



PROJETO, CONSTRUÇÃO E AFERIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE TESTE TRANSVARESTRAINT COMO INDUTOR DE TRINCAS DE SOLIDIFICAÇÃO.

Eduardo de Magalhães Braga

UFPA/CT/DEM/GETSOLDA – Campus Universitário do Guamá – Belém-Pará. CEP 66075-900 e-mail: ebraga@fem.unicamp.br

Roseana da Exaltação Trevisan

UNICAMP/DEF, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP. e-mail: roseana@fem.unicamp.br

***Resumo.** O processo de soldagem é amplamente empregado na fabricação de componentes de estruturas metálicas e de equipamentos para as mais diversificadas finalidades. Até hoje, o melhor processo conhecido de união entre materiais metálicos é a soldagem, que, contudo está sujeita a diversos problemas, dos quais o surgimento de trincas seja um dos mais sérios. Trincas de solidificação ocorrem na zona fundida de soldas de diversos materiais de engenharia. Em aços inoxidáveis, este fenômeno se constitui de grande importância, pois atinge ligas de aplicada utilização na indústria. Este trabalho tem como objetivo principal o projeto, a construção e a aferição de um equipamento de teste “Transvarestraint” como indutor de trincas de solidificação. Para tanto, foram utilizadas chapas de aço inoxidável austenítico do tipo AISI 316L, e os cordões de solda foram realizados pelo processo FCAW. Técnicas estatísticas foram utilizadas como ferramenta para o planejamento e análise dos resultados. Utilizaram-se duas faixas amostrais de pressão de dobramento, a primeira inferior com variação de 4 a 5 bar e a segunda de 9 até 10 bar. Como resultado, o equipamento de teste construído, mostrou-se ser uma forma eficaz e de baixo custo para a avaliação do fenômeno trinca de solidificação em aço inoxidável austenítico.*

Palavras-chave: soldagem, transvarestraint, trinca, aço inoxidável.

1 – INTRODUÇÃO

Durante a solidificação da zona fundida, os elementos de liga presentes na matriz metálica assim com as impurezas do metal, são segregados em direção da frente de solidificação, tornando a fase líquida remanescente cada vez mais rica em soluto. Esta fase fica com composição cada vez mais próxima do eutético, que tem menor ponto de fusão entre os componentes da liga. Como resultado, grãos parcialmente solidificados ficam rodeados por líquido, o que faz com que a junta soldada, durante este estágio de solidificação, perca grande parte de sua resistência mecânica. Além disso, conforme o metal esfria, passa a contrair, contração que também ocorre durante a mudança de fase de líquido para sólido. Esta contração, que pode ou não agir em conjunto com tensões externas atuantes na junta soldada, faz com que ocorram trincas na região da zona fundida. O prejuízo causado por este fenômeno, inclui não somente o efeito da formação de trincas tornando o cordão de solda inadequado a sua utilização, como também o efeito que esta trinca causa ao promover a formação de outros defeitos como trincas a frio, fadiga, corrosão sob tensão, fratura frágil, etc (Ankara e Ari, 1996; Goodwin, 1990).

O teste “Transvarestraint” consiste do dobramento de um corpo de prova sobre um bloco de curvatura conhecida, previamente calculada, de forma a induzir o surgimento de trincas na solda durante sua solidificação. Este teste permite avaliar a soldabilidade do material, como também determina a influência dos processos de soldagem em conjunto com suas variáveis, sobre a formação da trinca (Wilken e Kleistner, 1990). O teste citado é caracterizado pela possibilidade da variação do grau de deformação, calculada pela Eq. (1), na susceptibilidade da trinca, tanto no cordão de solda como no metal de base, assim como o estudo da influência dos parâmetros de soldagem e/ou geometria do cordão de solda sobre a facilidade da ocorrência da trinca. Este teste é uma versão modificada do teste “Varestraint” (Savage e Ludin, 1965), sendo que, o teste Transvarestraint, utiliza uma tensão externa aplicada transversalmente no corpo de prova, diferente daquela aplicada no teste “Varestraint” que é longitudinal. Esta diferença foi uma forma encontrada para possibilitar o estudo das variáveis do processo com eletrodo consumível (Savage e Ludin, 1965 e Savage e Ludin, 1966). Após soldar alguns centímetros, aplica-se a deformação. Medem-se então as trincas formadas para correlacioná-las com os parâmetros de soldagem, geometria do chanfro, etc.

2 – PROJETO E CONSTRUÇÃO.

