

NOTA PRELIMINAR SÓBRE A OBTENÇÃO DE LIGA DE ELEVADOS
TEORES EM ZINCO E EM PRATA POR LIQUAÇÃO DE CROSTAS
PARKES (1-3)

Eng. Tharcisio D. de Souza Santos (2)

RESUMO

O autor estuda nesta «nota preliminar» a obtenção de uma liga de altos teores em zinco e em prata, e de baixo teor em chumbo, pelo tratamento de crostas Parkes não prensadas. As crostas geralmente obtidas em usinas estrangeiras, prensadas com auxílio da «prensa Howard», não contêm senão 12 % Ag e 25 % Zn no máximo. Mesmo o processo contínuo de desargentação, desenvolvido em Port Pirie, não fornece crostas com mais de 15 % Ag e 64 % Zn e com menos de 20 % Pb.

Diversos aperfeiçoamentos introduzidos pelo autor no tratamento das crostas obtidas no refino de chumbo produzido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas permitiram obter liga contendo entre 62 e 69 % Zn, 17 e 23 % Ag e 3,2 e 3,9 % Pb, separada de um residuo composto de chumbo contendo 0,7 % Zn e 0,03 % Ag. Distribuem-se em pequena fração que constitue a liga (14,4%), 92,9% do zinco e 97,8% da prata contida na crosta, e apenas 0,6 % do chumbo. Já foram tratados pelo autor 41.479 kg de crostas, produzindo 5.948 kg de liga e 34.800 kg de residuo. Esses aperfeiçoamentos determinam grande economia nas operações de destilação, para recuperação do zinco, e de copelação, para a obtenção da prata bruta.

- (1) Trabalho a ser apresentado ao 8.º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, C.T. n.º 199, São Paulo, SP., Julho de 1952.
- (2) Membro ABM; Professor interino de Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Engenheiro-Chefe da Divisão de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, S.P.
- (3) A Secretária 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 Secretária da A.B.M. O prazo para a apresentação das discussões escritas é 15 de agosto de 1952.

1. INTRODUÇÃO

Na prática do processo Parkes de desargentação do chumbo, e com o abaixamento da temperatura do banho até as vizinhanças de 330°C, resulta uma crosta que encerra a prata, e contendo, afora o zinco, teor de chumbo muito elevado, geralmente superior a 70 %.

A retenção do chumbo nessa crosta, formando com ela uma mistura mecânica, parece resultar em grande parte da presença de óxidos de chumbo e de zinco; a oxidação parcial desses elementos resulta das temperaturas relativamente elevadas (480 a 510°C) e do contacto com o ar na intensa agitação para promover a reação entre os líquidos imiscíveis, da qual resulta a fase intermediária letra gama do diagrama de equilíbrio prata-zinco.

Dada a impossibilidade prática de se fazer baixar em uma única operação o teor de prata no chumbo até os valores desejados, a desargentação é feita geralmente em duas etapas. Na primeira, se adiciona, geralmente a segunda crosta (obtida em ciclo anterior) com ou sem a adição de parte do zinco necessário para a reação; essa primeira crosta obtida tem teor relativamente alto de prata (entre 3 e 8 % geralmente). Na segunda, adicionando-se todo, ou a maior parte do zinco necessário (no caso de o complemento haver sido carregado na primeira etapa), resultam, de um lado, e graças ao excesso de zinco sobre a quantidade correspondente à formação da fase intermediária, chumbo contendo no máximo 0,002 % de prata, e de outro, uma crosta de elevado teor em zinco livre e de baixo teor em prata (menos de 2%), uma crosta pobre. Esta segunda crosta, tanto por conter zinco como por ser pobre em prata, volta a ser utilizada em ciclo subsequente de refino.

Em algumas vezes podem ser feitas três adições de zinco: a primeira, sempre sob a forma de uma terceira crosta pobre; dela resulta uma primeira crosta rica; a segunda, à custa de adição de zinco correspondente a pequena parte ($1/4$ a $1/3$) do peso de zinco total necessário para a desargentação; obtém-se uma segunda crosta que, conquanto menos rica que a primeira, é de teor suficientemente elevado em prata para ser encaminhada ao tratamento de destilação; finalmente, a terceira adição, do restante do peso de zinco, assegura a obtenção de uma terceira crosta, pobre, a qual é utilizada como primeira adição em ciclo subsequente; essa terceira adição promove a retirada dos teores residuais de prata do banho, assegurando assim completa (geralmente até 0,0005%) desargentação.

