

LIGAS INOXIDÁVEIS EMPREGADAS NA CIRURGIA TRAUMATOLÓGICA E ORTOPÉDICA (1)

Lybio Antunes Maciel (2)

RESUMO

O autor passa em revista as ligas utilizadas na cirurgia traumatológica e ortopédica, examinando principalmente o grupo dos aços inoxidáveis austeníticos e a liga «Vitallium», que, pelos motivos enumerados, são as ligas que maior interêsse despertam no país.

1. INTRODUÇÃO

Não cabe neste estudo a investigação histórica, porém, citará o autor alguns trabalhos e investigações que julga marcantes neste setor.

Foi com as exigências da indústria que os metalurgistas começaram a estudar ligas resistentes a ação corrosiva dos elementos. Primeiro empiricamente e mais tarde cientificamente. Foram as ligas ferrosas que mais despertaram interêsse por parte dos estudiosos. Em 1872, Woods e Clark chamaram a atenção para o fato de certas ligas de ferro e cromo apresentarem boa resistência a corrosão. Em 1903, uma patente inglesa de liga, contendo 24 a 57 % de cromo e 5 a 60 % de níquel e ferro restante, foi cedida a manufatureiros franceses. Por volta de 1910, Strauss, em Essen, fez uma liga de ferro, níquel e cromo para tubos de pirômetros. Os aços industriais de marcada resistência à corrosão datam de 1910. As invenções das ligas básicas ferro-cromo-níquel vão até 1921, e a essas ligas foram adicionados mais recentemente titânio, molibdênio, tungsteno e colúmbio.

Dos aços inoxidáveis somente os de estrutura austenítica tiveram aplicação franca no campo da ortopédia e traumatologia.

Nas ligas não ferrosas, somente as criadas nos últimos anos e denominadas «Ticonium» e «Vitallium» tiveram aplicação ampla no campo cirúrgico, sendo a mais importante o «Vitallium».

O «Vitallium» foi desenvolvido a partir das ligas a base de cobalto, creadas para atender os problemas de corrosão das palhetas de turbinas dos modernos motores de reação. O primeiro uso do «Vitallium» foi em odontologia.

(1) Trabalho apresentado ao 7.º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, C. T. n.º 177, Pôrto Alegre, R.G.S., julho de 1951.

(2) Membro ABM; Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Pôrto Alegre, RGS.

Um dos pioneiros no emprêgo dessas ligas especiais, nas fraturas ósseas, foi Sherman, de Pittsburgh.

Venable, de San Antonio, investigou intensivamente os efeitos e ação eletrolítica dos metais nos tecidos, e os efeitos de diferentes metais empregados simultâneamente.

Como foi visto neste breve relato, embora as ligas ferrosas resistentes a corrosão, datem de 1910, sòmente nos últimos tempos, devido a manufaturas mais perfeitas, têm sido possível empregá-las com bons resultados e perfeita tolerância, nos tecidos humanos.

2. APANHADO SÔBRE AS LIGAS USADAS ATUALMENTE

a) *Aços inoxidáveis*: Um dos aços inoxidáveis mais empregados é o chamado 18-8, com molibdeno. Estes aços estão enquadrados dentro das normas AISI-316 e são fabricados, só nos EE.UU. por mais de 26 Usinas, com marcas comerciais as mais diversas. Equivalente à mesma liga é o 317, com pequena alteração nos teores de Cr e Mo.

Estes aços apresentam a seguinte composição:

1) Aço inoxidável 316: Cr 17 %, Ni 10 %, Mo 2 %, Mn 2 %, C 0,08 %, Si 0,75 %, P 0,03 % max e S 0,03 % max; 2) Aço inoxidável 317: Cr 20 %, Ni 14 %, Mo 4 %, os restantes iguais.

As propriedades físicas e mecânicas destes mesmos aços estão indicadas na tabela n.º 1.

Propriedades dos aços inoxidáveis 316 e 317

Tratamento	Peso específico g/ cm ³	Resistên- cia elétrica microh- om/ cm ³	Dilatação linear mm/ mm/° C	Dureza Brinell	Resistên- cia a tração kg/mm ²	Alonga- mento sôbre 2'' %
Laminado a quente	79,8	75	0,000417	165	65	47
Recozido	„	„	„	140	58	55
Trabalhado a frio	„	„	„	200	67	45
Estirado duro	„	„	„	—	170	5

b) *«Ticonium»*: É a liga não ferrosa mais empregada no campo da odontologia com tendência a ser substituída pelo «Vitallium». As peças de Ticonium são sempre obtidas por fundição.

