

II Seminário Brasileiro sobre Aços Inoxidáveis

INOX '90

São Paulo, 26 a 28 de novembro de

1990

Supervisão:
Comissão Técnica de
Aciaria - COAÇO

Coordenação:
• Eng. Gustavo Adolpho Jorge Horta
• Eng. Celso A. Barbosa
• Eng. Panaghis Nicolaidis

BENAZZI JUNIOR, Ivar; CIOTO, Rubens; SPINELLI,
Dirceu Avaliação de desempenho de porcas de
aço inoxidável sinterizadas, usinadas e forja-
das. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE AÇOS
INOXIDÁVEIS, 2., São Paulo, 1990. São Paulo,
ABM, 1990. p. 245-54

UEESC

Cod. 3.06.00.00-3

0808223

SYSNO	0808223
PROD	000768
ACervo EESC	

AValiação DE DESEMPENHO DE PORCAS DO Aço INOXIDÁVEL

SINTERIZADAS, USINADAS E FORJADAS (1)

Ivar Benazzi Junior (2)

Rubens Cioto (3)

Dirceu Spinelli (4)

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de montagens realizadas com parafusos e porcas de aço inoxidável austenítico sendo as porcas fabricadas por diferentes processos. A avaliação visa simular as condições reais de utilização na montagem e no carregamento com solicitações alternadas.

Os resultados dos ensaios indicam que as porcas sinterizadas apresentam melhor desempenho na montagem e nos ensaios de fadiga, quando comparadas com porcas usinadas e forjadas.

-
- (1) Contribuição técnica a ser apresentada no II Seminário Brasileiro Inox'90 , São Paulo - SP, Novembro de 1990.
 - (2) Engenheiro Mecânico, Msc, Consultor Técnico do ITF - Instituto Tecnológico de Fixação e Professor da Fatec - Faculdade de Tecnologia de Sorocaba-SP.
 - (3) Físico, Gerente do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Metalac S/A Indústria e Comércio, Consultor do ITF - Instituto Tecnológico de Fixação, Sorocaba - SP.
 - (4) Engenheiro Mecânico, Msc, Doutor Engenheiro, Professor do Departamento de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos , SP.

1. INTRODUÇÃO

Uma variedade crescente de aços inoxidáveis têm sido oferecida como matéria prima ao processo de forjamento a frio e para a produção, o que representa uma feliz combinação para o aumento da produtividade. Uma ampla variedade de aços inoxidáveis acha-se disponível na forma de fio-máquina com vários acabamentos superficiais para as mais variadas operações posteriores [1].

Os fabricantes de aços têm procurado melhorar a qualidade dos produtos com análises mais acuradas, com a adição de elementos de liga e inovações nos processos de fabricação [2]. Os fabricantes de parafusos têm conseguido vantagens adicionais com a melhoria dos recobrimentos superficiais e dos lubrificantes, dos métodos de seleção dos aços inoxidáveis e com inovações sensíveis nas ferramentas e nos equipamentos utilizados [3]. Enfim, a tecnologia tem apresentado significativas inovações nessa área.

As aplicações dos aços inoxidáveis têm sido crescente, principalmente nos casos em que os componentes estão sujeitos a ambientes quimicamente agressivos, operação em temperatura ou pressão elevadas ou simplesmente necessitem um determinado nível de resistência à corrosão ou qualquer outra propriedade específica [4], [5]. Se, além disso, os esforços solicitantes forem significativos na junção, caberá aos parafusos inoxidáveis oferecer a melhor combinação de resistência aos efeitos: esforços x corrosão x temperatura, agindo combinadamente.

Numa junta aparafusada tem-se como principal objetivo obter do conjunto parafuso / porca uma força tensora para união das partes. Por coerência de projeto as forças tensoras deverão ser as mais elevadas possíveis, atingindo até o limite elástico, quando se usar um processo de aparafusamento adequado.

A geração da força tensora na união das juntas é obtida a partir de um momento torsor. Existe uma correspondência entre momento torsor e força tensora, que embora seja linear para qualquer junta aparafusada, não é necessariamente igual de uma junta para outra, isto devido principalmente as variações dos atritos que ocorrem nas zonas de contato da cabeça/porca e rosca, com as superfícies correspondente das contra peças.