Quaisquer que sejam as seqüências adotadas no processo de desargentação, é natural que se procure obter a crosta rica, ou as crostas ricas, com a maior concentração possível em prata (e, em consequência, também em zinco), o que equivale a dizer, com a menor concentração possível em chumbo. Dessa forma fica evidentemente diminuída a massa do material a ser ulteriormente tratado por destilação (para a

eliminação do zinco) e, em seguida, por copelação (para a eliminação, por oxidação, do chumbo residual).

Muito embora seja desconhecido o mecanismo do processo, é plausível admitir que o grande excesso de chumbo nas crostas (mesmo nas chamadas crostas ricas) decorra principalmente de tensões superficiais desse líquido com os sólidos existentes

Parte apreciável desse líquido retido mecânicamente entre os cristais da crosta pode ser eliminada por meio de prensagem da crosta. É evidente que, dessa forma expulsa parte do chumbo, resulte crosta de mais elevados teores de prata e zinco. Todas as usinas de chumbo utilizam a chamada «prensa Howard». Dessa forma se consegue obter uma crosta, «crosta seca» como é chamada, contendo entre 8 e 12 % de prata, entre 10 e 25 % de zinco, ficando o teor de chumbo compreendido entre 65 e 85 %.

Embora já bastante enriquecidas, tais crostas apresentam ainda concentrações relativamente baixas em prata e em zinco, o que significa que as operações de destilação e de copelação são iniciadas com concentrações baixas dos elementos a serem eliminados.

Convém lembrar aqui que a prensagem das crostas, efetuada geralmente entre 430 e 480°C, implica em apreciável oxidação do zinco. Em consequência dessa oxidação suplementar, decorrem vários inconvenientes no ulterior tratamento de tais crostas.

Para contornar os inconvenientes que decorrem do processo Parkes clássico, foi desenvolvido por Williams (1) (2), na usina de Port Pirie, Austrália, o processo contínuo de desargentação. Segundo Green (3), em consequência de aperfeiçoamentos introduzidos, posteriormente ao trabalho de Williams (2) a crosta tem cerca de 64 % de zinco, 20% de chumbo e 15% de prata. Apesar do êxito de refino contínuo em Port Pirie, já em 1935, não registra a literatura técnica acessível sua adoção em outras usinas.

Nas usinas de refino de chumbo de pequena capacidade e utilizando prensas pequenas, de dimensões compatíveis com a capacidade das painéis de desargentação, menos favoráveis são as condições para a obtenção de uma crosta rica em prata. Em 1948, o autor utilizando uma prensa tipo Howard conseguiu obter crostas secas que continham em média apenas 5 % de prata (4). Tal crosta é bastante diluída; em consequência resulta grande massa de crostas para a destilação do zinco e teor baixo de prata no resíduo da destilação, o que exige longo ciclo de operações de copelação.

As crostas ricas obtidas, prensadas ou não, poderiam em princípio ser enriquecidas por lixiviação. Esse processo é mencionado na literatura, porém raramente é utilizado, pelas razões mais adiante expostas. O enriquecimento resultante de lixiviação é relativamente pequeno: no máximo se consegue expulsar da crosta peso de chumbo equi-

valente a cerca de trinta por cento do seu peso. Entretanto, seu maior inconveniente resulta da oxidação suplementar a que sujeita o zinco, o que, de um lado significa uma diminuição da quantidade de zinco recuperável por diluição, e de outro, bem maiores dificuldades para a destilação e para a copelação (uma vez que a drossa obtida é geralmente encaminhada para a copelação).

O autôr tem dedicado grande atenção, desde março de 1951, ao ser re-iniciado o refino de chumbo produzido pela Usina Experimental de Apiaí pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em melhorar a operação de desargentação no sentido de obter crostas ricas para ulterior tratamento.

