inferior. Esses fornos são conhecidos pelos nomes de seus diversos projetos: Wedge, McDougall, Herreshoff e Kaufmann. Ao atingir a última soleira o concentrado deverá estar ustulado.

Visto como o teor de enxôfre das blendas não fornece pela sua combustão uma quantidade de calor que permita manter as temperaturas no forno, há necessidade de queimar nos patamares inferiores um combustível auxiliar, gás natural óle atomizado ou carvão pulverizado.

A fig. n.º 1 indica o andamento da ustulação de um concentrado de 55,6 % de zinco e 29 % de enxôfre em um forno Wedge de 7 pata-

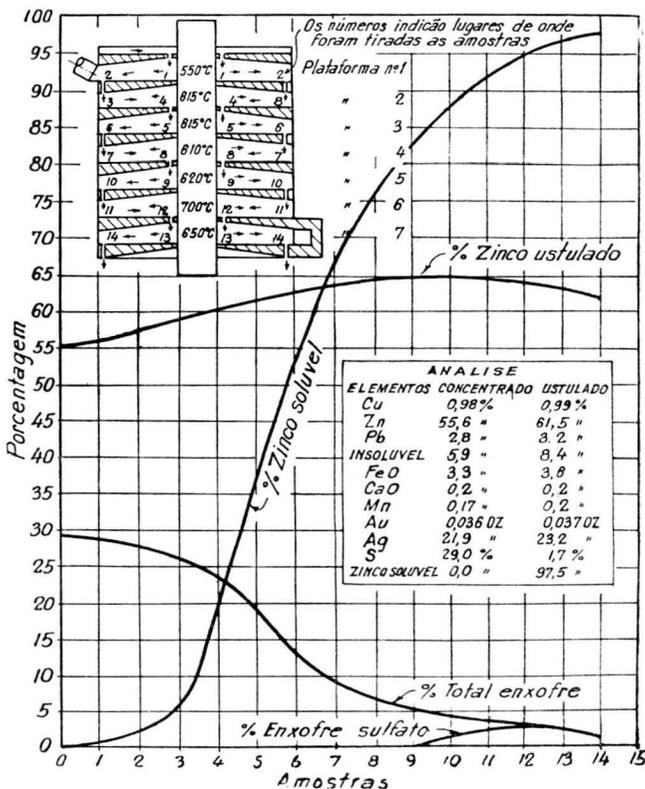
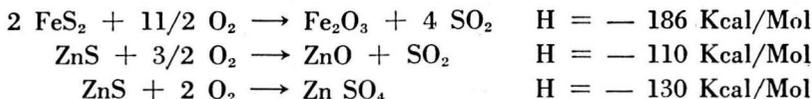


Fig. 1 — Variação da composição da carga na ustulação de um concentrado de blenda. (Vide ref. (1)).

mares. Esse gráfico é expressivo e indica as temperaturas como na realidade dificilmente se consegue reproduzir (1).

O processo é bastante complexo. As reações de ustulação da piritita e da blenda são muito exotérmicas:



Por isso se torna extremamente difícil regular as temperaturas nas diversas regiões do forno. As reações têm a tendência de se desenvolverem tumultuariamente, logo abaixo das primeiras plataformas, tendendo assim a se elevar além do nível necessário e desejável. Prevalecendo tais temperaturas elevadas, verifica-se a formação do composto $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, chamado indistintamente ferrito ou ferrato de zinco. Esse composto é insolúvel em solução diluída de ácido sulfúrico, mesmo se a quente.

Assim, todo o ferrato de zinco formado corresponde a uma perda total de zinco, pois que permanece esse composto nos resíduos finais da lixiviação.

Por outro lado para evitar a formação do ferrato, a manutenção de temperaturas não superiores a 750°C determina ustulação parcial da blenda; em consequência, o ustulado final produzido em tais condições de temperatura tende a possuir elevado teor de ZnS , o qual, por ser também insolúvel na solução de ácido, determina perdas de zinco no processo.

Outras dificuldades ocorrem no processo de ustulação em consequência da sinterização parcial dos grânulos da carga e da necessidade de manutenção de uma composição dos gases contendo SO_2 dentro de uma determinada faixa de composições, afim de que tais variações não decorram dificuldades para sua ulterior transformação em ácido sulfúrico. Tudo isso faz com que a operação de ustulação constitua de fato uma operação bastante delicada, da qual depende em boa parte o êxito das demais operações de produção de zinco eletrolítico.

Convém observar agora que, para eliminar senão todas porém a maior parte das dificuldades mencionadas, a técnica tem progredido no sentido de fornecer ao metalurgista do zinco novos recursos, os quais se acham presentemente em vias de serem utilizados de forma generalizada, também para a ustulação de blendas e de minérios similares. Tais novos processos são conhecidos por diversos nomes, devidos aos seus construtores: «Flash-Roasting», «Wilbelschicht-Roester», «Fluo-Solids Roasting» etc. Todos esses processos utilizam em linhas gerais o mesmo princípio: os concentrados são introduzidos no forno juntamente com os gases auxiliares de combustão em uma única plataforma com a forma de grelha, na qual, por diversos meios auxiliares, se consegue ustular com grande rapidez cada fragmento de concentrado; esses processos permitem uma estreita manutenção de temperatura, a qual é vantajosa pelas razões já expostas.

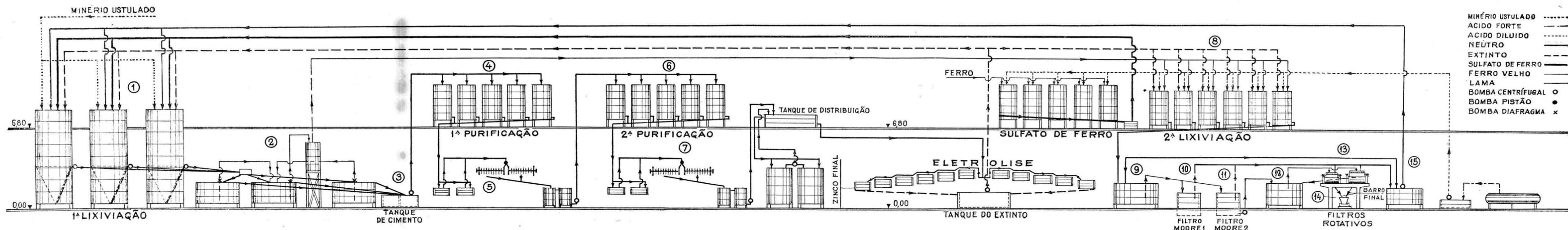


Fig. 5 — Esquema das operações da usina eletrolítica da Companhia Brasileira de Zinco, Utinga, São Paulo.

armado) com a parte inferior cônica. A agitação da suspensão do ustulado no ácido sulfúrico é feita nesses aparelhos por meio de descarga de ar comprimido. Existem porém agitadores nos quais a agitação é assegurada por processos mecânicos.

A solução neutra de sulfato de zinco passa em seguida em espessadores de forma e capacidade apropriados. O efluente de tais espessadores, com ou sem prévia filtração, é encaminhado em seguida a segunda etapa de purificação. A finalidade dessa purificação é a separação dos metais pesados contidos na solução neutra de sulfato de zinco, principalmente de cobre e de cádmio, ambos muito nocivos para a eletrólise. A precipitação dessas impurezas é feita em tanques, geralmente cilíndricos, de madeira ou de concreto armado, de volume individual entre 10 e 20 % do volume dos Pachucas precedentemente mencionados, e munidos de agitadores mecânicos.

Nestes purificadores se adiciona pó muito fino de zinco puro, que determina a precipitação do cobre e do cádmio, obtendo-se um precipitado, na filtração, desses metais; o cádmio constitui um importante sub-produto das usinas de zinco eletrolítico.

A solução assim purificada e praticamente isenta de cobre e de cádmio, é assim filtrada, geralmente em filtros-prensa.