O ponto de partida para o projeto dos blocos de curvatura e de todo o equipamento foi à determinação do raio dos blocos de maneira a impor a tensão tangencial(ϵ) que se deseje que atue sobre o corpo de prova. Após ampla revisão bibliográfica, constatou-se que as maiores variações na incidência da trinca de solidificação se verificavam na faixa de 1 a 5% de tensão tangencial, optou-se pelo projeto dos três blocos que cobrissem esta faixa. Para o cálculo dos raios optou-se pela Eq. (1), que foi proposta originalmente pelos idealizadores do teste e tem sido universalmente utilizada (Savage e Ludin, 1965). Os valores de ϵ foram escolhidos com 1, 3 e 5 %, de maneira a se obter blocos com curvaturas cobrindo uniformemente a faixa de 1 a 5% da tensão tangencial, com variações entre os raios dos blocos que permitissem uma boa sensibilidade quanto aos resultados do teste.

Desta maneira obtemos:

$$\epsilon = \frac{t}{2R} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Para } \epsilon = 1\%: \quad R = 475 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\text{Para } \epsilon = 3\%: \quad R = 158,3 \text{ mm} \quad (3)$$

$$\text{Para } \epsilon = 5\%: \quad R = 95 \text{ mm} \quad (4)$$

Para o dimensionamento do cilindro pneumático foi necessário o cálculo da força necessária para fletir o corpo de prova na condição de máxima deformação. Para este cálculo foi utilizada a expressão abaixo (Shigley, 1984):

$$y_{\max} = \frac{-Fl^3}{3EI} \quad (5)$$

Onde,

y_{\max} = flecha máxima, ou seja, a flexão máxima sofrida pelo elemento (mm);

F = força atuante sobre o elemento estrutural (N);

l = comprimento do elemento estrutural (cm);
 E = módulo de elasticidade do material (Gpa);
 I = momento de inércia do elemento estrutural (mm^4).

A flexão do corpo de prova foi estimada por meio de desenho feito em escala, medindo-se à distância entre o ponto onde o corpo de prova estaria no início do ensaio e o ponto onde estaria ao final do ensaio, utilizando-se o bloco de menor raio de curvatura, ou seja, o maior dobramento. Esta distância foi calculada em 170 mm. O momento de inércia do corpo de prova foi calculado pela expressão (Shigley, 1984):

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (6)$$

Onde:

b = medida da base do corpo de prova (mm);
 h = medida da altura do corpo de prova (mm).
Desta maneira, temos:

$$I = \frac{260 \times 4,5^3}{12} = 1974,4 mm^4 \quad (7)$$

O valor de 4,5 mm refere-se a diferença entre a espessura do corpo de prova (9,5 mm) e a profundidade do chanfro (5,0 mm). O valor do módulo de elasticidade do material foi obtido em livros texto de engenharia, que definem um valor médio para aço inoxidável austenítico, igual a 193 Gpa. O comprimento l medido foi de 160 mm, ou 16 cm, e a força necessária para se obter à flexão do corpo de prova foi obtida pelo desenvolvimento da Eq. (5), substituindo os valores:

$$F = \frac{-3y_{\max}EI}{l^3}$$
$$F = \frac{-3 \times 170 \times 193 \times 1974,4}{16^3} = -47446,3 N \quad (8)$$

Observa-se, contudo, que este valor de F serve apenas como referência, uma vez que o módulo de elasticidade do material diminui com o aumento da temperatura, e o corpo de prova será ensaiado durante a soldagem, conseqüentemente em estado aquecido. O cilindro escolhido para o equipamento, conforme manual do fabricante, fornece 54.895 N a 7 bar de pressão de trabalho, ou seja, força suficiente para o funcionamento do equipamento. Esta força deverá ser aplicada no retorno do cilindro, conforme projeto do equipamento.

Na construção, os suportes do equipamento, feitos em perfil “U”, foram cortados e adaptados para a fixação. Esta adaptação constituiu da união, por soldagem, e fechamento das extremidades de cada suporte e que, na parte inferior, foram previamente furados no centro e rosqueados por macho para a fixação de sapatas do tipo “vibra-stop”. Estas sapatas têm como objetivo conferir ao equipamento, maior estabilidade e equilíbrio à estrutura, além de corrigir eventuais desníveis.

A base foi adquirida já cortada, assim como, os suportes para o cilindro. Após a fixação da base, da base do cilindro e das barras de fixação aos suportes, procedeu-se à colocação do vibra-stop, do cilindro pneumático e posteriormente do localizador. A fixação da estrutura soldada ao cilindro foi

realizada através de uma porca rosqueada na parte superior da haste do cilindro. Os blocos de curvatura foram usinados por terceiros, devido à necessidade de precisão. Depois de recebidos e inspecionados, foram pintados para prevenir contra a oxidação, assim como, toda a estrutura do equipamento. Na Fig. (1), observa-se o equipamento de teste Transvarestraint totalmente construído.