Em consequência dos estudos e experiências conduzidas, algumas inovações adotadas no processo vem permitindo ultimamente obter liga constituída essencialmente por zinco e prata, contendo pequeno teor de chumbo (além de impurezas, cobre, ferro e antimônio). Tal liga é mesmo bastante mais rica que a resultante do processo contínuo de desargentação, mesmo com os aperfeiçoamentos recentemente relatados por Green (4).

Tendo sido requeridos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas patentes de invenção e que cobrem diversos detalhes das operações envolvidas, não pode o autôr, infelizmente, nesta contribuição, entrar em detalhe acerca dos processos que vem utilizando. Por essa circunstância, esta contribuição deve ser encarada apenas como uma nota prévia.

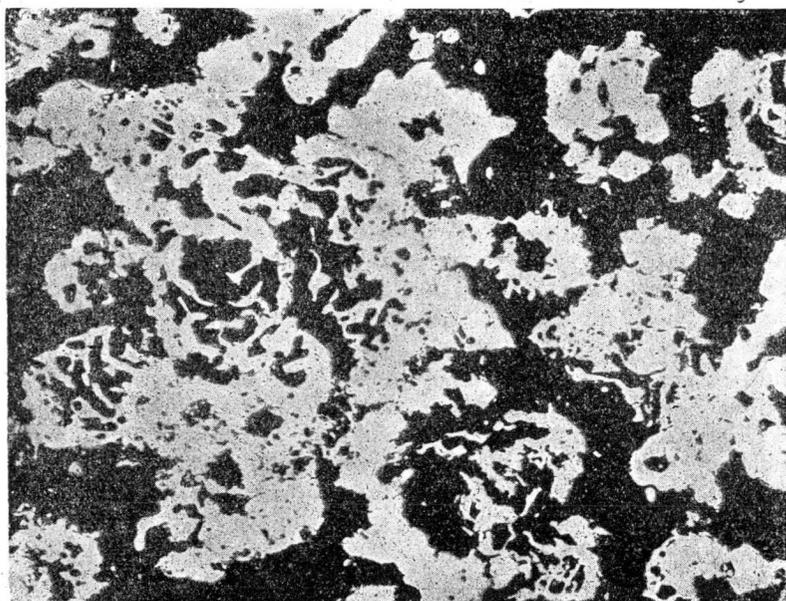


Fig. 1 — Aspecto micrográfico de crosta Parkes não prensada

2. A ESTRUTURA DAS CROSTAS PARKES RICAS E OS FATORES QUE DIFICULTAM A LIQUAÇÃO DO CHUMBO

A fig. n.º 1 mostra o aspecto de uma crosta Parkes rica (primeira crosta) obtida pelo autôr. Essa crosta apresenta um mínimo de oxidação. A micrografia mostra a distribuição do chumbo retido entre os cristais, provavelmente de γ e de zinco (ou de outro constituinte do sistema zinco-prata e solução sólida terminal rica em zinco).

Portevin e Dannenmuller (5) estudando de uma maneira geral a segregação e liquação em ligas metálicas, distinguiram três estágios principais no processo de solidificação de uma solução metálica líquida: 1) No primeiro estágio, os cristais da fase sólida não atingiram ainda desenvolvimento suficiente para tocarem uns nos outros, e assim flutuam ou se deslocam no líquido. A fase sólida é descontínua e a fase líquida contínua; ambas podem possuir movimentos relativos; 2) No segundo estágio, os cristais da fase sólida são suficientemente desenvolvidos para existir contacto recíproco ou com as paredes do recipiente em que estão contidos; dessa forma imobilizados, constituem como que uma tela através da qual o líquido pode circular, como a água em uma esponja. Ambas as fases são contínuas, mas somente a fase líquida pode ter movimento relativo; 3) No terceiro estágio, os cristais sólidos desenvolveram-se a ponto tal que constituem barreiras que restringem o movimento do líquido. A fase sólida é contínua e a fase líquida descontínua; é assim impossível o movimento relativo de uma fase em relação à outra.

Sem entrar mesmo no estudo detalhado da constituição da crosta Parkes, dada a proporção relativamente pequena dos cristais de γ (gama Ag-Zn) que nela existem, não é de se crer que possa atribuir a dificuldade da liquação apenas a tais cristais. Considerando, para uma primeira análise do problema, a crosta como constituída apenas por cristais de γ e por chumbo retido (ignorando assim a presença de outros constituintes, e principalmente da solução sólida terminal rica em zinco), mediante simples elevação da temperatura da crosta a níveis pouco superiores à da temperatura de fusão do chumbo deveria assegurar a expulsão de grande parte do chumbo contido.

