

R E S U M O

Arno Müller (\*)

O Titânio é um metal conhecido há já muitos anos. Sua produção industrial só foi possível, após a II Guerra Mundial, quando se obteve por 1ª vez uma esponja dútil que apresentava propriedades mecânicas, depois de fundida sob vácuo, altamente promissoras para o seu emprego como metal aeronáutico.

O processo adotado por Kroll, de redução de  $TiCl_4$  com Mg metálico fundido sob argônio num reator de aço doce, é o mais empregado atualmente. O PMR, está em fase final de montagem de uma usina pilôto, utilizando este processo, dimensionada para a produção de 120 Kg por corrida, de esponja de Ti.

O autor dá alguns resultados das experiências preliminares efetuadas no PMR, com um reator menor, construído à guiza de treinamento da equipe.

---

(\*) Engenheiro metalurgista, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS em 1962.

Pesquisador do Departamento de Materiais - Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento - Centro Técnico de Aeronáutica - São José dos Campos - S.P.

1. INTRODUÇÃO

O Centro Técnico de Aeronáutica, em convênio assinado com o B.N.D.E., se propôs e está construindo uma usina piloto para a produção de 200 Kg de Ti esponja por dia, partindo do Tetracloreto de Titânio nacional e Magnésio metálico importado. No Brasil, este metal já foi produzido em escala de Laboratório pelos alunos do Instituto Militar de Engenharia (IME) durante o ano letivo de 1965.

No Departamento de Materiais do CTA, cresce a Usina Piloto, que deverá estar operando no início de 1968.

O Titânio despertou em todo o mundo o interesse da Indústria Aeronáutica e da Indústria Química devido às suas excelentes propriedades mecânicas e sua inoxidabilidade.

São as seguintes as principais propriedades do Ti em comparação com os demais metais mais comuns:

Nº Atômico : 22	Pêso Atômico : 47,9
Estrutura cristalina abaixo de 882 °C : Hexagonal Compacto (Alfa)	acima de 882 °C Cúbico de corpo centrado (Beta)
a = 2,9504 Å	a = 3,3065 a 900 °C
a = 4,683 Å	
c/a = 1,587	

	Ti	Al	Cu	Fe	Mg
Ponto de fusão, °C	1660 ± 10	660	1084	1535	650
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	4,51	2,70	8,94	7,86	1,74
Condut. Térmica (cal/cms °C) a 20%	0,0407	0,57	0,92	0,17	0,35
Resist. Elétrica (u-ohm-cm) 20 °C	48,2	2,68	1,72	10	4,4
Calor específico (cal/gr °C) 50 °C	0,126	0,24	0,093	0,109	0,245
Coef. dilat. térmica linear	8,9	24	16,4	11,9	25,7
Susceptibilidade magnética (10 <sup>-6</sup> uni- dades cgs/g)	+3,43	0,65	-0,086	Femagn	+0,55
Potencial de eletro- do normal (V)	-1,75 $\varnothing$	-1,67	0,52	-0,04	-2,38
Módulo de elastici- dade (10 <sup>3</sup> Kg/mm <sup>2</sup> )	11	7	12,5	20,5	4,5

( $\varnothing$ ) o potencial de eletrodo do Ti, na água do mar se situa entre -0,09 e +0,06 V em relação ao calomel sat.

## 2. HISTÓRICO

Na História da Metalurgia, nenhum outro metal foi recebido com tanto entusiasmo e esperanças como o Titânio. Apesar de conhecido desde o século XIX, somente após a II Guerra Mundial é que pôde ser produzido sob a forma comercial.

São os seguintes, os marcos de sua história (1):

1798- Willian Gregor, tratando uma areia escura proveniente da região de Menachan, obteve um composto com aparência metálica ao qual denominou Meccanita ou Menaquita.

1793/95- Klaproth, químico alemão, analisando o minério rutilo, separou um metal ao qual batizou de Titânio, em alusão à mitologia grega, pela força elevada de coesão química que o mesmo possuía com o oxigênio. Daí por diante, foi aceito sob êste nome.

- 1797- Klaproth, tratando a ilmenita, obteve o mesmo metal e constatou que a Menaquita era idêntica à Ilmenita.
- 1797- Lampadius, Berzelius e outros, trabalhavam na separação e obtenção do metal. Os compostos que obtinham eram normalmente nítros, carbonetos com coloração metálica e extremamente duros.
- 1895- Moissan, publicou o seu trabalho sobre a redução do óxido de titânio com carbono, num forno elétrico e obtinha um produto isento de Si e Ni mas com 2% C.
- 1910- Hunter, realiza a redução do tetracloreto de titânio pelo sódio metálico, num reator de aço cilíndrico em ausência de ar, obtendo o metal puro, 100%.
- 1925- Van Arkel e de Boer, estudando a decomposição térmica de haletos metálicos sob um filamento de Tungstênio metálico incandescente, obtiveram o metal Titânio da forma mais pura possível, decompondo o Iodeto de Titânio.
- 1936/40- W.J.Kroll, trabalhando nos EEUU e a firma alemã Degussa, concomitantemente pesquisavam e desenvolviam o processo baseado nas experiências de Hunter, usando o magnésio ou sódio como redutores.
- 1946- W.J.Kroll, através do U.S. Bureau of Mines completava os estudos finais de produção baseados em tecnologia mais simplificada, do que a empregada por Hunter e lança as bases para a implantação de uma produção industrial em média escala, num processo de redução do  $TiCl_4$  com Mg sob argônio, que levou o seu nome.
- 1946/52- O Governo norte americano, impressionado com as características do metal, incentiva a produção através de contratos de Pesquisa e produção subvencionados, visualizando o seu emprego nas futuras aeronaves supersônicas. Em 1952, o Titânio era pela primeira vez empregado como elemento estrutural nos aviões a jato. Neste ano, a produção americana atingia 100 ton por mês de Ti (2).

Daí para diante a produção cresceu (Fig.1), (3) de forma estupenda nos EE.UU., até 1957/58, quando a estratégia militar baseada no emprego de aeronaves pilotadas mudou e os contratos baixaram (Fig.2) dando lugar aos Programas de Mísseis e Foguetes teleguiados, fruto do lançamento do 1º Sputnik Soviético.