Sua composição é: Ni 35 %, Co 29 %, Cr 27 %, Mo 6 %, Be 1,6 %, não especificados 1,4 %.

c) *«Vitallium»*: Liga não ferrosa a base de cobalto, pertencendo a um grupo de ligas creadas para resistirem a altas temperaturas. O «Vitallium» destacou-se pela sua alta resistência a corrosão, em ex-

periências feitas sob a supervisão da Universidade de Michigan, nos Estados Unidos.

Devido a sua grande estabilidade em meios alcalinos e ácidos, passou a ser usado em grande escala, primeiro na odontologia e mais tarde na prótese ortopédica e traumatológica.

Na Tabela n.º 2 podemos comparar as porcentagens dos diversos constituintes metálicos dessas ligas:

TABELA N.º 2

Composições de ligas especiais para cirurgia

	Co (%)	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Cb (%)	W (%)	Mn (%)	Si (%)	Fe (%)
Vitallium	62	0,25	27	2	6	—	—	0,6	0,6	1
61	67	0,4	23	2	—	—	5	0,6	0,6	1
422—19	52	0,4	23	16	6	—	—	0,6	0,6	1
S —816	44	0,4	19	20	4	4	4	0,6	0,3	3

As propriedades físicas do Vitallium são as seguintes: Densidade — 8,3 g/cm³; resistência a tração — 70 a 75 kg/mm²; dureza Rockwell C — 25 a 35 e alongamento sobre 2" — 7%.

As peças manufaturadas de Vitallium são obtidas por fundição, em moldes de material refratário, com moldagem feita pelo processo de cêrca perdida. O acabamento é feito por abrasivos, oferecendo, por essa razão, alguma dificuldade na execução de certos trabalhos de precisão.

O «Vitallium» é de alta resistência a corrosão e perfeitamente tolerado pelos tecidos ósseos.

3. CONCLUSÕES

Neste trabalho visa o autor pôr em evidência as principais ligas empregadas atualmente, ou seja os aços 316 e o «Vitallium».

É evidente que com as pesquisas atuais, melhores ligas surgirão, porém, devemos nos lembrar do custo das peças e nas possibilidades de sua manufatura no nosso país. Os aços inoxidáveis, devido a sua produção em grande escala, permitem um custo relativamente baixo, por unidade de péso.

A usinagem destes aços com ferramentas e métodos adequados, não é difícil em pequenas oficinas, o mesmo não se dando com as ligas fundidas que, devido a processos complicados, são de manufatura cara e só possível em laboratórios adequados.

As ligas fundidas especiais mencionadas devem ser usadas em certas próteses complicadas, como por exemplo, a reconstrução de uma cabeça de femur ou humero ou a de parte de um maxilar.

BIBLIOGRAFIA

- HOHLER, L. e JESCHKE, W. — *Trat. Operatório de las Fraturas y de las Seudoartrosis del Cuelo del Fémur.*
 CORNIOLEY, C. E. — *L'Ostéosynthèse des Os Longs.*
 FRANTZ, R. — *L'Ostéosynthèse Metallique.*
 MORUZI, A. — *Synthèse et Prothèse Osseuses.*
 STUCK, V. e VENABLE, C. S. — *Internal Fixation of Fractures.*
 VENABLE, C. S. e STUCK, W. G. — *Surgery Gynecology and Obstetrics*, vol. 87, n.º 2.
 VENABLE, C. S. e STUCK, W. G. — *The Journal of Bone and Joint Surgery*, vol. 30-B, n.º 3.

DISCUSSÃO

Presidente: Prof. Tharcisio D. de Souza Santos

Membros: Eng. João Baptista Perlott, Sr. Lybio A. Maciel, Eng. Jarbas O. Nascimento, Eng. Raul Cohen e Sr. Eric Cindric.

Prof. Tharcisio D. de Souza Santos (1) — Agradeço ao sr. Lybio A. Maciel a apresentação do seu trabalho e o submeto a discussão.

Gostaria de saber se há facilidade de obter Ticonium e Vitallium entre nós.