A experiência prática mostra que isso não se verifica e que, na realidade, mínima é a quantidade de chumbo que pode ser retirada por liquação (decantação no caso) da crosta. A elevação da temperatura (a menos que se tomem precauções especiais) não conduz também a qualquer melhoria; pelo contrário, em temperaturas elevadas permanece praticamente constante o teor de chumbo na crosta, ao mesmo tempo que aumenta rapidamente a oxidação do zinco (na realidade da solução sólida terminal).

A dificuldade de se obter uma perfeita liquação parece ao autôr dever ser atribuída principalmente à presença de partículas de óxidos (de chumbo e de zinco, principalmente) inevitavelmente já presentes

na crosta sólida. Parece provável que tais partículas sejam molhadas pelo líquido e em condições tais que dificultem o movimento relativo dos cristais da fase intermediária. Em outras palavras, parece plausível que, dos valores das tensões superficiais nas interfaces sólido-líquido, decorreriam essas limitações físicas para uma perfeita separação entre os cristais sólidos e o líquido residual, quando fosse atingido o «primeiro estágio» de Portevin e Dannenmuller.

A hipótese feita permite explicar o fato da crescente dificuldade em se liquar crostas em temperaturas elevadas, bem como o fato conhecido nas usinas de que crostas armazenadas durante certo tempo se mostram mais refratárias ao tratamento citado.

Se se verificasse a hipótese feita, a supressão de tais interferências deveria permitir perfeita liquação. Nessas condições, modificadas as condições da crosta original, propiciar-se-iam condições favoráveis para completa migração ascendente dos cristais ricos em zinco e em prata, menos densos que o chumbo. Resultaria assim uma liga constituída principalmente por zinco e por prata encerrando apenas pequena proporção de chumbo retido entre os cristais.

3. GENERALIDADES SÔBRE O PROCESSO DE LIQUAÇÃO UTILIZADO

Pelos motivo exposto não pode o autôr neste trabalho entrar em detalhes quanto às operações que vêm permitindo a obtenção de uma liga de elevado teor em zinco e em prata e de baixo teor em chumbo.

Em outubro e novembro de 1951, o Dr. Luiz C. Corrêa da Silva e o autôr efetuaram diversas experiências preliminares visando a obtenção de ligas prata-zinco de alto teor. Nas primeiras experiências produziram, em condições semelhantes às da operação de refino corrente, crostas ricas a partir de chumbo contendo prata (adicionada de forma a resultar teor relativamente elevado) por meio de adições de zinco. As crostas obtidas foram, em seguida, liquadas em determinadas condições. Após o resfriamento obtiveram no topo do lingote uma liga contendo 72,1 % Zn e 20,6 % Ag e no fundo uma liga de 5,4 % Zn, 0,02 % Ag Pb restante. O exame do lingote indicava separação quasi perfeita entre essas duas regiões. Repetida a experiência conseguiram obter no topo uma liga de 21,4 % Ag e 63,8 % Zn e no fundo chumbo contendo 5,2 % Zn e 0,03 % Ag.

Essas experiências mostraram que, mediante o contrôle da oxidação durante a formação das crostas e posteriormente, era possível obter ligas de elevados teores em prata e em zinco e com, correspondentemente, baixos teores em chumbo.

As experiências citadas foram em seguida extendidas às crostas ricas obtidas na desargentação do chumbo. Os aspectos dos materiais

obtidos sugeriam que resultados idênticos aos citados podiam ser conseguidos.

Ao tentar o autôr efetuar o tratamento das crostas em escala maior, surgiram algumas dificuldades que foram progressivamente contornadas. Em meados de dezembro as alterações introduzidas ao processo experimentado anteriormente começaram a assegurar resultados bastante uniformes, e, a partir dessa data, o processo foi utilizado no tratamento de 41.479 kg de crostas ricas que haviam sido acumuladas desde março.