Num aparafusamento o torque medido será causado por um momento necessário para se vencer o atrito na cabeça/porca, por um momento utilizado para vencer o atrito das roscas e uma parcela pequena de momento que efetivamente gera força tensora.

Para parafusos normalizados com rosca de ângulo do flanco de 60 graus, a equação pode ser simplificada conforme [6]:

$$M_A = F_M \left[0,16 p + \mu_g 0,58 d_2 + \frac{D_{km}}{2} \mu_k \right] \quad (1)$$

onde : M_A = momento (torque) de aperto

F_M = força tensora gerada

p = passo da rosca do parafuso

μ_g = coeficiente de atrito na região da rosca

d_2 = diâmetro primitivo

D_{km} = diâmetro médio da cabeça

μ_k = coeficiente de atrito na cabeça do parafuso

Fazendo :

$$\frac{M_A}{F_M} = 0,16 p + \mu_g 0,58 d_2 + \frac{D_{km}}{2} \mu_k \quad (2)$$

Mantendo p , d_2 , D_{km} constante, o que efetivamente ocorre num processo produtivo, que atenda as normas internacionais, podemos concluir que a correspondência M_A / F_M está diretamente ligada a μ_g e μ_k dividindo ambos os termos da equação (2) por d que é o diâmetro nominal do parafuso vem que a relação.

$$\frac{0,16 p + \mu_g 0,58 d_2 + \frac{D_{km}}{2} \mu_k}{d} = k \quad (3)$$

onde k é o coeficiente de torque . Portanto :

$$K = \frac{M_A}{F_M d} \quad (4)$$

os conjuntos porca/parafuso foram submetidos a flutuações no campo das trações ; uma tensão média constante para cada caso, acrescida de uma tensão alternada.

A força tensora média, F_M , foi calculada segundo a expressão :

$$F_M = 0,5 \times \sigma_{0,2} \times A_s \quad (5)$$

onde : $\sigma_{0,2}$ = tensão de escoamento

A_s = área de tensão do parafuso

A força alternada, F_A , foi calculada segundo a expressão :

$$F_A = \sigma_A \times A_3$$

onde : σ_A = tensão alternada (6)

A_3 = área do núcleo do parafuso

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios torque-tensão e os ensaios de fadiga foram realizados em conjuntos porca/parafuso em aço inoxidável austenítico, cujas composições químicas estão mostradas nas tabelas I e II. As porcas foram fabricadas por sinterização, usinagem e forjamento. Os parafusos utilizados são de cabeça cilíndrica e cabeça sextavada.

Tabela I . Composição química das porcas de aço inoxidável austenítico. ISO 3506 Série A2 (% em peso).

Porca	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
Sinterizada AISI 303 L	0,021	1,44	0,68	17,2	9,8	-	0,016	0,27	-
Usinada AISI 304	0,07	1,76	0,72	18,3	9,35	0,47	0,028	0,03	0,35
Forjada AISI 304 L	0,03	1,58	0,77	18,0	8,38	0,14	0,028	0,03	0,44

Tabela II . Composição química dos parafusos de aço inoxidável austenítico. ISO 3506 Série A4 (% em peso)

Parafuso	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
Cab. Cilín- drica AISI 316 L	0,02	1,50	0,57	17,1	10,7	2,06	0,039	0,022
Cab. Sexta- vada AISI 316 L	0,02	1,70	0,43	16,4	10,1	2,18	0,044	0,013

As fotomicrografias das porcas e parafusos foram obtidas em um banco metalográfico Neophot 21 e posteriormente ampliadas em um ampliador Leitz de autofoco na direção longitudinal das amostras .

Para todas amostras foi feito ataque eletrolítico com ácido oxálico 10%.