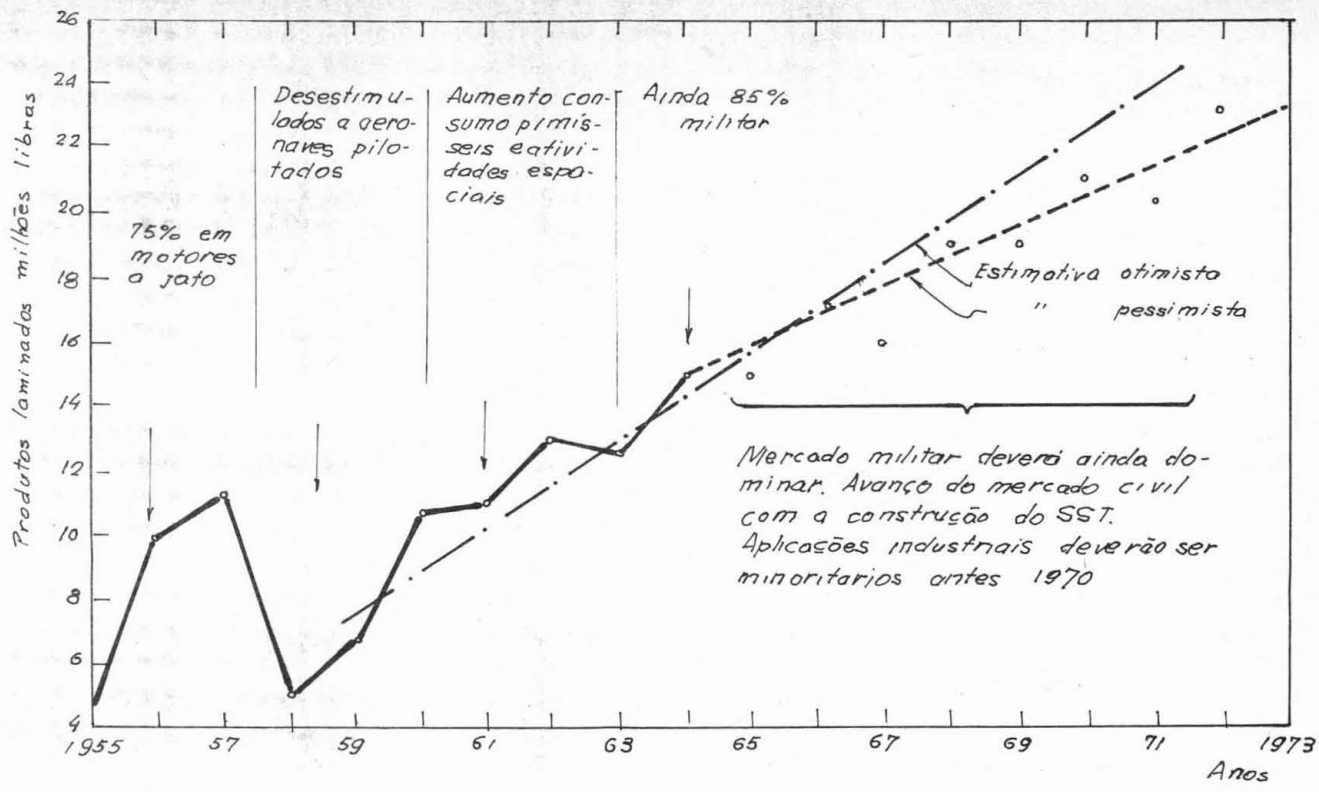


Figura 1- Consumo de Ti: passado, presente e estimativa futura

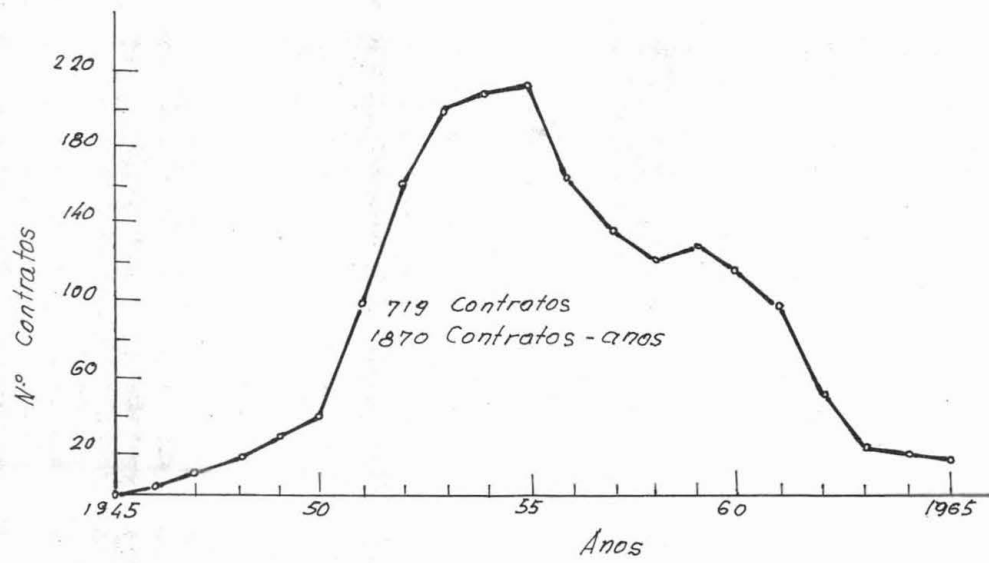


Figura 2- Contratos realizados pelo governo Norte Americano para a pesquisa do Ti, entre 1945- 65. (3)

Sòmente em 1963/65 é que a indústria de Ti americana se recuperou do grave recesso sofrido, atingido a produção de 1957 e 1958.

Para se ter uma idéia do estímulo e interêsse do Governo Americano no metal, basta se ter em conta que sòmente entre 1950 a 1960, o mesmo dispendeu US\$ 165 milhões em estímulo à produção, dos quais US\$ 63 milhões sòmente à pesquisa e desenvolvimento, o que significava para o mesmo período naquele país, 0,3% do orçamento global do Governo destinado a Pesquisa (4).

Além disso, o Governo Norte-Americano, orientou os contratos no sentido de ser montada uma indústria com capacidade de produção fixada arbitrariamente em US\$ 5,00 a libra-pêso.

Com o aumento da produção êstes prêços se ajustaram e caíram como pode ser visto na Fig. (3) (3).

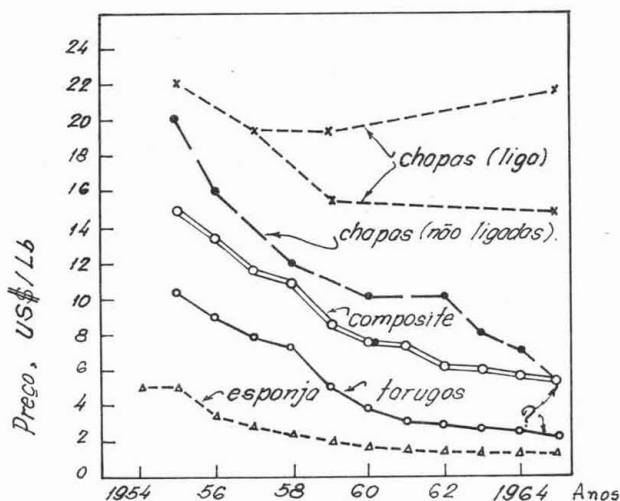


Figura 3- Prêços dos produtos de Titânio nos USA. (3)

Êste metal, cuja história resumida mostrou-se, sofrer os riscos inerentes de todo o metal nôvo de consumo e produção fortemente estimulados artificialmente.