Já foi dito que as crostas ricas obtidas não são previamente prensadas, uma vez que, pelas razões antes apontadas, nenhuma vantagem de ordem prática resultaria. Uma experiência feita com cerca de 5 t de crostas mostrou que era inconveniente qualquer tentativa de concentração prévia.

As crostas ricas obtidas (com a composição calculada pelos dados obtidos na liquação correspondente a cerca de 2,95 % Ag, 10,1 % Zn e chumbo restante, afora teores residuais não determinados de cobre, ferro e antimônio) eram tratadas em determinadas condições, resultando duas massas sólidas descontínuas: uma superior, liga zinco-prata, contendo teor de chumbo extremamente baixo; e outra, inferior, chumbo contendo baixo teor em zinco e em prata.

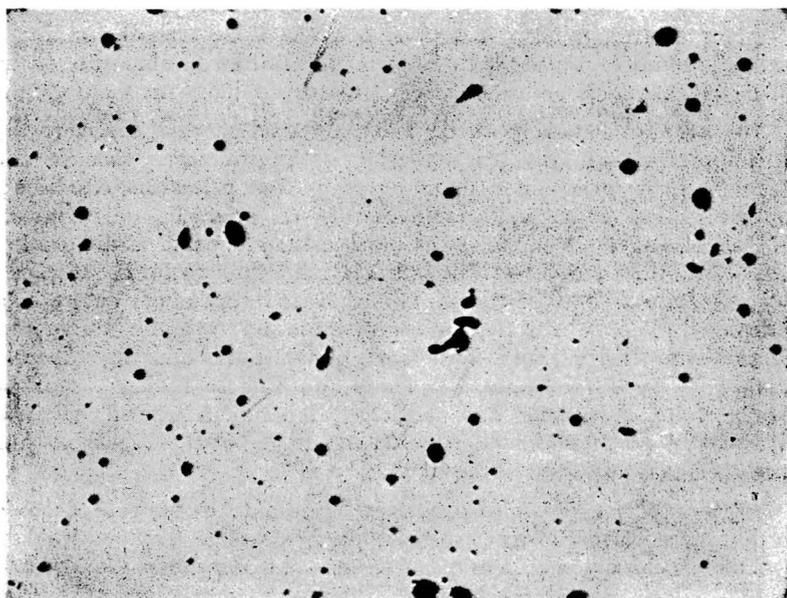


Fig. 2 — Micrografia de liga 65% Zn, 23% Ag obtida pelo tratamento de crosta Parkes, contendo 3,2% Pb.

TABELA N.º 1

ANÁLISES E DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PELO TRATAMENTO DE CROSTA PARKES
PELOS APERFEIÇOAMENTOS INTRODUZIDOS

Material	Pêso		Composição				Pêsos contidos			Distribuição		
	kg	%	Zn %	Ag %	Pb %	Obs.	Zn kg	Ag kg	Pb kg	Zn %	Ag %	Pb %
crostas	41.479	100	10,1	2,95	90,0	(1)	4.187	1.222,3	35.512	100,0	100,0	100,0
liga rica	5.948	14,4	65	20	3,7		3.866	1.189	220	29,9	97,8	0,6
resíduo	34.800	84,0	0,7	0,03	99		243	10,5	34.452	0,6	0,8	97,6
perdas	771	1,6	10,1	2,9	83	(i)	78	22,3	640	1,1	1,4	1,8

(1) calculada.

Do tratamento de 41.479 kg de crostas ricas resultaram 5.948 kg de liga zinco prata contendo entre 62 e 69 % Zn, entre 17 e 23 % Ag e entre 3,2 e 3,9 % Pb) e cêrca de 35.000 kg de chumbo contendo cêrca de 0,7 % Zn e 0,03 % Ag.

Tomando os teores médios de 65 % Zn, 20 % Ag e 3,7 % Pb, pode ser calculada a composição média provável da crosta original, bem como as porcentagens de distribuição dos metais constituintes na liga rica e no residuo. A tabela n.º 1 inclue os dados referentes a êsse lote de crostas.

A concentração de zinco e de prata na liga rica é realmente muito acentuada: 92,9 % do zinco existente das crostas e 97,8 % da prata passam à liga rica, a qual contém apenas 0,6 % do chumbo existente. O residuo encerra apenas 6 % do zinco e 0,8 % da prata, além de 97,6 % do chumbo existente nas crostas.