Sr. Lybio A. Maciel — Há atualmente uma representação entre nós. Como sabemos, estas marcas Ticonium e Vitallium são de uma firma dos Estados Unidos, que atualmente tem filiais no Brasil.

Prof. Tharcisio D. de Souza Santos — Estas ligas são produzidas no país ou importadas para venda aos consumidores nacionais

Sr. Lybio A. Maciel — Vêm em lingotes e são refundidas aqui, naturalmente de acôrdo com as encomendas feitas.

Prof. Tharcisio D. de Souza Santos — A principal dificuldade na utilização dessas ligas reside na operação de corte. Não é exato?

Sr. Lybio A. Maciel — Com ferramentas comuns não é possível cortar estas peças de Ticonium e Vitallium. Mesmo com carbonetos não é possível usiná-las. São fabricados por "microcast", que é a fundição de precisão, e depois o acabamento é feito com abrasivos. Esta é justamente a razão porque sugiro se estude os aços inoxidáveis que permitam uma manufatura mais prática e que são também perfeitamente toleráveis pelos tecidos, conforme tem sido provado. Daí a razão de sugerir eu tal medida aos manufatureiros, que, muitas vezes, empregam aços inadequados. Por exemplo, foram experimentados num hospital da marinha dos Estados Unidos cravos de aço 410, que é, um aço de 13% de cromo, e constataram que houve, num caso, corrosão tão violenta que rompeu o cravo. E' evidente a falta, neste caso, de orientação ministrada por metalurgistas, porque se houvessem sido consultados, não teria havido êste acidente. O aço 410 não pode ser empregado, de maneira alguma, em tecido humano. E' um aço de 13% de cromo e de estrutura martensítica que não resiste por meses num meio alcalino ou ácido.

Eng. Horace A. Hunnicutt (2) — Pergunto se já existem instalações para êste fim no Brasil.

(1) Membro ABM; Engenheiro Civil, Professor interino da Escola Politécnicã da Universidade de São Paulo, engenheiro chefe da Divisão de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, SP.

(2) Membro ABM; Engenheiro Mecânico; The International Nickel Co.; São Paulo, SP.

Sr. Lybio A. Maciel — Sim, senhor, já temos as instalações da Austenal, em São Paulo, que está produzindo estes materiais, e em Pôrto Alegre há uma firma que está manufaturando peças de Ticonium. Aqui se manufaturam Ticonium e Vitallium para fins odontológicos e em São Paulo, para a cirurgia em geral.

Prof. Luciano Jacques de Moraes ⁽³⁾ — Mencionou-se há pouco neste recinto que há grande dificuldade em se obter níquel. Como sabemos, o Brasil possui jazidas importantes desta natureza e uma delas se encontra no Estado de Goiás, que está sendo preparada para ser industrializada. Há um grupo de capitalistas norte-americanos e canadenses interessado neste empreendimento. Nestas condições, esperamos que, dentro em breve, haverá grande produção de níquel em Goiás, que passará a ser uma fonte de suprimento das nossas indústrias metalúrgicas. Também a Companhia Aços Especiais Itabira, da qual faço parte, estará produzindo aços e faz parte do seu programa a produção de aços especiais, se aqui houver condições de mercado que permitam a sua absorção. A nossa Companhia dispõe de aparelhamento e de técnicos e com o níquel nacional poderá, dentro de pouco tempo, atender a esta parte do seu programa.

Sr. Lybio A. Maciel — Realmente, se pudessemos produzir aços inoxidáveis, principalmente da classe do molibdênio, seria muito interessante para a solução deste problema e de outros da indústria química, cujas dificuldades devem ser grandes. Seria superior, sob todos os pontos de vista, à manufatura em Ticonium e Vitallium, que são fundidos e só podem ser feitos em oficinas muito especializadas; os aços inoxidáveis podem ser usinados em oficinas comuns, desde que por método adequado, pois que encruam muito rapidamente. Daí por que a usinagem deve ser lenta, seguida de um tratamento posterior de austenitização, como há bem pouco se discutiu.

Eng. Jarbas O. Nascimento ⁽⁴⁾ — O senhor acha que é possível a fabricação de peças fundidas por fundição de precisão, com aços inoxidáveis?

Sr. Lybio A. Maciel — Não, senhor.