Os ensaios para determinação do coeficiente de torque foram conduzidos em um dispositivo torque-tensão. Para tanto foi construído uma pinça especial, de maneira que a cada parafuso testado uma nova porca fosse utilizada. Os testes foram conduzidos girando a porca, mantendo fixo o parafuso, para que μ_k ficasse definido pela superfície de apoio a porca. Foram ensaiados 25 conjuntos com porcas sinteri-

zadas e 25 conjuntos com porcas usinadas. Todos os ensaios foram graficados com auxílio de um registrador HP 7045B, gerando uma curva torque x força tensora. Os testes foram realizados em material como recebido sem uso de lubrificante. As juntas fixadas foram fabricadas em aço ferramenta e foram temperadas e revenidas para dureza de 30 HRC e posteriormente retificadas.

Os ensaios de fadiga foram realizados segundo a norma ISO 3800/1 objetivando o levantamento da curva S-N (curva de Wohler), com tensão média constante, $\sigma_M = 300$ MPa, e variando a tensão alternada em cinco amplitudes. Foi utilizada uma frequência de 100 Hz. Para cada amplitude de tensão alternada foram feitos pelo menos cinco ensaios. O equipamento utilizado foi uma máquina servo-hidráulica Servus com capacidade de 100 kN.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1, 2 e 3 mostram as fotomicrografias das porcas sinterizadas, usinadas e forjadas, respectivamente. As microestruturas são de aço inoxidável austenítico. A distribuição das inclusões na porca sinterizada não obedece direção preferencial. As porcas usinadas e forjadas apresentam inclusões alongadas e distribuídas longitudinalmente.

As figuras 4 e 5 mostram as fotomicrografias dos parafusos de cabeça cilíndrica e cabeça sextavada, respectivamente. Nos parafusos as microestruturas também são de aço inoxidável austenítico. Comparando-se com as porcas, o nível de inclusões dos parafusos é significativamente menor embora apresentando-se com orientação longitudinal, isto é, as inclusões seguem o sentido de laminação.

A tabela III mostra a média dos resultados obtidos nos ensaios torque-tensão para as porcas sinterizadas e usinadas de 1/4".

Tabela III. Resultados dos ensaios torque-tensão em porcas sinterizadas e usinadas.

Porcas	F_M [kN]	M_A [Nm]	K
Sinterizadas	10,44	11,28	0,171
Usinadas	8,99	19,40	0,343

As montagens com porcas sinterizadas em relação às porcas usinadas apresentaram incremento da ordem de 16% para atingir a força de escoamento, redução de aproximadamente 72% na média do torque de montagem e redução de 50% no coeficiente de torque.

As figuras 6 e 7 apresentam curvas tensão alternada em função da vida em fadiga de

parafusos com cabeça cilíndrica e cabeça sextavada, respectivamente. O tipo de porca utilizada está mostrado na legenda. A tensão média dos ensaios foi $\sigma_M = 300 \text{ MPa}$.

Em todos os ensaios realizados ocorreu falha do parafuso. Os locais da falha foram, ou na região de transição cabeça/haste ou no primeiro filete engajado. De maneira geral os parafusos de cabeça cilíndrica apresentaram melhor comportamento em fadiga do que os parafusos de cabeça sextavada. Ambas as montagens com porcas sinterizadas apresentaram forte predominância de fratura na região de transição cabeça / haste dos parafusos, que é um local crítico para fraturas.[7].

4. CONCLUSÕES

As porcas sinterizadas apresentam melhor comportamento a relação torque-tensão, reduzindo ou provavelmente eliminando o fenômeno de engripamento comum em juntas aparafusadas com parafuso/porca fabricados em aço inoxidável austenítico.

Houve forte predominância de fratura na região de transição cabeça/haste dos parafusos ensaiados em fadiga e montados com porcas sinterizadas. Os mesmos níveis de tensão conduziram a falhas no primeiro filete engajado nos casos de utilização de porcas usinadas e forjadas. Este é um indicativo de que porcas sinterizadas devem conduzir a maiores níveis de resistência a fadiga do que porcas usinadas e forjadas, caso o parafuso utilizado tenha a região de falha transferida para o primeiro filete engajado.