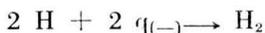
A purificação pode ser repetida, ou ser complementada por processos especiais de purificação, mais recentemente introduzidos na técnica corrente, utilizando-se « α -nitroso- β -naftol», ou «beta-naftol» e nitrito de sódio, que eliminam os últimos traços de ferro, cobre, cádmio, cobalto e níquel. O cobalto, especialmente, deve ser cuidadosamente eliminado (a sua presença além de 0,2 mg/l, impede a obtenção do zinco eletrolítico); o uso desses reagentes orgânicos obvia os inconvenientes da utilização de hidrogênio sulfurado na remoção de cobalto e de níquel, sob a forma de seus sulfuretos, resultantes da grande toxidez do H_2S .

Os líquidos assim purificados e convenientemente controlados estão agora em condições de serem encaminhados às células eletrolíticas.

3. *Eletrólise das soluções de sulfato de zinco*

Convém mencionar, em primeiro lugar, uma importante irregularidade do zinco com referência às leis clássicas da eletro-química, e irregularidade esta que torna possível a separação catódica do zinco em ambiente ácido de ácido sulfúrico.

Observando a série das tensões dos elementos eletro-positivos, constata-se que o zinco se acha acima do hidrogênio, e portanto possui um potencial negativo com referência ao hidrogênio. De acordo com essa posição teórica, no catodo deveria sempre ter lugar a seguinte reação:



Infelizmente, no momento atual, quasi todos os processos mencionados têm ainda diversas limitações quanto a sua aplicação, principalmente para os casos de minérios de zinco e de cobre. Por isso alguns anos serão provavelmente necessários até que possam vir a substituir os fornos de patamares.

2. *Lixiviação do ustulado*

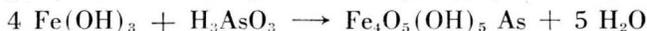
A segunda fases da metalurgia eletrolítica do zinco, sem dúvida a mais complexa, constitui a lixiviação do ustulado e a subsequente purificação das soluções dela resultantes.

As complexidades do processo podem ser bem compreendidas se se considerar que, no ustulado, apenas 55 e 75 % corresponde a óxido de zinco, o complemento correspondendo a outros óxidos e a sulfatos solúveis em ácido sulfúrico; o teor de insolúveis, sílica e outros, raramente atingem 10 %.

Dentre os constituintes do ustulado, o ferro, o arsênico, o antimônio, o bismuto, o cobalto, o níquel, o cobre, o cádmio e o manganês, bem como seus sais, sulfatos, cloretos e fluoretos, são todos solúveis em ácido sulfúrico quente. Os constituintes insolúveis são representados pelo chumbo, estanho e prata, além de sílica, cálcio e magnésio.

A eliminação das impurezas nocivas á eletrólise é feita em duas etapas distintas:

1. Na primeira fase da solubilização do zinco contido no ustulado, e uma vez atingida a completa neutralidade da solução, todo o ferro deve se precipitar sob a forma de hidróxido férrico. Êste hidróxido, quando precipitado em volume, condições e forma apropriadas, determinará simultâneamente a insolubilização do arsênico e do antimônio, bem como de parte do bismuto se presente em traços mínimos, segundo as seguintes reações:

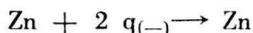


Essas reações mostram a importância do contrôle dos teores de ferro e de manganês na primeira fase da lixiviação. Muitas vêzes, como geralmente acontece, há necessidade de se acrescentar ferro (sob a forma de sulfato de ferroso) e de óxido de manganês ao minério ustulado.

Após a primeira fase da lixiviação a solução deve estar praticamente isenta de arsênico e de antimônio, bem como de ferro, cuja presença é também indesejável nas etapas subsequentes do processo.

Os aparelhos em que são realizadas as reações de lixiviação variam de usina a usina. Os mais comuns entretanto são os chamados «agitadores Pachuca», originados no México, constituídos essencialmente por grande recipiente cilíndrico (em madeira e mais raramente em concreto

em lugar da reação



A segunda reação é que tem lugar.. Esse comportamento irregular do zinco, bem como de alguns outros cations, com referência a série das tensões, baseia-se em um fenômeno catalítico (ou melhor, nesse caso, anti-catalítico) que se chama sobre-tensão.

Considerando em uma célula eletrolítica um catodo de zinco em uma solução de ácido sulfúrico, para que esse se separe do hidrogênio deve ser aplicado uma tensão maior do que a que corresponderia à fórmula de Nernst para o potencial de descarga:

$$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \cdot \ln C$$

Esta tensão a mais a ser aplicada para que o ion hidrogênico possa se descarregar sobre o catodo (no caso presente de zinco), chama-se sobre-tensão.

No caso prático do zinco a intensidade da sobre-tensão depende de vários fatores, dos quais os principais são: 1 — natureza do catodo; 2 — estrutura da superfície do catodo; 3 — densidade da corrente; 4 — temperatura do eletrólito; 5 — presença no eletrólito de outros metais e compostos, e — distância entre os eletrodos.

Na prática utilizam-se geralmente catodos de alumínio; estes apenas imersos na solução de sulfato de zinco, se recobrem de um delgado filme de zinco metálico. Em seguida estes catodos se comportam como se fossem constituídos de catodos de zinco, decorrendo da sobre-tensão do hidrogênio a possibilidade de ulterior deposição do zinco, de acordo com as demais condições mencionadas.

Compreendida dessa forma a importância da sobre-tensão do hidrogênio em relação ao zinco, fator fundamental que governa todo o processo eletrolítico, decorre que todos os demais fatores devam ser regulados de forma que essa sobre-tensão seja mantida positiva, evitando-se mesmo que possa baixar a valores próximos de zero, quando diversos fenômenos modificam o funcionamento das células. Isso se verifica, dentre outros, nos seguintes casos: 1 — a concentração de zinco no eletrólito cai abaixo de certos valores (o valor crítico dependendo por sua vez de outros fatores); 2 — a concentração do ácido sulfúrico atinge uma determinada concentração superior; 3 — a densidade de corrente seja muito baixa; 4 — a temperatura do eletrólito exceda um determinado valor; e 5 — existam em solução elementos ou compostos que reduzam o valor da sobre-tensão.

A tensão efetiva aplicada aos eletrodos para a deposição eletrolítica do zinco dependerá por sua vez dos mesmos fatores principais que

governam também a sobre-tensão, tais como a distância dos eletrodos entre si, a concentração e acidez do banho, natureza dos contactos, idade do banho, concentração de lama, densidade da corrente e temperatura do banho.

Admitindo que a tensão de decomposição teórica do sulfato de zinco seja de 2,45 V, a tensão efetiva entre as barras ficará compreendida entre 3,4 e 3,6 V. Em consequência o consumo efetivo de energia dependerá dos fatores anteriormente mencionados. Teoricamente, segundo a lei de Faraday, 1 ampere-hora pe, deveria depositar 1,2193 g de zinco. Na prática, além da energia correspondente da decomposição do sulfato de zinco, existem diversas causas de consumo suplementar de energia, as quais somadas, aumentarão sensivelmente o consumo de energia para a obtenção do metal. Não cabendo neste trabalho entrar em maiores detalhes, basta aqui mencionar que o rendimento da corrente depende da concentração de zinco e de ácido sulfúrico livre (sendo proporcional a esses valores) e da densidade de corrente, da temperatura do banho e das impurezas dissolvidas ou em suspensão no eletrólito (inversamente proporcional a essas grandezas). Além, disso depende obviamente do espaçamento entre os eletrodos e das resistência de contacto no circuito de alimentação, bem como de perdas de corrente descarregadas á terra por falta de isolamento. O consumo teórico de energia para a deposição de 1.000 kg de zinco, na base da tensão teórica de 2,45 V e do equivalente eletro-químico de 1,2193 g/A-h, seria de 2.009 kWh. Na prática e pelas razões mencionadas o consumo se situa entre os limites de 3.000 e 4.500 kWh, correspondendo assim o rendimento de corrente a valores compreendidos entre 45 e 70 %.