Impressionados com as características do metal e minério:

- características mecânicas iguais aos aços tratados;
- inoxidabilidade e resistência à corrosão iguais aos dos melhores aços inoxidáveis;

- baixa densidade, 56% da do aço e 60% maior do que a do alumínio;
- minerais abundantes, nono elemento mais abundante na crosta terrestre e o 4º metal estrutural mais abundante; os fabricantes e o govêrno norte-americano tomaram-no como "Metal do Futuro" e se lançaram à produção em grande escala.

Devido ao elevado custo da pesquisa e desenvolvimento deste metal, os outros países ficaram praticamente à margem do desenvolvimento do mesmo, só reagindo bem mais tarde, com o aparecimento da Inglaterra, Canadá, França, Alemanha e mais modernamente do Japão, que já possui a 2a. indústria deste metal, em capacidade, do mundo, de tal forma que consegue exportar um produto de alta qualidade em competição com os produtores nos próprios países.

Uma das sérias razões que limita atualmente o emprego maior do Ti na indústria é o seu preço que ainda é bastante elevado, somente porque a sua produção é descontínua. Não resta dúvida que o metal se encontra hoje como o Alumínio se encontrava antes de Heroult.

A pesquisa é intensa para a sua obtenção contínua e somente nos EEUU são dispendidos cerca de US\$ 20 milhões por ano em pesquisa (5), para simplificar a sua extração.

### 3. OBTENÇÃO DA ESPONJA DE TITÂNIO

Tomando-se como base o organograma da Fig.4, que é válido para a Usina em construção no CTA, pode-se acompanhar a metalurgia do Ti. Neste organograma não constam as fases de preparação do minério nem a sua cloração uma vez que estes estágios já são realizados numa indústria brasileira e que entrega o  $TiCl_4$  comercial à Usina do CTA .

#### A. Minérios

Existem dois minérios principais de titânio: o rutilo e a ilmenita.

O rutilo é o óxido ( $TiO_2$ ) com elevada pureza encontrado em jazidas abundantes na Austrália, EEUU e Madagascar. No Brasil, foram produzidos entre 1949/58 aproximadamente 1.000 ton (6).

O  $TiO_2$  puro, isento de impurezas é utilizado largamente



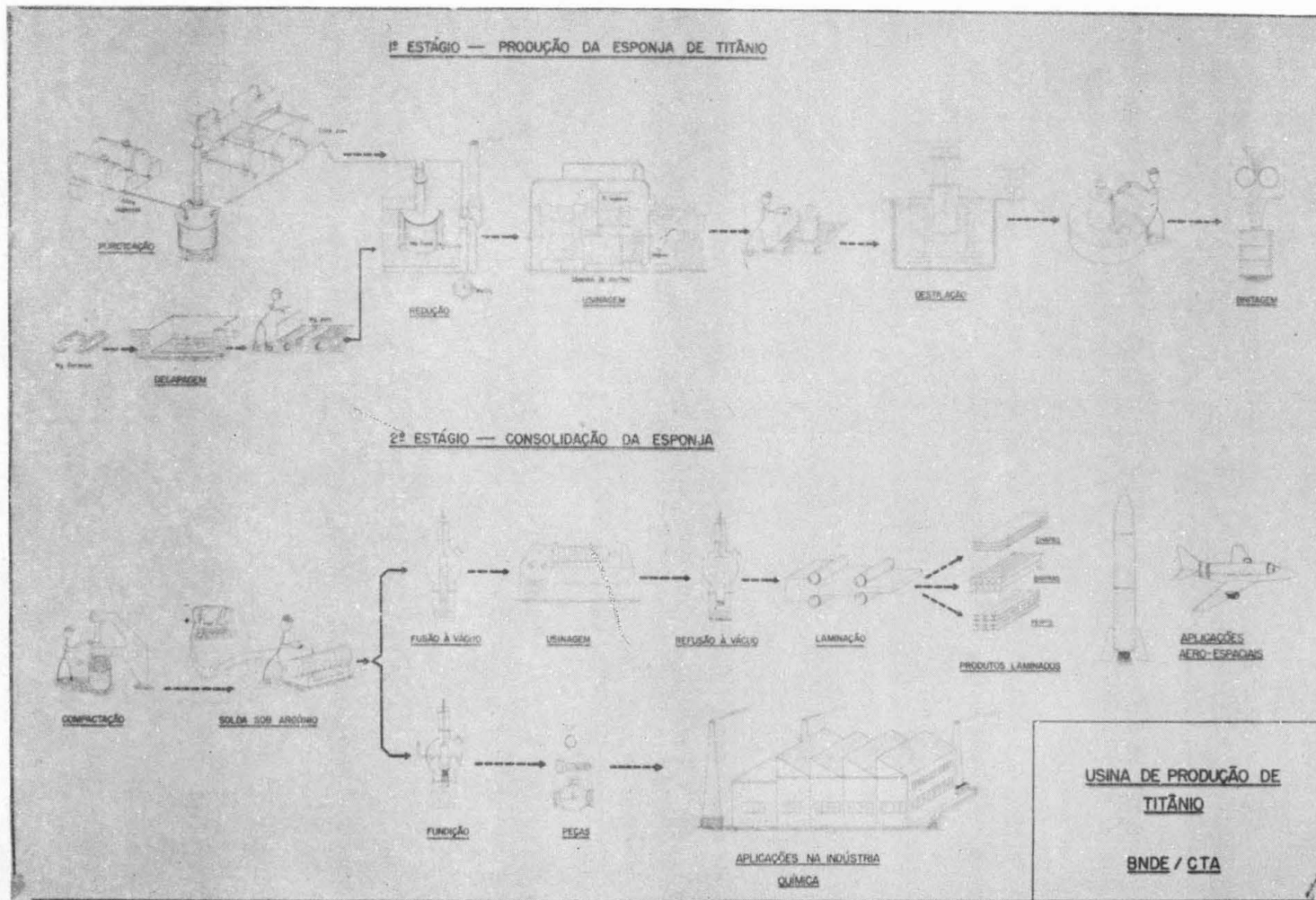


Figura 4 - Esquema da seqüência operacional da Instalação Pilôto CTA/BNDE de produção de Ti



como matéria prima para tintas. O Brasil importou em 1963 cêrca de 7.200 ton de dióxido de titânio no valor de US\$ 3,6 milhões e para os próximos anos deverá importar US\$ 5 milhões até 1968, quando então será produzido no Brasil (Bahia) 20 mil ton anuais.