Em consequência das flutuações de teor de zinco e de prata na liga obtida, variavam seus aspectos desde o de material quebradiço, brilhante, de fratura fácil e ondulada (para maior valor de relação Ag/Zn) até o de material mais maleável, resiliênte, menos brilhante e sêtil (para menor valor da relação Ag/Zn). Em ambos os extremos, o teor de chumbo varia entre 3,2 e 3,9%.

As figs. nos. 2 e 3 mostram os aspectos micrográficos de tais ligas; em ambas é muito baixo o teor de chumbo.

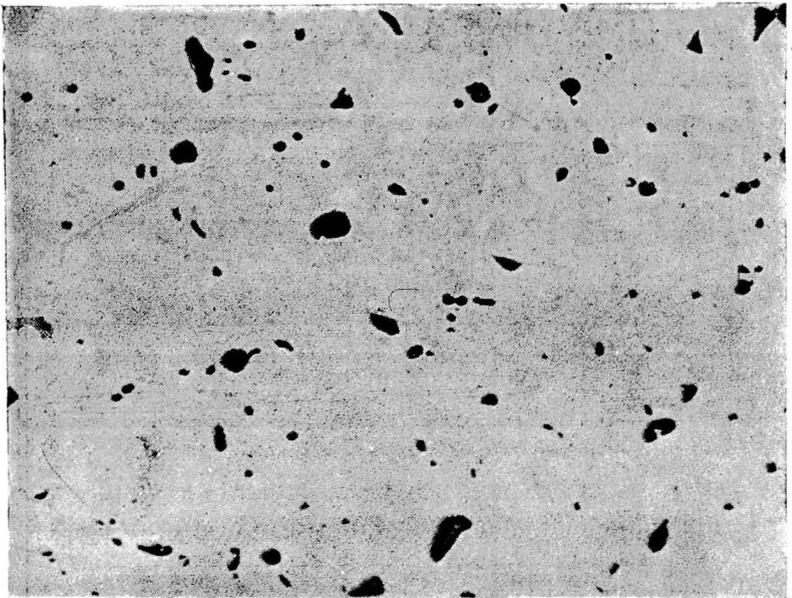


Fig. 3 — Micrografia de liga 61% Zn, 20% Ag obtida pelo tratamento de crosta Parkes, contendo 3,9% Pb.

4. IMPORTÂNCIA PRÁTICA DA OBTENÇÃO DE LIGA DE ALTOS TEORES DE ZINCO E DE PRATA

Convém examinar agora a importância que possam apresentar os aperfeiçoamentos introduzidos no processo, os quais, em última análise, permitiram a obtenção de liga de elevados teores em zinco e em prata.

É quasi óbvio que a grande concentração de zinco e de prata na liga a ser ulteriormente tratada deva trazer em consequência grande simplificação dos processos subseqüentes e grande economia nessas operações.

As vantagens que decorreriam da utilização dos aperfeiçoamentos introduzidos pelo autôr podem ser postas em evidência comparando os dados referentes à seqüência de tratamentos segundo as práticas comuns nas grandes usinas com dados calculados com base nos resultados obtidos, e que foram reproduzidos da tabela n.º 1.

Tomando os dados da usina de refino de East Chicago, da International Smelting & Refining Co, transcritos de Bray (6), do tratamento de 1000 t de chumbo bruto resultam 45 t de crostas Parkes prensadas; tratadas essas 45 t em forno «Faber du Faur», resultam 6 t de zinco, 800 kg de «blue powder» (mistura de zinco e de óxido de zinco recolhidas no condensador) e 36 t de resíduo; copelado este, obtêm 3,5 t de prata bruta («doré») e 35 t de litargírio contendo impurezas residuais. Convém notar que o litargírio volta à carga do forno de redução, no início do circuito.

A tabela n.º 2 transcreve os dados dessa usina.