A fig. n.º 2 reproduz as experiências de Hansen (2) de consumo de energia em função da densidade da corrente e da concentração de ácido sulfúrico.

Na prática não convém trabalhar nas condições ideais, que correspondem acerca de 100 A/m² e 40 a 80 g/l de H₂SO₄ livre. Em tais condições as instalações resultariam excessivamente grandes e exigindo em consequência investimentos de grande magnitude em usinas cuja capacidade oscila entre os limites de 50 a 600 t/dia de zinco eletrolítico. Nas instalações clássicas as densidades corrente ficam compreendidas entre 300 e 400 A/m²; em algumas instalações modernas, projetadas levando em conta outras variáveis, as densidades vão de 750 a 1100 A/m². Dessa forma se consegue um vantajoso compromisso entre a maior capacidade produtiva por unidade de volume das celulas e o menor rendimento elétrico do processo.

Para concluir estas observações, convém lembrar que nas usinas eletrolíticas de zinco se usam celulas simples ou múltiplas, de madeira ou de concreto, com ou sem revestimento de chumbo, com catodos de alumínio puro e anodos de chumbo; em algumas usinas empregam-se anodos de liga chumbo-prata, com determinados teores de estanho e de cobre.

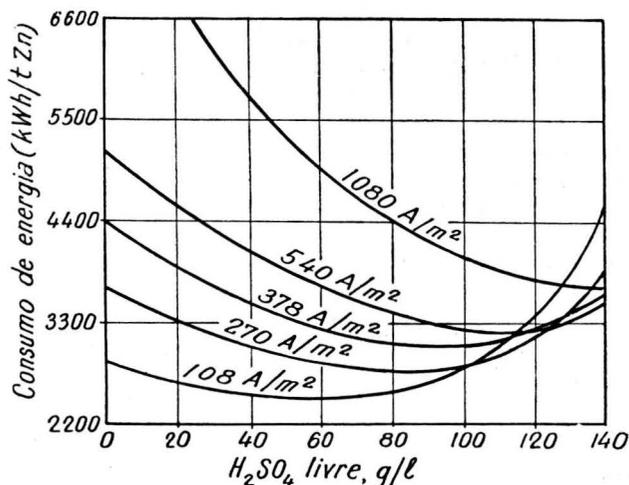


Fig. 2 — Variação de consumo de energia em função da densidade de corrente e da concentração de ácido sulfúrico no banho. (Vide ref. (2)).

Em cada grupo de células alimentado por uma fonte correspondente de corrente contínua (nas instalações mais antigas, por grupos motor-gerador, e nas instalações mais modernas por retificadores de vapor de mercúrio ou retificadores mecânicos) as células são sempre ligadas em série, enquanto que os eletrodos (anodos e catodos) que fazem parte de cada célula são por sua vez ligados em paralelo a uma mesma barra alimentadora. O número e as dimensões das células e dos eletrodos de cada célula dependerão da capacidade de produção desejada e das características dos geradores disponíveis.

Quando a espessura do zinco atinge certos limites (em função das condições adotadas, entre 0,4 e 2 mm conseguido em 10 a 48 horas) os catodos são retirados das células, arrancando o catodo de zinco do catodo de alumínio.

A pureza dos catodos de zinco é bastante elevada e o metal satisfaz os requisitos para quasi todos os seus empregos; por razões de ordem prática são os catodos fundidos e vazados em lingotes. A fusão é feita geralmente em fornos de reverbero, aquecidos por combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos; afim de facilitar a separação da escória usa-se adicionar à carga fundida cloreto de amônio. Recentemente em lugar dos fornos de reverbero estão sendo utilizados fornos elétricos de indução de baixa frequência. Durante a fusão há uma perda inicial de 2 a 5 % na escória. Refundida porém essa escória e aproveitado o metal presente, a perda total não passa de 1,5 % de zinco, quanto aos lingotes obtidos em relação ao peso dos catodos carregados.

A pureza do zinco eletrolítico em lingotes é em geral superior a 99,9 % e em usinas modernas atinge consistentemente a pureza extraor-

dinária de 99,998 %. As impurezas presentes são: chumbo (0,04 % máximo), cádmio (0,02 % máximo), ferro (0,01 % máximo) e cobre (0,005 % máximo).

Existe uma utilização industrial de zinco que exige uma pureza ainda mais elevada no metal: o caso do zinco utilizado para a produção das ligas (Zamak) para obtenção de peças fundidas sob pressão. Tais ligas exigem um tipo especial de zinco, de maior pureza ainda, afim de ser evitada uma corrosão inter-cristalina, determinada por certas impurezas metálicas ainda que em concentrações extremamente baixas. Para obter êsse tipo especial de zinco eletrolítico super puro, o zinco eletrolítico obtido é ulteriormente retificado em distiladores verticais sob elevado vácuo; dessa forma se obtém um zinco cujo conteúdo total de impurezas não atinge 0,001 %.

3. SEQUÊNCIA CLÁSSICA DAS OPERAÇÕES DE UMA USINA ELETROLÍTICA

Esclarecidas em linhas gerais as bases em que se apoiam a obtenção do zinco eletrolítico, convém agora estudar a sequência das operações em uma usina clássica. A fig. n.º 3 mostra a sequência das operações.

O esquema ilustra sòmente de forma aproximada a sucessão das operações; muitas dessas etapas são realizadas em uma série de aparelhos, convindo por isso notar que o esquema é simplificado.

A maior parte das operações é realizada nas grandes usinas de forma contínua. Assim, a lixiviação, tanto na etapa neutra como na etapa ácida, é realizada em bateria de 6 a 8 Pachuca em série. Nessas condições decorre grande mecanização, uniformidade das operações, simplicidade de contrôle e consequente utilização de uma mínima mão de obra. Igualmente a purificação também pode ser realizada em bateria de agitadores ligados em série; entretanto considerando a conveniência de um rigoroso contrôle nessa fase, mesmo as grandes usinas, porém não todas, empregam o processo de cargas isoladas («Batch process»). As filtrações, seja dos líquidos purificados, seja das polpas da segunda lixiviação, são sempre contínuas nas grandes usinas. Finalmente nas grandes usinas, que dispõem de 150 células em série por grupo e 5 grupos em funcionamento contínuo, como é o caso de Great Falls, fica evidentemente simplificada a operação e a racionalização dos trabalhos.

Como em todos os processos de técnica moderna, também a produção eletrolítica de zinco tem limites econômicos de produção, abaixo dos quais os custos de produção se elevam a níveis não mais competitivos. Nos Estados Unidos e no Canadá o limite inferior de capacidade deve estar atualmente compreendido entre 200 e 300 t de zinco por dia (durante a guerra passada Great Falls atingiu o record de quasi 600 t/dia); na Europa possivelmente a menor unidade econômica deverá ser da ordem de 70 a 80 t/dia.