Conhecem-se no Brasil poucas jazidas de rutilo de importância.

A ilmenita é um minério de ferro e titânio, titanato de ferro  $TiO_2.FeO$ , mais abundante do que o rutilo.

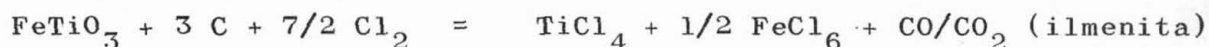
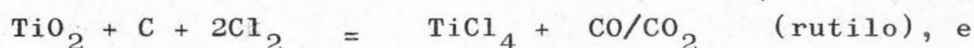
No Brasil ocorre com os minérios de monazita e zirconita.

### B. Cloração dos Minérios

A cloração é feita pelo cloro gasoso que ataca as briquetes porosas de minério aglomerado (com melão, cloreto de ferro, etc) e coqueificado, num clorador prèviamente aquecido a 500-800 °C. Uma vêz iniciada a reação, ela prossegue expontâneamente, pois é fortemente exotérmica. Os óxidos do minério, são transformados em cloretos voláteis que saem do clorador, indo condensar nos condensadores mantidos nas temperaturas de condensação dos diversos cloretos. (Fig.5).

Dessa forma, se faz além da condensação uma separação fracionária que confere pureza elevada ao cloreto de Titânio.

A reação simplificada é:



A proporção de  $CO/CO_2$  em ambas as reações depende do teor de C presente e da temperatura da reação. Assim, de conformidade com a Fig.6, abaixo de 1000 °K tem prevalência a reação (A) formando  $CO_2$ , sôbre a (B) que forma CO.

A instalação de cloração de rutilo é bem mais simples que a de cloração de ilmenita, uma vez que esta necessita de condensadores adicionais para a separação do  $TiCl_4$  e  $FeCl_3$  cujos pontos de condensação são 136 °C ( $TiCl_4$ ) e 319 °C, para o  $FeCl_3$ .

### C. Purificação $TiCl_4$

Apesar da boa pureza do  $TiCl_4$  obtido pela cloração é necessário para o caso da metalurgia do Ti, que haja uma purificação posterior a fim de obter uma pureza máxima no Ti metálico.

A especificação para o  $TiCl_4$  comercial, para uma usina de Ti é a seguinte:

0,15 g/l Fe	1,0 g/l Si
3,0 g/l Va	7,0 g/l resíduo não volátil a 150 °C
0,02 g/l Si	

Na figura 11 temos uma vista da instalação de purificação do  $TiCl_4$  na fase final de montagem (P.M.R. - C.T.A)

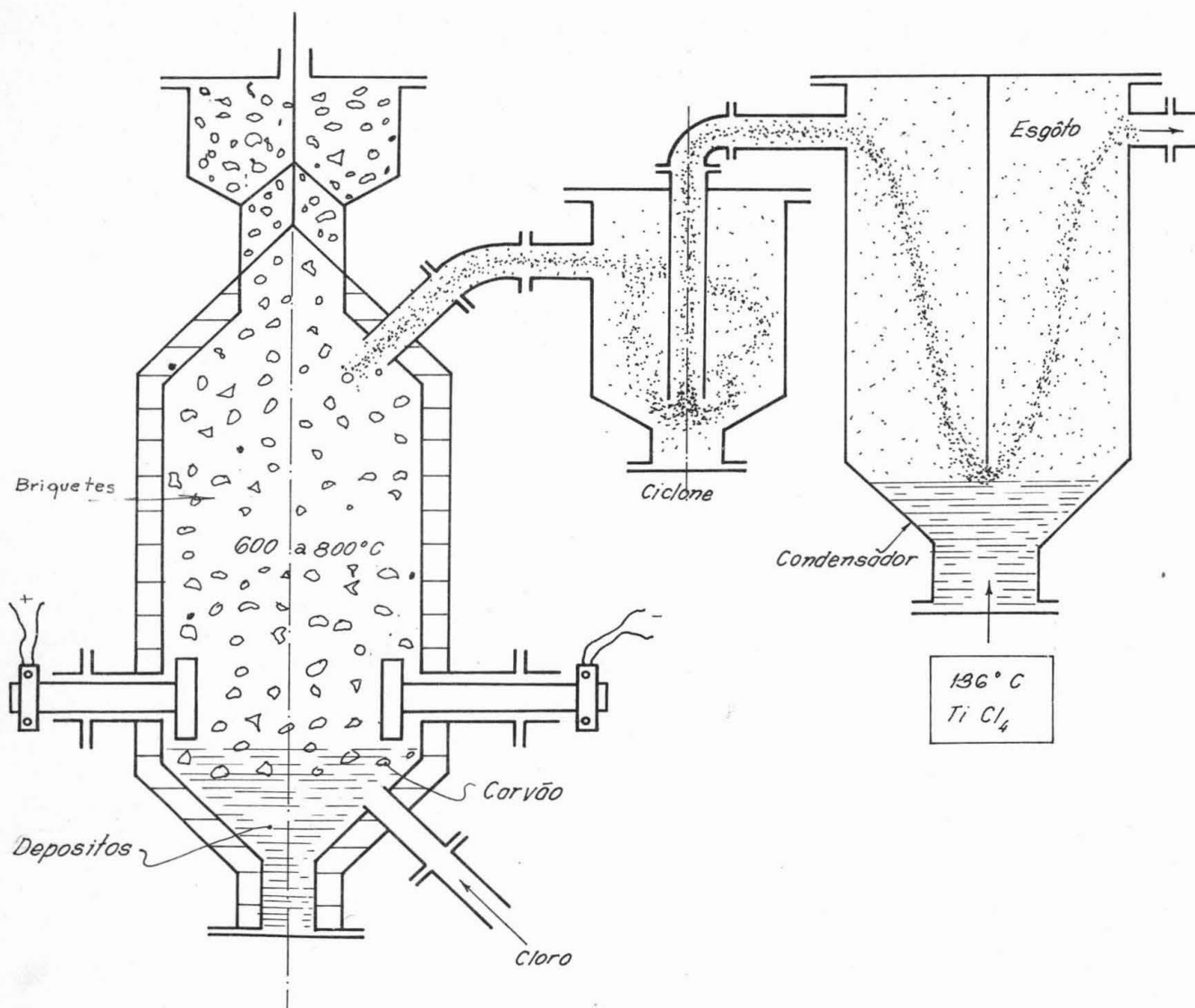


Figura 5- Esquema de uma instalação de cloração de rutilo

## Outros Processos de Redução

Existem muitos outros processos já experimentados e sugeridos, mas apenas serão citados alguns deles, pois não tiveram a aceitação industrial do Processo Kroll:

São os seguintes:

- a) Eletrólise dos fluoretos alcalinos misturados com fluoreto de Ti (fluorotitanato).
- b) Decomposição térmica do Iodeto (V. Arkel)

É o processo que produz a melhor e mais dúctil esponja. Entretanto, não se enquadra nos moldes de grandes produções industriais.