Adotando os coeficientes de distribuição da tabela n.º 1 aos dados da composição da crosta da tabela n.º 2, resultaria que provavelmente se obteriam 11,8 t de liga zinco-prata, contendo talvez 62 % Zn, 25,5 % Ag e 1,0 % Pb, e 31 t de chumbo, contendo baixo teor em prata e em zinco. Pela destilação dessa liga rica, mesmo se efetuada em forno «Faber du Faur», obter-se-iam 6 t de zinco, menos de 0,5 % de «blue powder» e 4,7 t de resíduo. Este resíduo, contendo agora 64 % em lugar de 11,6 % apenas de prata, pela copelação produziria os mesmos 3,5 t de prata bruta e cerca de 1,5 t de litargírio. Esses valores constam da tabela n.º 3.

Os dados numéricos das tabelas nos. 2 e 3 foram representados de forma aproximada e esquemática na fig. n.º 4. A representação gráfica evidencia a grande diminuição dos pesos de materiais a serem tratados por destilação e por copelação.

A vantagem econômica decorrente dos aperfeiçoamentos introduzidos é tanto maior se se lembrar que as operações de destilação do zinco nos fornos Faber du Faur e de copelação são lentas e onerosas, exigindo não só grande dispêndio de combustível como de mão de obra.

TABELA N.º 2

PESOS E COMPOSIÇÕES DE CROSTAS PARKES E SEUS PRODUTOS
USINA DE EAST CHICAGO (SEGUNDO BRAY, REF 6)

Pêso t	Produto	Composição					
		Pb %	Sb %	Cu %	Zn %	Ag %	Au %
45	crosta Parkes	70,5	0,10	1,08	17,00	6,86	0,0385
—							
36	resíduo destilação	76,0	0,12	1,17	—	11,65	0,0530
6	zinco destilado	—	—	—	74,60	—	—
0,8	blue powder	4,95	—	—	—	0,42	0,0001
—							
42,8							
35	litargirio	77,2	0,12	—	—	—	—
3,5	prata bruta ("doré")	—	—	—	—	0,64	0,003
—						99,36	0,011
38,5							

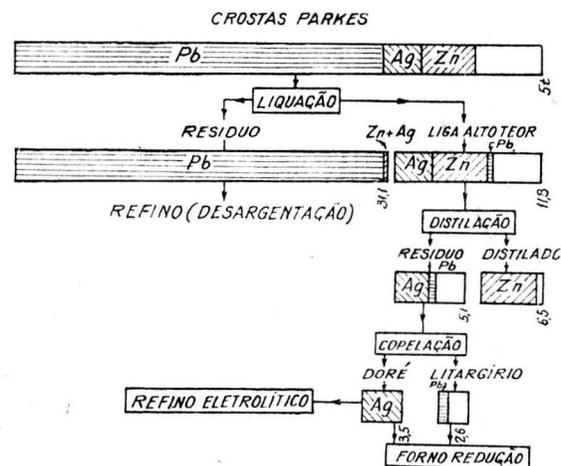
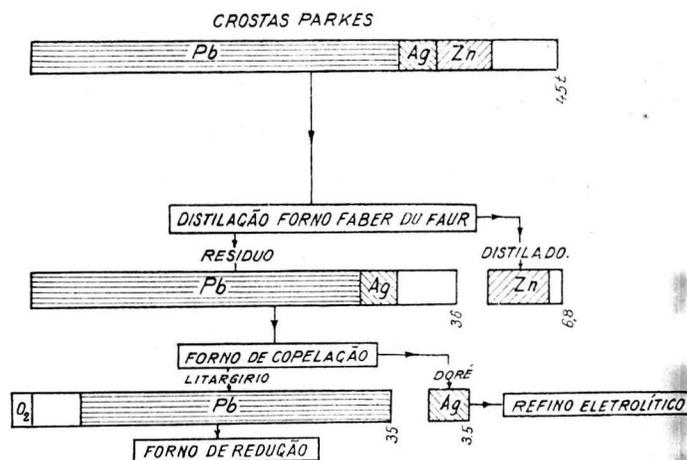


Fig. 4 — Pêso de produtos obtidos pelo tratamento direto de 45 t de crostas Parkes segundo o processo clássico, em comparação com os pêso que resultariam do tratamento, pelos mesmos processos, das partes separadas pelo processo desenvolvido. Os dados numéricos referentes ao processo clássico foram extraídos de Bray (6), segundo tabela n.º 2.