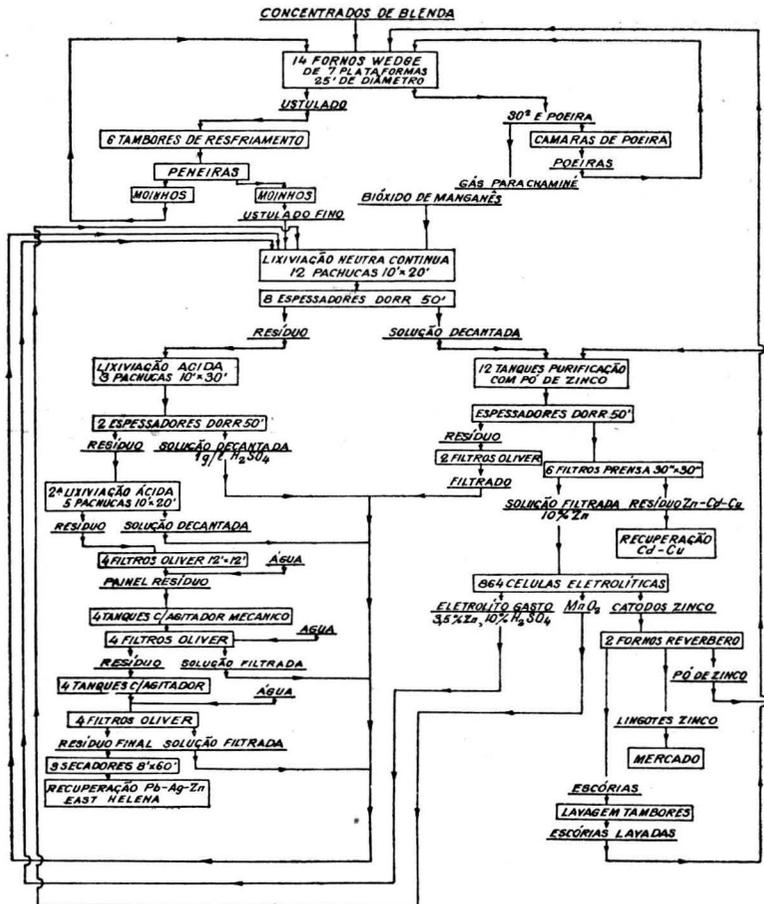


Fig. 3 — Sequência das operações da usina eletrolítica de zinco de Great Falls, Montana Estados Unidos da América do Norte.

Como índice da influência da escala sobre o custo da operação, em Great Falls a mão de obra total empregada, inclusive a de manutenção e de controle equivale a cerca de 0,2 homem-dia por tonelada de zinco produzida; em uma usina muito menor, de cerca de 10 t/dia a mão de obra será de 5 a 6 homens-dia por tonelada de zinco. Além dessas considerações, as usinas pequenas ficam também oneradas pelos maiores custos relativos das instalações, pela maior parcela das despesas de manutenção e finalmente do «overhead».

Compreende-se assim a justificativa de uma determinada escala mínima econômica, cuja subestimação constitui sempre tarefa difícil e perigosa.

4. DIFICULDADES DE ADAPTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES DOS PROCESSOS CLÁSSICOS NO BRASIL E A SOLUÇÃO ADOTADA PELA USINA DA COMPANHIA BRASILEIRA DO ZINCO

A descrição precendentemente feita permite compreender as imensas dificuldades e sacrifícios com que se defrontaram os pioneiros brasileiros na construção e na operação de uma usina eletrolítica de zinco.

Durante a guerra passada, e numa quadra de aguda escassez desse metal para as necessidades do país, foi construída em Utinga, São Paulo, uma usina de zinco, originalmente prevista para a produção de três toneladas por dia. Apesar das imensas dificuldades que lutou a iniciativa para a obtenção, durante a guerra, do equipamento necessário, a fábrica funcionou de 1942 até 1950 (depois de, praticamente, com os mesmos meios, haver aumentado a produção até 160 t/mês). A instalação foi parada naquela data para eliminar as maiores deficiências observadas durante a presente fase de funcionamento, e para recolher os dados de tôdas as experiências afim de melhorar, seja a sequência das suas operações originariamente previstas, seja para a racionalização de trabalho, e não por último, para aumentar a sua capacidade produtiva. Assim, foram efetuadas no período de 1951 a 1952, as obras de reconstrução e modernização de tôdas as instalações relativas, seja referentes à produção de ácido sulfúrico, como à de zinco eletrolítico.

A instalação de ustulação e a fábrica de ácido sulfúrico foi completada com um precipitador eletrostático, tipo «Cottrell», de 45.000 V e mecanizadas tôdas as operações. Quanto à usina pròpriamente dita, sofreu ela radicais modificações. Após cuidadosos estudos, foi conseguida uma nova sequência de operações; muito embora utilize grande parte do aparelhamento existente, as operações deverão vir a se tornar bem mais eficientes e econômicas. Tanto quanto possível, a sequência das operações foi projetada de fôrma a seguir a sequência clássica. Nessas condições, em lugar da lixiviação simples («single leach») anterior foi modificada a usina para a lixiviação dupla («double leach»); assim, os ustulados são tratados inicialmente em presença de grande excesso de minério com parte da solução ácida das celas (chamada: «extinto»); os resíduos da lixiviação neutra vão ao circuito da lixiviação ácida e as soluções filtradas desta, com as lavagens das lamas, voltam por sua vez ao circuito da lixiviação neutra; em ambos os casos, utilizou-se o sistema descontínuo ou de descargas isoladas, uma vez que dificilmente, poderia ser utilizado o sistema contínuo, dada a pequena capacidade da usina.

Em segundo lugar, foi eliminada a filtração do licôr de lixiviação, etapa que no passado constituíra extraordinária dificuldade prática por exigir enorme mão de obra. Assim, foram modificados e incorporados à sequência das operações espessadores do tipo «Dorr». Esses

espessadores podem trabalhar tanto em paralelo como em série, tanto para a primeira como para a segunda lixiviação.

A etapa de purificação foi também radicalmente modificada. Em lugar de purificação simples, de uma única etapa, e que nunca fôra eficiente (em virtude de reversão do cádmio já precipitado, por oxidação do metal nos filtros-prensa) foi agora adotada a purificação dupla, permitindo assim maior eficiência, maior capacidade, melhor controle das operações e economia de pó de zinco na precipitação do cobre e do cádmio.

O transporte das lamas, anteriormente dependente de bombas que exigiam contínua e onerosa manutenção, foi agora modificado de forma a ser feito com o auxílio de vácuo; êste sistema é muito eficiente e sua manutenção é muito pequena.

As lamas da segunda lixiviação serão agora filtradas e lavadas por cargas descontínuas, em dois filtros «Dorr», em lugar do único filtro antigamente disponível. Dessa forma será melhorada a recuperação do ácido e das águas de lavagem, bem como a do zinco solúvel, retidos na lama.

Finalmente, na sala das células, além de numerosos aperfeiçoamentos para diminuir a resistência dos contactos, o isolamento das células e das barras de alimentação da corrente, e melhorar a alimentação da solução neutra, foi instalado um sistema de monorails com talhas elétricas para a retirada de grupos de 10 catodos de cada vez. Todos os aperfeiçoamentos introduzidos deverão permitir grande simplificação nas operações, diminuindo a mão de obra e facilitando a retirada por arrancamento dos depósitos de zinco sobre os catodos de alumínio. Em lugar de 3 grupos de 36 células, a usina dispõe hoje de 4 grupos de 30 células. Nessas condições, um grupo pode ficar fora de circuito para atender à sua manutenção, sem que venha a ser afetada a capacidade de produção.

5. A SEQUÊNCIA DAS OPERAÇÕES NA NOVA USINA DE ZINCO DA COMPANHIA BRASILEIRA DO ZINCO

A fig. n.º 4 ilustra a sequência das diversas operações da nova usina de zinco eletrolítico da Companhia Brasileira do Zinco, em Utinga, São Paulo.

Em «1» estão representados 3 agitadores Pachuca de 45 m³ cada um, munidos de silo de concentrado ustulado alimentado por meio de elevador contínuo. Um dosador montado em monorail permite introduzir nesses agitadores uma carga determinada de ustulados a serem lixiviados. A solução ácida é composta em parte pelo eletrólito de volta das células, e em parte, pelas águas de lavagem da chamada «segunda lixiviação». A agitação, indispensável para boa extração do zinco solúvel é assegurada pela descarga de ar comprimido, fornecido por um compressor acionado por motor de 150 HP sob pressão de 0,14 a 0,22 kg/cm² (25 a 30 lb/pol²) e que aspira cerca de 180 m³/min de ar.