Baseia-se na decomposição do iodeto sobre um filamento W aquecido a 1300/1400 °C num reator revestido de Mo.



A reação se desloca para a direita entre 500 e 550 °C e para a esquerda a 1300/1400 °C.

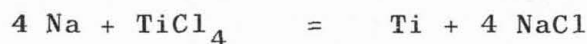
- c) Redução com Ca ou CaH<sub>2</sub>



Desvantagens: maior consumo de redutor (20 a 25% maior) esponja de qualidade inferior -99-99,5% Ti.

- d) Redução com Na metálico:

Obedece a uma reação similar à do Mg, ou seja:



Vantagens: 1) maior eficiência do redutor devido à sua maior pressão de vapor que não permite o Na ficar ocluído na esponja sem reagir quimicamente com TiCl<sub>4</sub>.

2) Quantidades de Ti aderentes ao reator são mínimas.

Desvantagens: 1) São necessárias quantidades duplas de redutor em relação ao Mg (1 Kg de Mg/Kg Ti x 2 Kg Na/Kg Ti).

- 2) O Na metálico exige cuidados de manuseio muito mais acurados que o Mg pois a inflamabilidade e a natureza cáustica do Na, aumentam os riscos de acidentes de trabalho.
- 3) O cloreto de Na ocluso na esponja não pode ser destilado a vácuo, pois sua pressão de vapor a  $925^{\circ}\text{C}$  é metade da do  $\text{MgCl}_2$ , devendo ser lixiviado, aumentando desta forma a oxidação superficial da esponja.

#### e) Redução com Mg na fase vapor

Em 1961, os japoneses (8) anunciaram ter conseguido realizar com sucesso em escala semi-industrial, a redução do  $\text{TiCl}_4$  com Mg injetados sob forma de vapor num reator evacuado que ao mesmo tempo reduz e destila, sendo possível a fabricação contínua.

A idéia não é nova e já foi tentada por outros e utiliza um reator com um esqueleto de Ti armado no seu núcleo sobre o qual são injetados os vapores de  $\text{TiCl}_4$  e Mg, formando os cristais de Ti sobre o esqueleto.

#### E. Purificação da esponja

Depois de removida do reator, os cavacos de Ti esponja são transladados para uma retorta de destilação a vácuo ou lixiviadas com ácido clorídrico, conforme o processo utilizado.

O processo de lixiviação, apesar de ter sido adotado inicialmente, foi sendo substituído gradualmente pela destilação em vácuo, salvo no caso de redução com sódio, onde é impraticável a destilação. Na usina pilôto do PMR, foi escolhida a destilação sob vácuo.

Na Fig.9, pode ser visto o esquema de uma unidade de purificação por destilação a vácuo.

O material (240 Kg de esponja impura) é carregado em uma cesta colocada no fundo de uma retorta de aço doce que penetra num forno elétrico até a sua metade. Na parte superior a retorta é refrigerada para possibilitar a condensação nas suas paredes e chicanas, do  $\text{MgCl}_2$  evaporado sob um vácuo da ordem de  $20 \times 10^{-3}$  Torr e  $1000^{\circ}\text{C}$  na zona inferior.

Para a retorta de aço doce poder suportar a diferença de pressão a  $1000^{\circ}\text{C}$ , provoca-se um vácuo externo da ordem de 50 a 100 Torr.

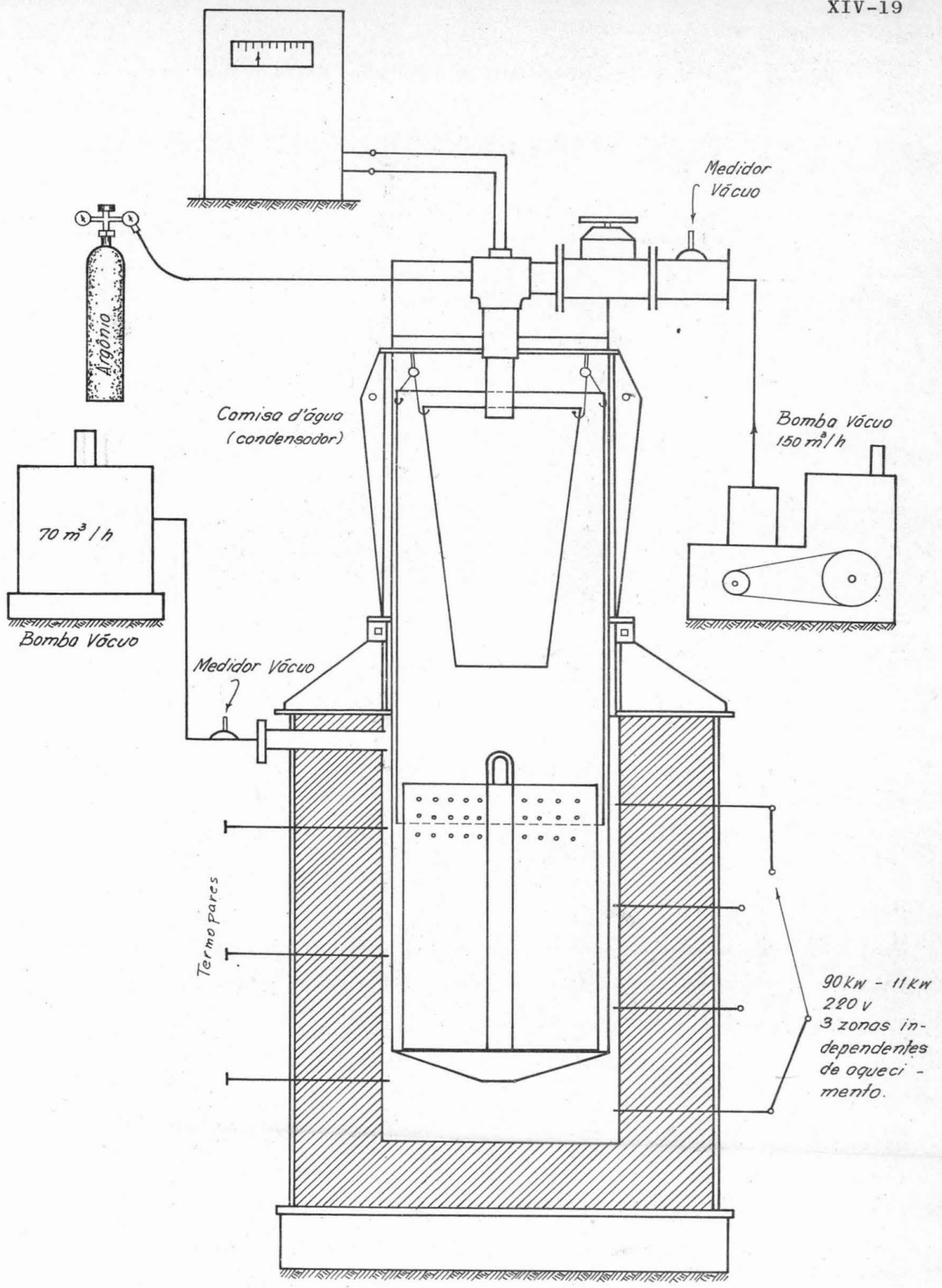


Figura 9

Além disso, as retortas são metalizadas externamente para evitar a oxidação.