TABELA N.º 3

PESOS E COMPOSIÇÕES DE CROSTAS PARKES E SEUS PRODUTOS QUE SERIAM OBTIDOS DO TRATAMENTO DE 45 T DE CROSTAS PARKES COM A COMPOSIÇÃO DA TAB. 2 NAS CONDIÇÕES DO REFINO DO INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

Peso t	Produto	Composição				
		Pb %	Sb %	Cu %	Zn %	Ag + Au %
45	crosta Parkes	70,5	0,10	1,08	17,00	6,89
11,8	liga rica	1,0	—	—	62,0	25,5
31,0	chumbo para desargentação	98,8	—	—	1,0	0,03
4,7	resíduo destilação	4	—	—	2	64,0
7,0	zinco destilado	—	—	—	—	—
	blue powder	—	—	—	—	—
1,5	litargirio	—	—	—	—	—
3,5	prata bruta	—	—	—	—	99,4

No desenvolvimento dos processos de tratamento das crostas do processo Parkes, recebeu o autôr valiosa colaboração do Eng. Dr. Luiz C. Corrêa da Silva, principalmente na realização das experiências preliminares citadas, e na revisão do original. Agradece ao Eng. Rubens Lima Pereira, da Secção de Metalografia, Divisão de Metalurgia, pelo exame de diversas amostras de crostas e ligas e pelas micrografias apresentadas; agradece ainda ao Eng. Victor Lo Ré, Sub-Secção de Análises de Metais Não Ferrosos, Divisão de Química, pelas numerosas análises efetuadas sôbre amostras de diversos produtos obtidos.

5. CONCLUSÕES

1. O tratamento de crostas Parkes permite separar uma liga, contendo entre 62 e 69 % de zinco, entre 17 e 23 % de prata, e apenas entre 3,2 e 3,9 % de chumbo, de um resíduo, constituído essencialmente por chumbo contendo 0,7 % de zinco e 0,03 % de prata.

2. O tratamento de 41.479 kg de crostas Parkes (com composição média calculada de 10,1 % Zn, 2,95 % Ag e 90,0 % Pb) permitiu obter 5.948 kg de liga rica em zinco e em prata, correspondente a 14,4 % do peso das crostas, e 34.800 kg de resíduo, correspondendo a 84 %.

3. A liga obtida encerra de 92,9 % de zinco, 97,8 % da prata e apenas 0,6 % do chumbo existente nas crostas.

4. O resíduo contém 97,8 % do chumbo, 6 % do zinco e 0,8 % da prata existentes nas crostas.

5. Em consequência da grande concentração de zinco e de prata nessa liga, ficam grandemente reduzidos os pesos de materiais a serem ulteriormente tratados, mesmo se por processos clássicos, de destilação em fornos «Faber du Faur», e por copelação do resíduo dessa operação.

BIBLIOGRAFIA

- (1) WILLIAMS, G. K. **Description of continuous lead refinery at the works of The Broken Hill Associated Smelters, Proprietary, Limited, Port Pirie, South Australia.** Proceedings Australasian Institute of Mining and Metallurgy, nº 87, pgs. 75-172, 1932, cit em (2).
- (2) WILLIAMS, G. K. — **Continuous lead refining at Port Pirie, South Australia.** Transactions American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, vol. 121, pgs. 226-263, New York, 1936.
- (3) GREEN, F. A. — **The Refining of Lead and Associated Metals at Port Pirie, South Australia.** pgs. 281-316. The Refining of Non-Ferrous Metals, Symposium, The Institution of Mining and Metallurgy, Londres, 1950.

- (4) SOUZA SANTOS, T. D. — **Um forno aquecido por combustão de lenha para copelação de chumbo**, ABM — Boletim da Associação Brasileira de Metais, vol 5, n.º 16, pgs. 375-388, São Paulo, 1949.
- (5) PORTEVIN, A. E. DANNENMULLER, M. — **Segregation and Liqueation of Alloys and Their Application to Non-Ferrous Metallurgy**, The Journal of the Institute of Metals, Vol. 75, part 12, pgs. 949-972, agosto, Londres, 1949.
- (6) BRAY, J. L. — **Non Ferrous Production Metallurgy**, pg. 248, John Wiley & Sons, New York, 1941.