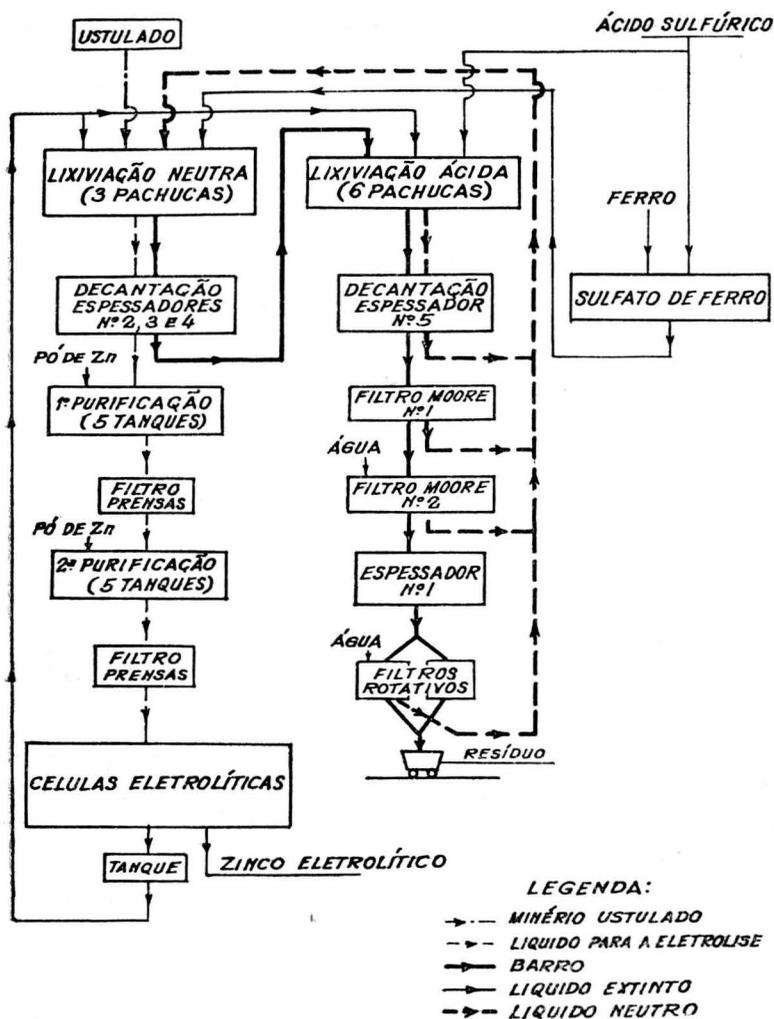


Fig. 4 — Sequência esquemática e simplificada das operações da usina da Companhia Brasileira do Zinco, Utinga, S. Paulo.

Em «2» estão indicados 3 espessadores tipo «Dorr» de 45 m³ cada um, os quais podem operar em série ou em paralelo para separar a solução clarificada de sulfato de zinco, já depurada de ferro, de arsênico e de antimônio, do excesso de sólidos insolúveis. Essas soluções neutras de sulfato de zinco (razão pela qual a etapa é conhecida pelo nome de «lixiviação neutra») depois de terem passado por um grande tanque de acumulação «3» são enviadas a 1.^a purificação por meio de zinco «4» e depois a filtração em filtros-prensa «5».

A solução parcialmente depurada de cobre e de cádmio volta a 2.^a purificação «6», depois da qual tem condições de pureza para ser enviada às células eletrolíticas «7».

As lamas da 1.^a lixiviação, juntamente com o excesso de ustulado recolhido nos espessadores «2», são enviados por meio de vácuo a bateria de pequenos agitadores Pachuca «8» para a 2.^a lixiviação, lixiviação ácida; estes agitadores são semelhantes em projeto aos agitadores circuito neutro, porém seu volume é de apenas 10 % daqueles, visto que o volume dos sólidos a tratar nesta etapa de lixiviação corresponde aproximadamente a 10 % do total tratado na 1.^a lixiviação. O solvente para esta etapa do processo é, exclusivamente, o ácido de retorno das células; entretanto para compensar perdas químicas e mecânicas do processo é necessária se adicionar de tempos em tempos ácido sulfúrico novo.

Esta etapa da lixiviação, certamente a mais importante sob o ponto de vista de rendimento e economia do processo, está terminada quando todo o zinco solúvel contido na lama dos espessadores de 1.^a lixiviação tiver sido solubilizado e quando a acidez final ficar reduzida apenas acerca de 1 g/l de H_2SO_4 livre. Nessa etapa do processo passam à solução o ferro, o arsênico, o antimônio, o cobre, o cádmio etc. contidos no minério. Já se fez notar que nesta fase da lixiviação não se introduz qualquer proporção de ustulado.

A polpa constituída por uma suspensão de insolúveis na solução ácida de sulfato de zinco, e contendo as impurezas mencionadas, é en-

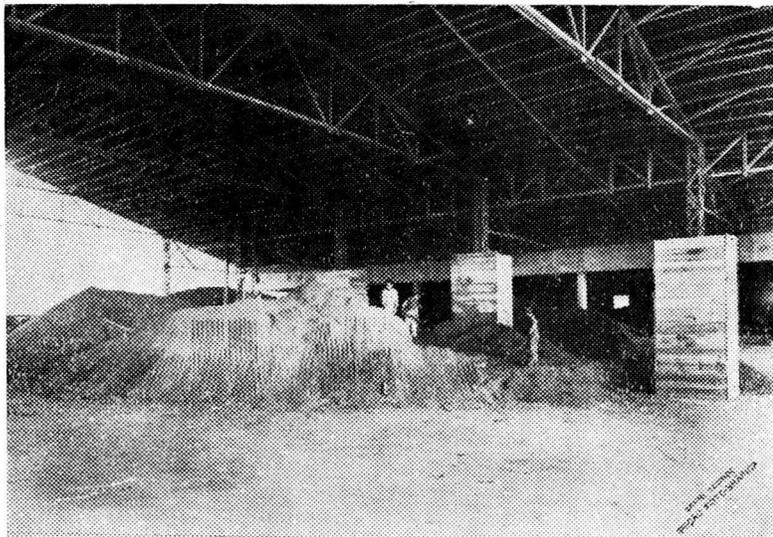


Fig. 6 — Depósito de concentrados de blenda da usina de Utinga.

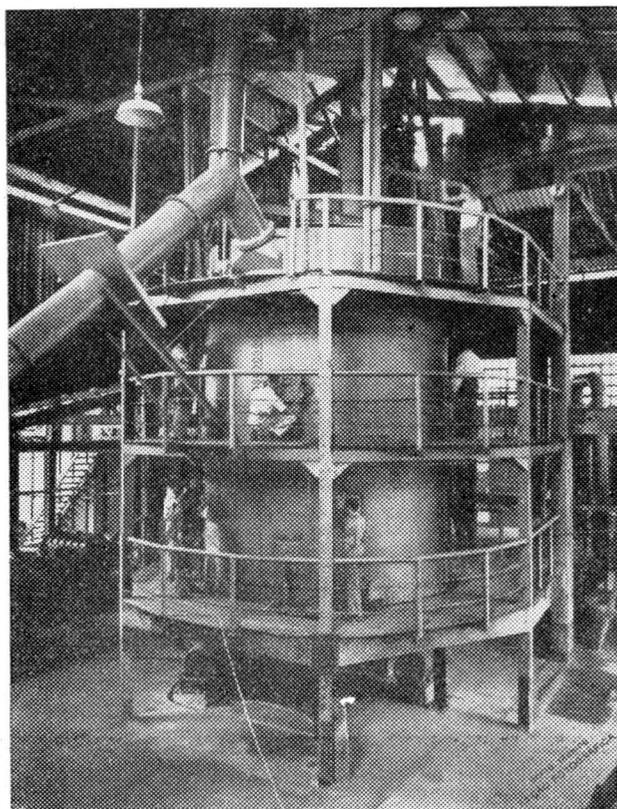


Fig. 7 — Vista do forno de ustulação de concentrados de blenda, antes das modificações recentemente introduzidas.

caminhada em seguida ao espessador tipo «Dorr» «9» da mesma forma que as anteriores. No espessador a maior parte da solução é separada, sob a forma de uma solução quasi neutra de sulfato de zinco e clarificada, isenta das lamas insolúveis.