A temperatura de 1000 °C e o vácuo de  $20 \times 10^{-3}$  Torr proporcionam uma taxa de condensação média de aproximadamente 3 Kg por hora de  $MgCl_2$  sendo que o processo dura de 30 a 35 horas.

Saliente-se que em todo o processo, a estanqueidade da retorta deve ser assegurada com absoluto rigor para evitar a entrada de gases no sistema. No resfriamento, introduz-se argônio.

A esponja depois de purificada sai do forno semi-sintetizada e deve ser desagregada por meio de um martetele pneumático, já agora ao ar livre pois não há risco de contaminação à temperatura ambiente. Deve-se somente evitar a umidade. Uma análise típica da esponja destilada é a seguinte:

0,5% Mg; 0,15% Cl; 0,1% Fe; 0,1%  $H_2$ ; 0,05-0,1%  $O_2$ ; 0,05% N; 0,04% C;  
Ti - 99,95% :

#### Experiências realizadas no PMR : Conclusões

Com vistas à produção em escala piloto de 120 Kg de esponja de Ti, por corrida, foram realizadas uma série de experiências de pequeno porte com um reator tubular extremamente simples, com capacidade de produzir, até 2 Kg por corrida. (Fig.10).

O magnésio foi decapado numa solução de ácido clorídrico diluída e o  $TiCl_4$  foi proveniente de uma amostragem de 10 litros, já purificada pela firma fornecedora.

Das experiências realizadas, pôde-se tirar as seguintes conclusões:

- a- a redução inicia bem a partir dos 750 °C
- b- a introdução de  $TiCl_4$  em demasia, provoca um aquecimento espontâneo do reator, podendo atingir mais de 1000 °C, mesmo com o forno apagado.
- c- durante a redução bem conduzida, o processo é silencioso e a quantidade de gases despreendida é nula. Um excesso instantâneo de  $TiCl_4$ , provoca um aumento rápido na pressão e uma saída de  $TiCl_4$  gasoso, pela válvula de escape, de coloração azulada cinzenta.



d- no final do processo, uma injeção de  $TiCl_4$  provoca um aumento de pressão, sem um aumento na temperatura (Mg esgotado).

e- não houve entupimentos no tubo de admissão de  $TiCl_4$ .

f- A separação do  $MgCl_2$  e Mg da esponja de Ti por simples aquecimento a  $900^\circ C$  durante uma (1) hora, não é suficiente, pois o teor residual é bastante grande.

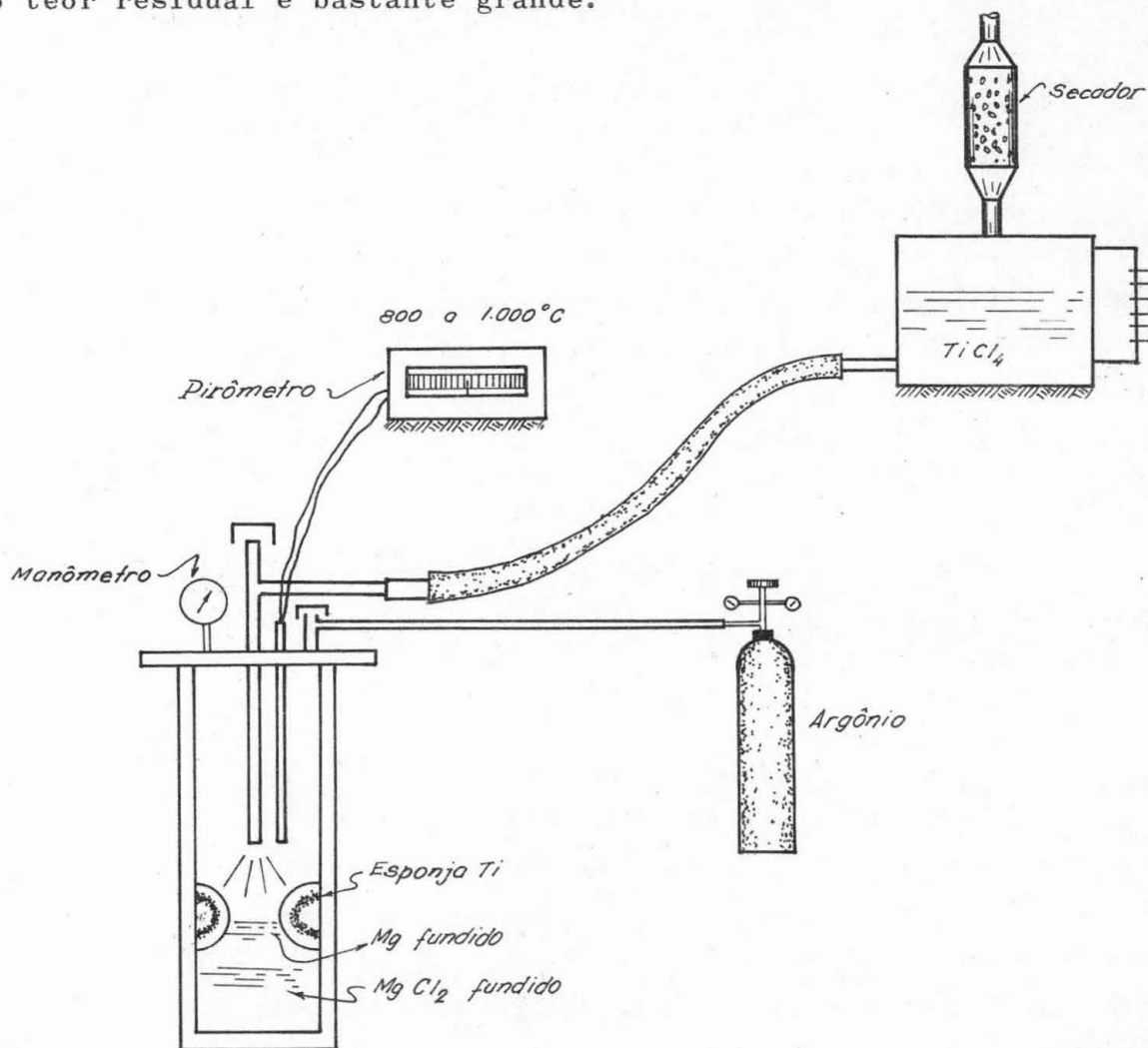


Figura 10- Reator tubular e conexões montadas para as experiências preliminares no PMR.