Eng. Jarbas O. Nascimento — Principalmente para artigos odontológicos?

Sr. Lybio A. Maciel — Não, senhor. No final do meu trabalho sugiro que se reservem essas ligas para fundição de precisão para trabalhos especiais, para peças cujos formatos não sejam geométricos. São apenas contornos, de maneira que não é possível obtermos estes formatos por usinagem em bloco; quer me parecer que fundir no "mircrocast" o aço inoxidável seria praticamente impossível.

Quero ainda observar o seguinte: um parafuso de Vitallium custa de 3 a 4 vezes mais que um de aço inoxidável. Ora, o maior número de acidentados que sofrem fraturas, pertence, sem dúvida alguma, à classe pobre, porque é dela que fazem parte os trabalhadores, de forma que é pobre a massa humana mais atingida pelos acidentes; e sabemos nós que as reconstruções de fraturas, hoje em dia, em hospitais de pronto socorro custam uma fortuna. Eis aí a razão por que insisto na utilização de aços inoxidáveis para esses trabalhos. Mais ainda, a maioria dessas peças são usinadas e não somente fundidas, porque os cravos Smith Petersen, as placas e os parafusos, são todos manufaturados em tornos. Já o Vitallium é todo, peça por peça, até os parafusos, fundido e pode-se encontrar, ao lado da peça, a linha de união da matriz de uma para outra. Depois, os efeitos eletrolíticos, nos aços inoxidáveis, não são tão grandes.

(3) Membro ABM; Companhia Aços Especiais Itabira, Diretor; Rio de Janeiro, DF.

(4) Membro ABM; Engenheiro Civil; Brazaço S.A., São Paulo, SP.

- MATHEWS, A. F. — **Uranium, Radium and Thorium.** Minerals Yearbook, 1948, Washington, 1950, p. 1262/1278.
- PALACHE, BERMAN AND FRONDEL — **Dana's System of Mineralogy,** vol. I, John Wiley and Sons Inc. New York, 1944.
- ROOTS, E. P. — **Cerium and Thorium** — Western Miner, Vancouver, vol. 19, n.º 8, August, 1946, p. 50/56.
- SMITHELLS, C. J. — **Metals** — Reference Book, Londres, 1949.
- SPENCER, J. F. — **The Metals in the Rare Earths,** Longmann, Green, London, 1919, Tradução francesa por J. Daniel; Dunod, Paris, 1922.
- YOST, D. M.; RUSSEL, H. e GARNER, C. S. — **The Rare Elements and Their Compounds.** John Wiley & Sons, New York, 1947.

DISCUSSÃO

Presidente: Químico Glacyr Moré.

Membros: Eng. Clovis Bradaschia, Eng. Fernando A. de Toledo Piza, Eng. Orlando E. Mueller, Prof. Werner Grundig e Eng. Michel Loeb.

Químico Glacyr Moré (1) — Não estando presente o autor o trabalho foi apresentado pelo prof. Luciano Jacques de Moraes. Solicitaria que as discussões fossem feitas de preferência por escrito, a fim de que o autor pudesse participar da discussão.

Eng. Arquimedes Pereira Guimarães (2) — Seria útil se a Associação Brasileira de Metais, em cooperação com a Sociedade Brasileira de Geologia, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, ou a Academia Brasileira de Ciências, cuidasse da terminologia definitiva dos minerais das terras raras e dos óxidos e dos próprios elementos, uma vez que há uma grande confusão entre os autores. Por exemplo, o professor Rui de Lima e Silva fala que as areias monazitas são constituídas de xenotima, respectivamente silicatos e fosfatos de terras raras. Outros autores já não se referem a isso. Dizem que a xenotima não entra nas areias monazíticas. Outro exemplo: o ThO_2 , uns dizem thorina, outros thorita, outros thório, simplesmente.

Acho interessante uma cooperação dessas sociedades no sentido de se fixar em definitivo essa terminologia, porque êsses minerais vão tomar, agora, uma importância cada vez maior.

(1) Químico industrial; Metalúrgica Abramo Eberle Ltda.; Caxias do Sul, R. G. S.

(2) Membro Representante ABM; Instituto Tecnológico da Bahia, Diretor; Salvador, Bahia.