Estas lamas, juntamente com uma pequena fração da solução original, são enviadas a um primeiro filtro tipo «Moore» «10», onde, sob a ação do vácuo, se extrai da lama parte da solução retida de sulfato de zinco. Os painéis contendo as lamas úmidas do filtro «Moore» são levadas por meio de monorail ao segundo filtro «Moore» «11» onde é feita nova filtração e lavagem por meio de água, afim de extrair a maior parte possível da solução de sulfato de zinco ainda retida na lama. Finalmente, as lamas já parcialmente lavadas passam a formar uma suspensão em água, por meio de agitação, a qual é encaminhada ao reservatório «12» de onde alimentam 2 filtros a vácuo tipo «Oliver»

«13». As lamas residuais, assim isentas da solução de sulfato de zinco, são conduzidas por meio de vagonetas «14» ao depósito.

Tanto a solução concentrada desta 2.^a lixiviação ácida e clarificada por meio do espessador «Dorr» «9» como os sucessivos filtrados e águas de lavagem, cada vez mais diluídos, e resultantes dos filtros «Moore» 1 e 2 e dos 2 filtros «Oliver» 1 e 2, são reunidos em um único depósito intermediário «15» para voltar novamente ao início do circuito, isto é, à lixiviação neutra nos Pachucas «1» em proporção apropriada em mistura com o eletrólito ácido de retorno das células.

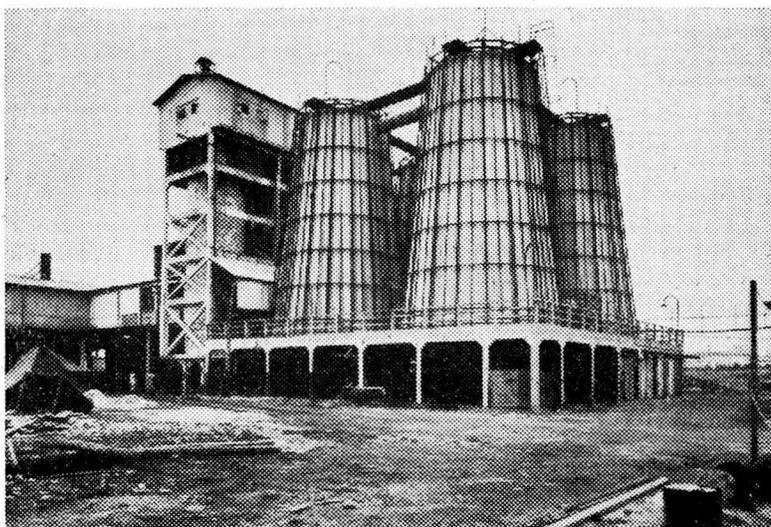


Fig. 8 — Instalação para a produção de ácido sulfúrico aproveitando os gases de ustulação.

Assim delineada a usina, dispõe-se de um circuito fechado no qual em princípio não existem perdas nem de zinco e nem de ácido sulfúrico, os dois elementos principais para a economia do processo.

Perdas de zinco

Conforme foi anteriormente mencionado, a primeira e mais importante perda de zinco resulta da ustulação incompleta do concentrado. A cada unidade de teor de enxôfre no ustulado correspondem aproximadamente duas unidades de teor de zinco irremediavelmente perdido no processo, dado que o sulfureto de zinco é insolúvel em ácido sulfúrico. Nessas condições, se o ustulado contiver apenas 1 % de enxôfre, e se o concentrado tiver 50 % de zinco, daí resulta uma perda de 4 % do pêsso total de zinco contido. A segunda fonte de perda de zinco resulta da formação do ferrato de zinco, $ZnO.Fe_2O_3$. A importância

dessa perda, além do teor de ferro do minério, depende da dificuldade em serem reguladas as temperaturas nos diversos patamares do forno. Geralmente para minérios que contenham de 3 a 4 % de ferro, o zinco solúvel corresponde entre 93 a 95 % do zinco total. Nessas condições, essa segunda fonte de perdas dificilmente poderá cair abaixo de 5 %.

Em terceiro lugar, há a considerar a perda de zinco sob a forma de pó de zinco nas etapas de purificação. Mesmo que parcialmente recuperado êsse zinco juntamente com o cobre e com o cádmio precipitados, essa perda fica compreendida entre 3 e 5 % do total.

Finalmente, existem perdas mecânicas inevitáveis, na lixiviação, na eletrólise e nos processos de filtração, bem como de zinco solúvel ainda contidos nos resíduos finais. A soma dessas diversas perdas parciais pode atingir valores razoavelmente elevados.

Na usina de Great Falls, Estados Unidos, conforme informações colhidas pessoalmente pelo autor, a recuperação total do zinco é da ordem de 88 %. Consta que em algumas usinas mais modernas a recuperação teria atingido o valor próximo de 92 %; é difícil se poder esperar que tal índice possa ser ultrapassado. É compreensível que a recuperação global seja desfavoravelmente influenciada pela diminuição da capacidade de produção: em usinas pequenas a recuperação é necessariamente menor do que em usinas de grande capacidade. A usina da C.B.Z. prevê, em base a rigorosas experiências, seja de laboratório como semi-industriais, atingir um rendimento total de 87 a 90 % do zinco contido nos minérios a serem transformados.

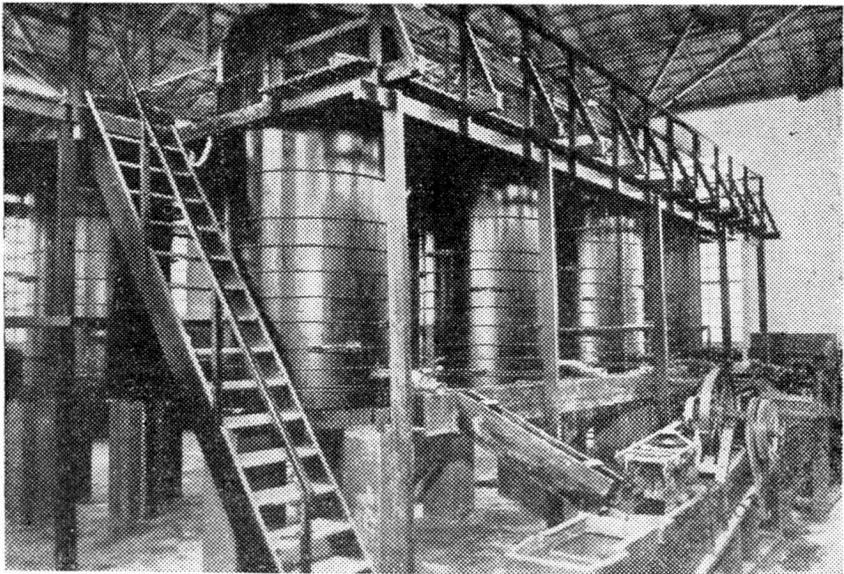


Fig. 9. — Circuito de Pachucas da lixiviação ácida.