Agradecimentos: O autor deseja agradecer à colaboração de toda a "Equipe do Ti" do PMR e particularmente ao Químico Ruberto Farto, por sua dedicação especial na realização das experiências iniciais.



## R E F E R Ê N C I A S

- (1) - Enciclopédia Britânica
- (2) - R.L. Preece, "Le Titane dans la Construction Aeronautique, Air Technique, Nº 3, 1965.
- (3) - R.I. Jaffee, "An Appraisal of Ti Research and Development, AIAA Journal Oct 1965, Vol. 3
- (4) - Metals Handbook, Vol. 1, 8th Edition, ASM, 1961, pg. 1147
- (5) - R. Manocha et al; "Preparation of Titanium by Kroll's Process", Trans. Indian Institute of Metals, Vol. 7, 1953, pg 92
- (6) - Mineral Facts and Problems, US B of Mines, 1960
- (7) - K.K. Kelley, A.D. Mah, "Metallurgical Thermochemistry of Titanium", RI 5490, U.S. B of Mines, 1959
- (8) - S. Takencki, et al, "New Developments on the Production of Ti in Cristaline Form by Reactions Between  $TiCl_4$  and Mg Vapors, Japan Institute of Metals, Vol. 2, 1961.

## B I B L I O G R A F I A

## C O N S U L T A D A

- (1) - C.T. Baroch, T.B. Kaczmarek, W.D. Baines, L.W. Galloway, W.M. Mark and G.A. Lee, "Titanium plant at Boulder City, Nev., its design and operation, RI 5141 Bureau of Mines, Sept 1955.
- (2) - F.S. Wartman, J.P. Walker, H.C. Fuller, M.A. Cook and E.L. Anderson, "Production of ductile Titanium at Boulder City, Nev. " RI 4519 US Bureau of Mines, Aug 1949.

Arno Muller (1)

DEBATE:

Mário Rennó (2)

- Eu, em primeiro lugar, quero cumprimentar o Eng. Muller, pela exposição dêste tão interessante trabalho, cumprimentos que naturalmente se estendem a tôda equipe do Depto. de Materiais, que tivemos ocasião de visitar ontem e conhecer as instalações que estão em operação e agora conhecemos melhor êste trabalho que está sendo realizado. A minha primeira pergunta e quase sugestão, se refere a referências bibliográficas. Eu estou encontrando aqui algumas referências de trabalhos que realmente eu não conhecia. Mas estou notando a falta dos trabalhos do Bureau of Mines, que foram bastante citados na exposição do trabalho porque os Reports of Investigation do Bureau of Mines são uma bibliografia excelente e extraordinária de dados e operação para conduzir aquêles que ainda não têm experiências em pesquisa e particularmente num assunto que já tenha sido pesquisado pelo Bureau of Mines, êstes Reports of Investigation eu considero que são realmente um roteiro excelente. Em 2º lugar: porque não teria sido pensado ou qual seria a dificuldade, inconveniente, de se fazer êsse trabalho em câmara desumificada?

Muller

- Quanto a 1ª. pergunta, eu acho que o Sr tem razão e eu não sou original de forma nenhuma. Êstes trabalhos do Bureau of Mines, que o Sr citou são de extrema valia e foram intensamente consultados por nós, e o Sr que tem conhecimento dêles, pode ver que muitas partes de nossa instalação são parecidas com

as dêles. Eu farei um adendum ao trabalho ; mais com aspecto de bibliografia do que como referência porque são tantas as referências que é impossível numerá-las. Quanto à 2a. parte, nós inicialmente pensamos numa câmara desumificada. Consultamos a tôdas as firmas no Brasil, ligadas ao ramo, e nenhuma delas se dispôs a fazer tão complexo sistema. Porque era um volume extremamente grande o da sala. Os americanos têm essa possibilidade. A desumidificação como fizeram os norte-americanos é complexa; por exemplo, a câmara para ser bem desumificada e garantida, ela deve ter um revestimento interno com fôlha de alumínio, e por fora estar guarnecida com chapa de aço; sem contar os necessários compressores e sistema de secagem necessários. A única firma que se dispôs fez um orçamento tão fora de nossas possibilidades, que nós partimos para uma câmara de argônio que é muito mais barata. Um tubo de argônio está custando da ordem de 20 mil cruzeiros antigos enquanto que aquela lá estava avaliada em cêrca de 70 milhões de cruzeiros antigos e ninguém se dispunha a fazê-lo. Inclusive acho que a nossa solução seja algo original.

Rennó

- Outra sugestão que eu queria lhe fazer era uma investigação das possibilidades e do interesse do aproveitamento da perowskita (titanato de cálcio). Sábado último eu tive notícia de um geólogo de Minas Gerais, de que as reservas de perowskita que sendo conhecidas agora na região de Araxá levam a pensar que êstes depósitos serão talvez ainda maiores do que os de pirocloro. De modo que acho que é também uma investigação tecnológica de alto interesse econômico que se estude o aproveitamento dessa perowskita, que

possivelmente deverá ser muito mais abundante que a ilmenita e o rutilo que é ainda muito mais escasso. Segundo esta notícia projetos eu acho que a construção de uma usina na Bahia para a fabricação de pigmentos a base de titânio, vai consumir tôda a ilmenita que se produz por separação da monazita e parece que ela ainda será insuficiente para as necessidades desta usina. De modo que a perowskita, parece que será um outro mineral de muito interêsse para que encontre utilização como matéria prima para o titânio e para o pigmento. Eram estas as observações que eu queria fazer.

Pedro Menezes (3)

- Qual seria a umidade relativa do ar desejável nessa câmara desumificada?

Muller

- De côr, não sei. Mas vou lhe dar uma informação: as firmas que vieram aqui, trouxeram ábacos de umidade relativa que se encontram normalmente em manuais de engenharia. Nenhum dêsses ábacos abrigava o limite necessário. Quer dizer, o teor de umidade exigido estava bem a esquerda do teor de umidade normal, encontrado em instalações industriais comuns.

Menezes

- Muito menos dos 30% de umidade relativa?

Muller

- Muito menos.

Menezes

- Vamos dizer, 5%.

Muller

- Eu não tenho idéia exata mas era uma coisa extremamente pequena. Os trabalhadores que operam nestas usinas nos EEUU, normalmente podem ficar apenas uma hora trabalhando sem proteção. Ou então se quiserem ficar mais tempo deverão estar acondicionados com máscaras, etc... É uma coisa realmente fora do comum.