LIGAS INOXIDÁVEIS EMPREGADAS NA CIRURGIA TRAUMATOLÓGICA E ORTOPÉDICA (1)

Lybio Antunes Maciel (2)

RESUMO

O autor passa em revista as ligas utilizadas na cirurgia traumatológica e ortopédica, examinando principalmente o grupo dos aços inoxidáveis austeníticos e a liga «Vitallium», que, pelos motivos enumerados, são as ligas que maior interêsse despertam no país.

1. INTRODUÇÃO

Não cabe neste estudo a investigação histórica, porém, citará o autor alguns trabalhos e investigações que julga marcantes neste setor.

Foi com as exigências da indústria que os metalurgistas começaram a estudar ligas resistentes a ação corrosiva dos elementos. Primeiro empiricamente e mais tarde cientificamente. Foram as ligas ferrosas que mais despertaram interêsse por parte dos estudiosos. Em 1872, Woods e Clark chamaram a atenção para o fato de certas ligas de ferro e cromo apresentarem boa resistência a corrosão. Em 1903, uma patente inglesa de liga, contendo 24 a 57 % de cromo e 5 a 60 % de níquel e ferro restante, foi cedida a manufatureiros franceses. Por volta de 1910, Strauss, em Essen, fez uma liga de ferro, níquel e cromo para tubos de pirômetros. Os aços industriais de marcada resistência à corrosão datam de 1910. As invenções das ligas básicas ferro-cromo-níquel vão até 1921, e a essas ligas foram adicionados mais recentemente titânio, molibdênio, tungsteno e colúmbio.

Dos aços inoxidáveis somente os de estrutura austenítica tiveram aplicação franca no campo da ortopédia e traumatologia.

Nas ligas não ferrosas, somente as criadas nos últimos anos e denominadas «Ticonium» e «Vitallium» tiveram aplicação ampla no campo cirúrgico, sendo a mais importante o «Vitallium».

O «Vitallium» foi desenvolvido a partir das ligas a base de cobalto, creadas para atender os problemas de corrosão das palhetas de turbinas dos modernos motores de reação. O primeiro uso do «Vitallium» foi em odontologia.

(1) Trabalho apresentado ao 7.º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, C. T. n.º 177, Pôrto Alegre, R.G.S., julho de 1951.

(2) Membro ABM; Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Pôrto Alegre, RGS.

Um dos pioneiros no emprêgo dessas ligas especiais, nas fraturas ósseas, foi Sherman, de Pittsburgh.

Venable, de San Antonio, investigou intensivamente os efeitos e ação eletrolítica dos metais nos tecidos, e os efeitos de diferentes metais empregados simultâneamente.

Como foi visto neste breve relato, embora as ligas ferrosas resistentes a corrosão, datem de 1910, sòmente nos últimos tempos, devido a manufaturas mais perfeitas, têm sido possível empregá-las com bons resultados e perfeita tolerância, nos tecidos humanos.

2. APANHADO SÔBRE AS LIGAS USADAS ATUALMENTE

a) *Aços inoxidáveis*: Um dos aços inoxidáveis mais empregados é o chamado 18-8, com molibdeno. Estes aços estão enquadrados dentro das normas AISI-316 e são fabricados, só nos EE.UU. por mais de 26 Usinas, com marcas comerciais as mais diversas. Equivalente à mesma liga é o 317, com pequena alteração nos teores de Cr e Mo.

Estes aços apresentam a seguinte composição:

1) Aço inoxidável 316: Cr 17 %, Ni 10 %, Mo 2 %, Mn 2 %, C 0,08 %, Si 0,75 %, P 0,03 % max e S 0,03 % max; 2) Aço inoxidável 317: Cr 20 %, Ni 14 %, Mo 4 %, os restantes iguais.

As propriedades físicas e mecânicas destes mesmos aços estão indicadas na tabela n.º 1.

Propriedades dos aços inoxidáveis 316 e 317

Tratamento	Peso específico g/ cm ³	Resistên- cia elétrica microh- om/ cm ³	Dilatação linear mm/ mm/° C	Dureza Brinell	Resistên- cia a tração kg/mm ²	Alonga- mento sôbre 2'' %
Laminado a quente	79,8	75	0,000417	165	65	47
Recozido	„	„	„	140	58	55
Trabalhado a frio	„	„	„	200	67	45
Estirado duro	„	„	„	—	170	5

b) *«Ticonium»*: É a liga não ferrosa mais empregada no campo da odontologia com tendência a ser substituída pelo «Vitallium». As peças de Ticonium são sempre obtidas por fundição.