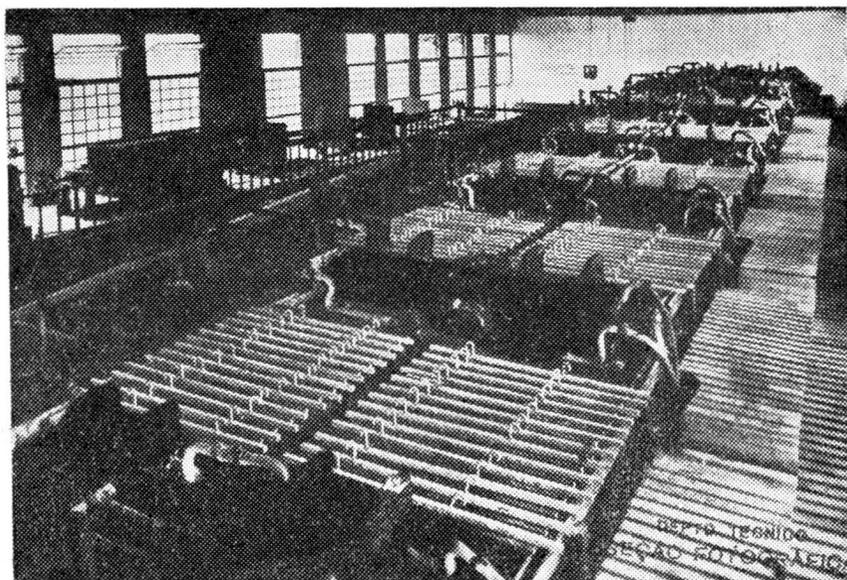


Fig. 10 — Vista geral das células eletrolíticas.

Perdas de ácido sulfúrico

A presença de metais alcalinos e alcalinos terrosos nos concentrados determina perdas irremediáveis de ácido sulfúrico sob a forma de sulfatos insolúveis. Além disso o chumbo e em parte o estanho também acarretam perdas de ácido sulfúrico. Outra fonte de perdas sensíveis de ácido sulfúrico é o nevoeiro ácido, seja nas etapas de lixiviação, em virtude do ar comprimido insuflado, seja e principalmente devido a eletrólise.

Além dessas perdas existem perdas mecânicas: perdas das soluções durante todas as etapas do processo bem como das soluções empregadas na lavagem dos anodos e catodos ainda que tais soluções sejam parcialmente recuperadas.

Capacidade de geração de corrente contínua

A usina dispõe agora de uma capacidade total em serviço contínuo de 1.400 kW de corrente contínua (dois grupos de 500 kW cada e um grupo de 400 kW); existe ainda um grupo de emergência de 200 kW. Considerando uma carga média de 70 % da potência nominal (aliás dificilmente realizável nas atuais condições de suprimento de energia elétrica na área de São Paulo), poderão ser utilizados com os 3 grupos

de 30 células cada em funcionamento, ao todo 23.520 kWh/dia de 24 horas. Considerando um consumo específico de 3.800 a 4.000 kWh/t de zinco a capacidade instalada corresponde a uma produção de 6 t/dia de zinco eletrolítico. Utilizando os 4 grupos e com um maior fator de carga, a produção diária poderá provavelmente atingir entre 8 e 10 t de zinco por dia.

Nas condições presentes, e levando em conta as inevitáveis interrupções por desarranjos e para limpeza dos tanques eletrolíticos, a capacidade da instalação deverá oscilar entre 1.800 e 2.200 t/ano. Seja portanto, neste ponto, observada a consideração, a qual voltaremos ainda a tratar em outra parte deste trabalho, que foi provido desde o início da reconstrução das instalações da C.B.Z. a possibilidade racional de aumentar a presente capacidade da usina até 5.000 tons por ano de zinco eletrolítico, programa êste que entrará em fase executiva em conjunto com os programas, em desenvolvimento, da mesma organização no campo da refinação do cobre.

6. SUB-PRODUTOS DA USINA ELETROLÍTICA DE ZINCO

O principal sub-produto da usina eletrolítica de zinco é constituído pelo ácido sulfúrico, que se obtém do gás de anidrido sulfuroso resultante da ustulação dos concentrados de blenda. Considerando que os concentrados de 50 a 60 % Zn contêm de 28 a 33 % de S e admitindo que permaneça no ustulado de 13 a 15 % do enxôfre original, tanto sob a forma de sulfuretos não ustulados como de sulfatos, pode-se concluir que de cada tonelada de minério ustulado se poderá obter cerca de 750 kg de ácido sulfúrico mono-hidratado. A capacidade prevista de produção de zinco corresponderá assim a produção de 3.500 a 4.200 t/ano de ácido sulfúrico mono-hidratado, correspondente a uma economia de cerca de 1.500 t/ano de enxôfre elementar importado. Dada a atual escassez mundial de enxôfre e o grande crescimento do consumo brasileiro de ácido, sobretudo para a produção de adubos fosfatados, a importância econômica dêsse sub-produto da usina adquire especial relêvo.

Outros sub-produtos podem ser recuperados dos painéis dos filtros-prensa nas várias etapas de purificação da solução. Os resíduos contêm entre 70 e 80% de zinco parcialmente oxidado, além de cobre e cádmio contidos inicialmente nos concentrados. A recuperação do zinco de tais resíduos de purificação constitue fator importante na economia da produção do zinco eletrolítico, uma vez que a produção do zinco em pó necessário para a purificação corresponde a se subtrair de 5 a 10 % da produção de zinco eletrolítico, conforme as impurezas contidas nos minérios. Considerando também um conteúdo médio de 0,3 % de cádmio nos minérios (e desprezando o seu teor em cobre), para 5.000 t/ano de minério tratado, a quantidade de cádmio recupe-

rável corresponderia a cerca de 15 t/ano. Muito embora se devam esperar perdas sensíveis nesse aproveitamento, é de se supor que possam recuperadas talvez 10 t/ano dêsse importante metal, presentemente sujeito a grande escassez mundial; essa produção possivelmente cobrirá as necessidades essenciais da indústria brasileira.

Quasi todas as usinas de zinco eletrolítico dispõem de instalação própria para a produção do pó de zinco, agente utilizado na purificação do cobre e do cádmio. Para sua obtenção, lança-se mão de um cadinho refratário com uma abertura no fundo na qual se aplica uma rolha de grafita dotada de um furo de 1,5 a 2,5 mm de diâmetro. O zinco fundido nesse cadinho flui através do orifício e o jato de metal é atomizado por meio de jato de ar comprimido, a 10 ou 15 atmosferas, ou por meio de jato de vapor. Essa atomização permite obter pó muito fino de zinco o qual é recolhido em câmara apropriada. O material recolhido nessa câmara é ulteriormente peneirado, afim de separar os fragmentos de diâmetro maior que o desejado, os quais voltam a fusão. O pó de zinco assim obtido, além de ser utilizado na própria usina eletrolítica, encontra outros empregos, como a precipitação de ouro e de prata pelo processo de cianetação, para a fabricação de hidrosulfito de sódio, de «rongalitas» etc.

7. CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS

A economia do processo eletrolítico de produção de zinco, como aliás é fácil de se prevêr, não depende estreitamente da disponibilidade de minérios de zinco nacionais. Ao contrário, é sabido que as maiores usinas do mundo recebem concentrados de zonas muito distantes e muitas vêzes de longínquos países estrangeiros. Assim, as usinas de Anaconda, Trail, Eiterbeim (Noruega), Magdeburgo (Alemanha) e outras recebem do exterior a maior parte dos concentrados. Assim as usinas eletrolíticas de zinco dependem muito mais da disponibilidade de energia elétrica a preços baixos e da proximidade do mercado consumidor do que da proximidade dos fontes de suprimento de minério; aliás a situação análoga pode ser encontrada para a produção de alumínio e para o refino eletrolítico de cobre.

Isso não implica evidentemente em reconhecer que a economia deva ser desfavoravelmente influenciada pelos custos de transporte dos concentrados. Exigindo cada tonelada de zinco de 2 a 2,3 t de concentrados, o transporte corresponde a um fator de grande importância na determinação do preço de custo. Essa observação é particularmente verdadeira no caso do Brasil, visto que essa parcela corresponde entre 25 e 30 % do valor do minério FOB porto de embarque; no caso de uma usina situada nos Estados Unidos, no Canadá ou no Norte da Europa, êsses custos não deverão passar de 10 % do custo total.