Canuto (4)

- Não vou fazer pròpriamente uma pergunta, mas sim complementar uma informação que o Dr. Mário Rennó citou. Há pouco tempo o Centro Morais Rego fêz um trabalho muito importante no qual foram estudados problemas de não ferrosos. Eu que acompanhei de início êste trabalho de titânio aqui e inclusive lutei muito para conseguir ajuda do BNDE para êste desenvolvimento que está sendo levado a efeito encontrei muita dificuldade na mentalidade que há quanto ao processo tecnológico de uma instalação piloto; nos órgãos governamentais; há dificuldade em dar esta responsabilidade a centros de pesquisas e desenvolvimento.

A pesquisa tecnológica, uma pesquisa dêste tipo que está sendo feita no Centro Técnico de Aeronáutica é uma pesquisa que tem de ser feita em Centro Tecnológico, quer dizer, nós temos realmente que introduzir linhas como estas, que estão sendo feitas: cloração por exemplo; esta é a linha para o Brasil. A linha por sulfatação que a Tibras está implantando no Brasil não me parece realmente a mais indicada.

Nós temos excesso de cloro, quer dizer que nessas circunstâncias a cloração é uma linha perfeita. Outra coisa: devemos usar os nossos recursos, os nossos minérios, e obter isso que está se obtendo aqui no Centro Técnico de Aeronáutica. E agora posso, cumprimentar a equipe do Muller; espantou-me bastante, depois de me ausentar do CTA, por um certo tempo todo êste trabalho que êle está fazendo porque é muito difícil. Não existe uma mentalidade na indústria ainda, para amparar projetos dêsse tipo, instalações pilotos e desenvolvimentos dessa tecnologia, que não são originais no mundo, mas originais no país e que podem abrir perspectivas industriais de alto porte.

- Muller - Os Srs. talvez não saibam o lugar proeminente que ocupou o eng<sup>o</sup> Canuto no projeto Titânio. É o que eu queria ressaltar.
- Aparteante - Dos elementos que maior afinidade tem com o Titânio, um é o oxigênio que parece ser um componente natural do argônio; qual o grau de pureza do argônio?
- Muller - No Brasil nós temos a disposição o hélio, como foi usado no Bureau of Mines, ou argônio, ambos com duas purezas. A pureza comercial, usada em solda, e a extra-comercial. Posso me lembrar que a pureza comercial do argônio tem um teor de oxigênio da ordem de 5ppm. A outra eu não me lembro de cór. Nós já contactamos com duas firmas fornecedoras de argônio, para que eles nos digam as possibilidades de evaporação do argônio no local de utilização o que daria então possibilidade de obter o mais puro argônio.
- Batista (5) - Eu gostaria de saber do eng<sup>o</sup> Muller, qual o total em cruzeiros desse projeto.
- Muller - Está nos custando, da ordem de 141 milhões de cruzeiros antigos, na parte de equipamento. Na parte de pessoal desse projeto que já está sendo estudado há mais de 2 anos, já está na casa de quase 300 milhões.
- Batista - Segunda pergunta que eu gostaria de saber, é na parte de produção de Titânio, e na parte de análise do Titânio, quantos pesquisadores, quantos engenheiros trabalham no projeto.
- Muller - Cada pesquisador é responsável pelo seu setor; há um responsável pela destilação, pela redução, análises, controle de qualidade,

isso dá ao todo, 12 engenheiros e 24 técnicos, trabalhando nêsse projeto.

Batista

- Talvez uma das primeiras aplicações do Titânio seria para uso de laboratório, e eu queria saber se estão sendo feitas análises químicas ou outros tipos de análises, do Titânio fundido.

Muller

- Nós atualmente estamos fundindo esponja importada, e tomamos a americana como padrão e vamos ver se a superamos ou não. Então todas as nossas análises estão tomando aquele produto como padrão. Nós mesmos não produzimos esponja ainda que possa ser analisada.

Batista

- Quais são as propriedades levantadas do Titânio fundido no PMR?

Muller

- São as seguintes: titânio comercialmente puro - importado, fundido em nossas instalações deu resistência a tração de  $45 \text{ Kg/mm}^2$  alongamento de 31,4% e Dureza Brinell de 112 Brinell. São as três medidas que praticamente definem o material. Na produção, o controle de qualidade mais expedito que existe é fundir a esponja em pastilhas e medir a sua dureza.

Rodighiero (6)

- Eu gostaria de perguntar ao engº Muller, se quando nos EEUU, ou então na Grã-Bretanha, visitou alguma fábrica onde está sendo desenvolvido a laminação, extrusão, ou processo parecido de Titânio.

Muller

- Atualmente se produz todos os tipos de peças forjadas ou fundidas, laminadas que se possa imaginar. Eu estive na França e na Inglaterra onde se produzem tubos repuxados de Ti com mais ou menos 500 mm de comprimento e com paredes de 0,2mm que servem para condu-



tores de energia elétrica dentro de banhos de cromação. Aqui, esta será a 2a. parte do nosso projeto e que vai levar a esponja até o laminado. Por enquanto nós pretendemos contactar com as indústrias, para ver qual aque estiver interessada, (porque a produção de verá ser muito pequena) e se nos poderá auxiliar de alguma maneira.

Rodighiero

- Na laminação, o interêsse da aeronáutica seria em qual espessura?

Muller

- Vamos dizer assim: entre 1 mm e 2 mm. Agora, a principal aplicação atual ainda é sob a forma de liga principalmente para discos de rotores e turbinas forjadas. Dá uma resistência ótima. E a última inovação que houve, foi na corrida de Les Mans, onde um automóvel com as bielas de titânio venceu espetacularmente a corrida porque o pêso é muito menor, e a inércia é menor, dando acele-rações mais rápidas. Portanto, abre-se também o mercado automobilístico.

- (1) Arno Muller  
Eng<sup>o</sup> Metalúrgico pela UFRGS - 1962  
Pesquisador do Depto. de Materiais - IPD/CTA  
S. José dos Campos
- (2) Dr. Mário Rennó Gomes  
Prof. Catedrático de Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos na  
Escola de Engenharia da UFMG  
Eng<sup>o</sup> Tecnologista do Instituto de Tecnologia Industrial de MG
- (3) Pedro Menezes  
Eng<sup>o</sup> de Refrigeração da Diretoria de Engenharia Aeronáutica
- (4) Talmir Canuto Costa  
Diretor Geral do Minas Instituto de Tecnologia - MIT
- (5) Prof. Batista Gargioni Filho  
Prof. do ITA - Mestre em Ciências (Física)
- (6) Lino Rodighiero  
Eng<sup>o</sup> da Cia Brasileira de Alumínio