Sua composição é: Ni 35 %, Co 29 %, Cr 27 %, Mo 6 %, Be 1,6 %, não especificados 1,4 %.

c) *«Vitallium»*: Liga não ferrosa a base de cobalto, pertencendo a um grupo de ligas creadas para resistirem a altas temperaturas. O «Vitallium» destacou-se pela sua alta resistência a corrosão, em ex-

Sr. Lybio A. Maciel — Sim, senhor, já temos as instalações da Austenal, em São Paulo, que está produzindo estes materiais, e em Pôrto Alegre há uma firma que está manufaturando peças de Ticonium. Aqui se manufaturam Ticonium e Vitallium para fins odontológicos e em São Paulo, para a cirurgia em geral.

Prof. Luciano Jacques de Moraes (3) — Mencionou-se há pouco neste recinto que há grande dificuldade em se obter níquel. Como sabemos, o Brasil possui jazidas importantes desta natureza e uma delas se encontra no Estado de Goiás, que está sendo preparada para ser industrializada. Há um grupo de capitalistas norte-americanos e canadenses interessado neste empreendimento. Nestas condições, esperamos que, dentro em breve, haverá grande produção de níquel em Goiás, que passará a ser uma fonte de suprimento das nossas indústrias metalúrgicas. Também a Companhia Aços Especiais Itabira, da qual faço parte, estará produzindo aços e faz parte do seu programa a produção de aços especiais, se aqui houver condições de mercado que permitam a sua absorção. A nossa Companhia dispõe de aparelhamento e de técnicos e com o níquel nacional poderá, dentro de pouco tempo, atender a esta parte do seu programa.

Sr. Lybio A. Maciel — Realmente, se pudéssemos produzir aços inoxidáveis, principalmente da classe do molibdênio, seria muito interessante para a solução deste problema e de outros da indústria química, cujas dificuldades devem ser grandes. Seria superior, sob todos os pontos de vista, à manufatura em Ticonium e Vitallium, que são fundidos e só podem ser feitos em oficinas muito especializadas; os aços inoxidáveis podem ser usinados em oficinas comuns, desde que por método adequado, pois que encruam muito rapidamente. Daí por que a usinagem deve ser lenta, seguida de um tratamento posterior de austenitização, como há bem pouco se discutiu.

Eng. Jarbas O. Nascimento (4) — O senhor acha que é possível a fabricação de peças fundidas por fundição de precisão, com aços inoxidáveis?

Sr. Lybio A. Maciel — Não, senhor.

Eng. Jarbas O. Nascimento — Principalmente para artigos odontológicos?

Sr. Lybio A. Maciel — Não, senhor. No final do meu trabalho sugiro que se reservem essas ligas para fundição de precisão para trabalhos especiais, para peças cujos formatos não sejam geométricos. São apenas contornos, de maneira que não é possível obtermos estes formatos por usinagem em bloco; quer me parecer que fundir no "mircrocast" o aço inoxidável seria praticamente impossível.

Quero ainda observar o seguinte: um parafuso de Vitallium custa de 3 a 4 vezes mais que um de aço inoxidável. Ora, o maior número de acidentados que sofrem fraturas, pertence, sem dúvida alguma, à classe pobre, porque é dela que fazem parte os trabalhadores, de forma que é pobre a massa humana mais atingida pelos acidentes; e sabemos nós que as reconstruções de fraturas, hoje em dia, em hospitais de pronto socorro custam uma fortuna. Eis aí a razão por que insisto na utilização de aços inoxidáveis para esses trabalhos. Mais ainda, a maioria dessas peças são usinadas e não somente fundidas, porque os cravos Smith Petersen, as placas e os parafusos, são todos manufaturados em tornos. Já o Vitallium é todo, peça por peça, até os parafusos, fundido e pode-se encontrar, ao lado da peça, a linha de união da matriz de uma para outra. Depois, os efeitos eletrolíticos, nos aços inoxidáveis, não são tão grandes.

(3) Membro ABM; Companhia Aços Especiais Itabira, Diretor; Rio de Janeiro, DF.

(4) Membro ABM; Engenheiro Civil; Brazaço S.A., São Paulo, SP.