5. REFERÊNCIAS

- [1] HINKEL, E. D. Stainless steel alloys for fastener manufacturing : Fastener Technology, p. 45-58. August 1984.
- [2] ORLANDO, J. S. & BALLANTINO, W. Materials for corrosion resistente fasteners : American Society for Metal : Metals Handbook, 9 end. Metals Park. OH. ASM. v. 9 p. 183-185.
- [3] RICHTER, E. About stainless steel screws : Wire, p. 147-152. July /August 1978.
- [4] FISCHER, G. J. & MACLAG. R. J. : The wrought Stainless Steels : Handbook of Stainless Steels : McGraw-Hill Book Company Part 1 (1) p. 1-10.
- [5] BARREIRO, J. A. : Aceros Especiales y Otras Aleaciones . Editorial Dossat, Madrid, 1975. 652 p. p. 423-448.
- [6] VDI 2230 - Systematic calculation of high duty bolted joints. Blatt 1. VDI Handbuch Konstruktion. July 1986.

- [7] CIOTO, R. & BENAZZI JR., I. Fadiga em parafusos.
p. 59-76 in : 2º Seminário da Tecnologia de Fixação .Anais,Sorocaba -
ITF - Instituto Tecnológico de Fixação, 1988. 77p.

6. AGRADECIMENTOS

Metalac S/A Indústria e Comércio por ceder as amostras utilizadas no presente trabalho.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the behaviour of some assemblies made with stainless steel screws and nuts. These nuts are manufactured by different process. This evaluation enable to simulate real conditions in the assembly and in the load with alternated conditions.

The tests show that the syntherized nuts have a better performance during the assembly process and in the fatigue tests when they are compared with machined and forged nuts.

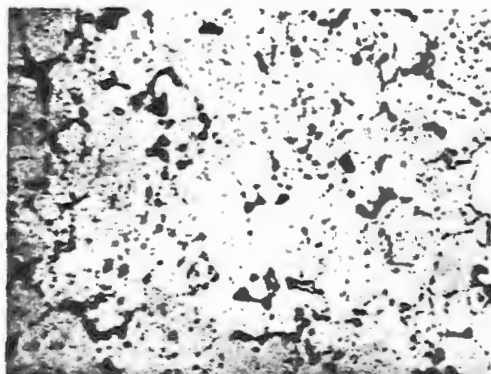


Figura 1. Microestrutura da Porca Sinterizada. Seção Longitudinal. Ataque eletrolítico, ac. oxálico 10% 400 x.

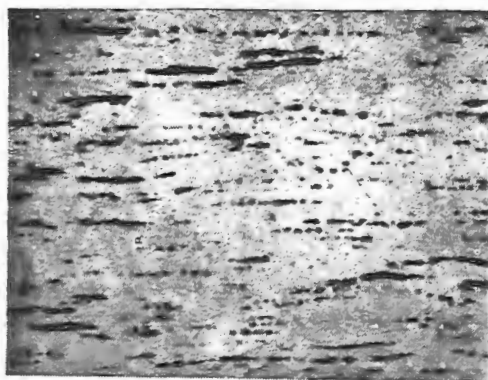


Figura 2. Microestrutura da Porca Usinada. Seção Longitudinal. Ataque eletrolítico, ac. oxálico 10% 400 x.

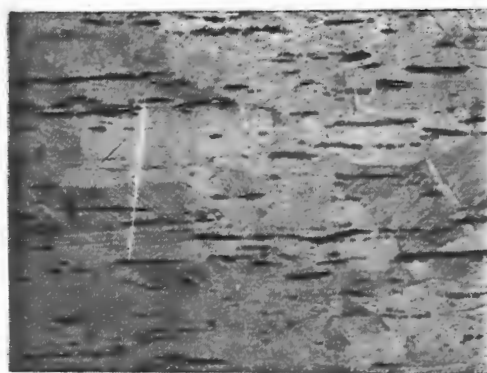


Figura 3. Microestrutura da Porca Forjada. Seção Longitudinal. Ataque eletrolítico, ac. oxálico 10% 400 x.