Uma grande vantagem do processo eletrolítico reside em que não exige matéria prima além do concentrado (e de energia elétrica); é

mínima a quantidade adicional de ácido novo, aliás quasi sempre produzido pela própria instalação, e de bióxido de manganês, do qual grande parte pode ser recuperada dos anodos. Assim, a única matéria prima a ser importada do estrangeiro, (emquanto não vierem a ser desenvolvidas as jazidas e manifestações existentes de blenda no país) é o concentrado; não depende a usina nem mesmo de combustíveis importados.

A mão de obra necessária é em grande parte constituída por pessoal não especializado; não está aí computado o contingente relativamente modesto de pessoal especializado para a manutenção e para o controle das operações (as grandes usinas o pessoal para estas operações corresponde entre 5 e 6 % do pessoal total).

Convém também observar que, afora o forno de ustulação e seu precipitador eletrostático e os grandes geradores de corrente contínua, toda a instalação, inclusive a necessária para a produção de ácido sulfúrico, pode ser facilmente construída mesmo em um país modestamente industrializado; no caso do Brasil, em que se dispõe já de grandes facilidades decorrentes de sua expansão industrial, nenhuma dificuldade é encontrada na construção de uma tal usina.

Em face do que foi exposto é natural que surja a pergunta de, porque então a única usina existente no Brasil tenha atravessado tantas dificuldades para atingir uma situação de equilíbrio econômico.

Em primeiro lugar, parte da resposta decorre da limitação da capacidade atual de produção. Já foi mencionada a necessidade do sensivelmente maior investimento específico por tonelada de zinco de uma usina tendo uma capacidade produtiva inferior ao limite econômico para similares instalações.

Em segundo lugar, reportamo-nos à necessidade de um sensivelmente maior emprego de mão de obra por tonelada de zinco produzido, em comparação com as usinas de grandes e grandíssimas produções, desvantagem essa somente parcialmente compensada pelo relativamente menor custo da mão de obra do país.

Emfim, ocorre salientar as despesas sensivelmente maiores devidas à administração, à manutenção e aos controles técnicos que gravam de forma idêntica em uma usina de pequena capacidade.

Apesar de todas essas circunstâncias desfavoráveis, a tenacidade e a coordenação inteligente de todas as forças tem conseguido obviar em parte as graves desvantagens econômicas de uma usina de pequena capacidade, apesar de ainda até agora ter de lutar com um outro fator desfavorável, qual seja a elevada tarifa alfandegária, e que dificulta sobremodo a expansão de indústria metalúrgicas baseadas na utilização de minérios estrangeiros.

Emquanto nos Estados Unidos, apesar de suas imensas jazidas minerais e apesar de possuírem a maior produção de concentrados do mundo, isentam atualmente de quaisquer direitos alfandegários os minérios importados de zinco e de cobre, no Brasil, em virtude de uma

lei antiquada, e que de forma alguma consulta os interesses do país, taxa de 18,5 % ad valorem cif porto brasileiro (pagando assim os direitos inclusive os fretes), e com as despesas adicionais, a taxa equivalente a quasi 20 % do valor cif dos minérios importados. De outro lado, e ao contrário, a importação de zinco em lingotes, produzido no estrangeiro, está sujeita apenas à taxa fixa de cerca de Cr\$ 286,00/t; essa taxa é independente do valor (ao contrário do que acontece com a tarifa de minério), e corresponde atualmente a apenas 2,4% do valor cif da tonelada de zinco eletrolítico em lingotes.

Convém para realçar a desigualdade do tratamento e os inconvenientes econômicos que resulta para uma usina situada no Brasil, comparar o custo de concentrado que fôsse adquirido nas mesmas condições de preço, por uma refinaria situada nos Estados Unidos com o que resultaria para uma usina brasileira, o concentrado embarcado em um mesmo porto, por exemplo, o de Callao, Perú:

	Usina nos Estados Unidos	Usina no Brasil
Custo admitido para um concentrado de 58 % Zn, por t, fob Callao	US\$ 150	US\$ 150
Despesas de transporte cif porto de desembarque	10	40
Alfândega	—	38
	—	—
Custo do concentrado franco porto de desembarque	160	228
Diferença desfavorável à usina no Brasil, por t de concentrado		US 68

Além dessa desvantagem, no caso de US\$ 68,00 por t de concentrado, uma grande usina compra grandes lotes, talvez de 20.000 a 50.000 t de cada vez, enquanto que a usina no Brasil, depois de imensas dificuldades de obtenção de licença de importação e de abertura de crédito, não pode comprar mais de 1.000 a 3.000 t de cada vez; já a simples vantagem do lote torna os preços reduzidos provavelmente entre 10 e 25 % a favor da usina estrangeira de grande capacidade.

Em tais condições é fácil compreender que o custo líquido do zinco contido nos concentrados chega à usina brasileira a preço sensivelmente superior ao da compra de lingotes de zinco importados do exterior.

Se os pioneiros brasileiros ainda insistem em seus esforços para a manutenção da operação dessa usina é devido às seguintes considerações:

- 1) Porque está já previsto o aumento da capacidade produtiva da presente usina até 5.000 t de zinco eletrolítico por ano, juntamente com a refinaria eletrolítica de cobre inicialmente projetada para idêntica capacidade produtiva;
- 2) Porque a companhia espera com certeza que a lei da temporária suspensão das alfândegas que atualmente gravam sobre minérios importados — lei essa que se encontra já no Senado brasileiro, — possa facilitar a sua expansão econômica;
- 3) Porque ciclicamente verificam-se no campo do abastecimento de metais não ferrosos as possibilidades de uma mais fácil disponibilidade no estrangeiro de minérios de metais não ferrosos em lugar dos mesmos metais refinados, praticamente indisponíveis, garantindo assim às refinações nacionais o contínuo e ininterrupto abastecimento das suas instalações de transformações dos mesmos metais.

Dessa forma poderiam estas usinas se desenvolver em condições de melhor competição com as indústrias similares de outros países, além de tornar o país independente na obtenção desses metais de notória importância civil e militar, e cujo abastecimento fica sempre ameaçado toda vez que surgem apreensões quanto à situação internacional. Além desse aspecto, as usinas aqui estabelecidas permitirão a economia de importante soma de divisas estrangeiras, além de assegurar trabalho útil e profícuo a grande número de operários.

Nessas condições o estabelecimento e desenvolvimento de usinas de metais não ferrosos, mesmo que inicialmente, por falta de adequado suprimento de minérios nacionais, dependam da importação de concentrados estrangeiros, longe de contrariar interesses de mineradores do país, vem mesmo a incentivá-los.

Sem a existência de uma usina de metalurgia de refino de metais como o cobre e o zinco, difícil é a situação de uma empresa de mineração que se proponha a explorar uma jazida: em geral não pode ela no caso desses metais pensar em construir uma usina própria, pelas razões já apontadas, nem consulta aos seus interesses a exportação de seus minérios para o exterior, em competição com produtores provavelmente em melhores condições. Existindo, ao contrário, uma usina no país, estará ela certamente grandemente interessada em vir a utilizar os minérios nacionais que puderam lhe ser oferecidos; é também óbvio que é do interesse dessa usina utilizar tais minérios e mesmo estimular sua eventual produção.

É de se esperar portanto que com o funcionamento da usina eletrolítica de zinco e, em breve, com o funcionamento da usina de cobre, venha catalisar a atividade de pesquisas e de mineração no Brasil para esses minérios, oferecendo um mercado seguro e uma justa compensação aos trabalhos e riscos de tais iniciativas no setor da indústria mineral.

REFERÊNCIAS

- (1) LIDDELL, D. M. — **Handbook of Non-Ferrous Metallurgy** — pg. 1105, 2.º Vol, 1.ª edição, McGraw-Hill Book Co., New York, 1926.
- (2) HANSEN — Citado em F. M. LOSKUTOW, **Die Metallurgie des Zinks**, pg. 245, Wilhelm Knapp, Halle, 1950.