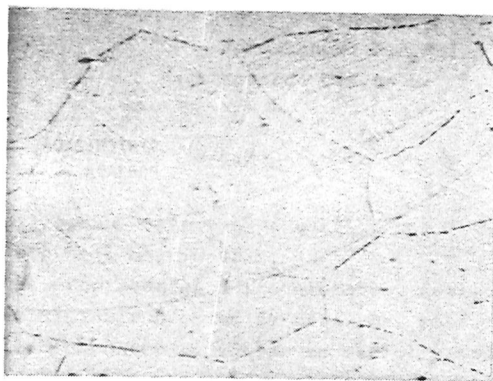


Figura 4. Microestrutura do parafuso de cabeça cilíndrica. Seção Longitudinal. Ataque eletrolítico, ac. oxálico 10% 400 x.



Figura 5. Microestrutura do parafuso cabeça sextavada. Seção Longitudinal . Ataque eletrolítico, ac. oxálico 10% 400 x.

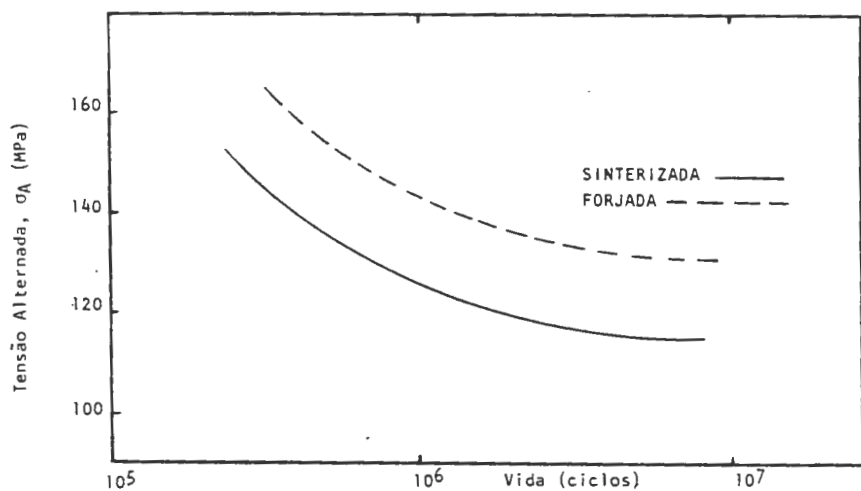


Figura 6. Curvas tensão alternada em função da vida em fadiga para parafusos de cabeça cilíndrica/porcas conforme legenda. $\sigma_M = 300$ MPa.

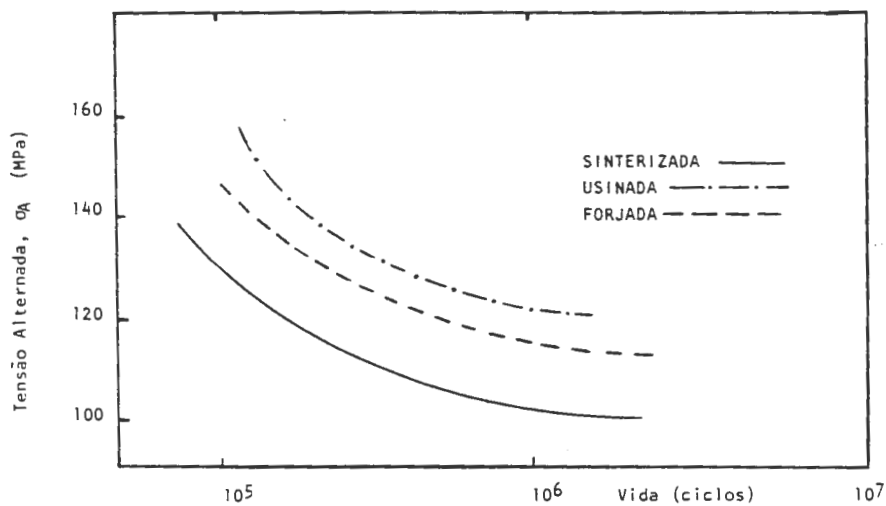


Figura 7. Curvas tensão alternada em função da vida em fadiga para parafusos de cabeça sextavada / porcas conforme a legenda. $\sigma_M = 300$ MPa.