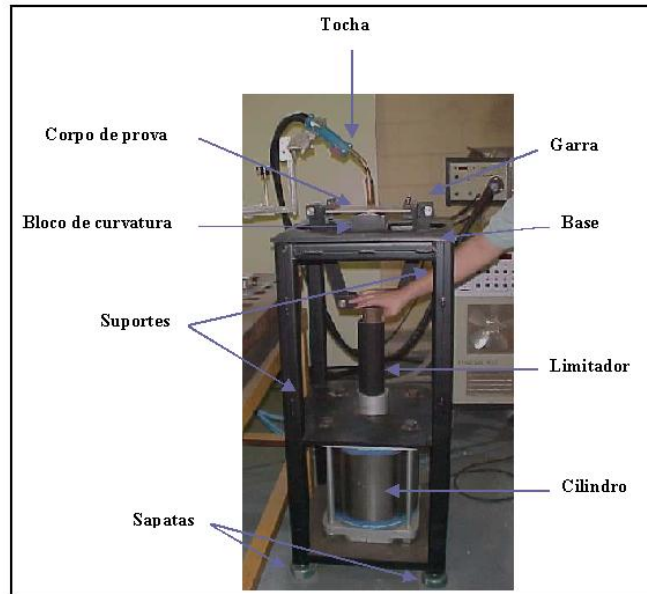


Figura 1 – Equipamento de teste Transvarestraint totalmente construído.

O equipamento de teste “Transvarestraint” trabalhará em conjunto com uma fonte de soldagem e um sistema de monitoramento e controle, mostrados na Fig. (2).



Figura 2 – Vista geral do sistema de ensaio, monitoramento e controle.

2 - AFERIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE TESTE TRANSVARESTRAINT

Como meta da aferição do equipamento, foi a de verificar se a variável principal de influência, pressão de tração do cilindro, é capaz de produzir resultados coerentes com a variável de resposta (comprimento total de trincas – CTT) e quais os valores limites de CTT para que dados provenientes de variações causais possam ser identificados e determinados os motivos destas variações não serem

aleatórias. A opção adotada para a medição das trincas foi através do comprimento total de trincas, que é obtido pela soma dos comprimentos de todas as trincas observadas na zona fundida da solda. A análise estatística do equipamento tem variabilidade dependente de fatores relacionados à concepção do projeto, tolerâncias, equipamentos auxiliares entre outros. No estudo da variabilidade intrínseca, determinam-se os limites naturais de variação do equipamento, compara-se o intervalo ou faixa de tolerância (limite de tolerância) e calcula-se um índice de capacidade (Grant, 1987).

2.1 - Limites naturais de variação

A partir do cálculo do desvio padrão (σ) obtido das amostras, e considerando-se 6 (seis) vezes o valor deste desvio, pode-se concluir que, estatisticamente, deveremos encontrar 99,7% dos valores amostrais dentro destes limites. Se agora, aumentarmos para 8 (oito) vezes o valor do desvio padrão, a faixa é ampliada para 99,994%.

2.2 - Limites de tolerância

São determinados, basicamente, através de normas aplicadas a equipamentos de produção seriada ou para condições de projeto para equipamentos específicos utilizados em pesquisa. Os valores limites são denominados de limite superior de tolerância (LST) e limite inferior de tolerância (LIT). Para o nosso caso, trata-se de equipamento de pesquisa e a faixa de pressão de trabalho do cilindro é de 7 bar, com LIT igual a 4 bar e LST igual a 10 bar.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Quando as conclusões de uma pesquisa são baseadas em um conjunto de dados amostrais que dependem intrinsecamente dos valores medidos, é fundamental que estes sejam absolutamente confiáveis. Outro ponto importante é a possibilidade de repetir o experimento e, para tal, os parâmetros utilizados devem estar perfeitamente definidos.

Baseado no exposto, alguns cuidados foram considerados preliminarmente, sendo os principais: A avaliação do meio de medição, a caracterização das constantes de regulagem do equipamento e a definição dos critérios adotados na medição das trincas.

3.1 - A avaliação do meio de medição

O meio de medição é o conjunto formado pelo analista e o equipamento ou instrumento. Para obtermos dados confiáveis, o equipamento deve estar em perfeita condição de uso, permitir leituras de pelo menos um décimo da tolerância e operado por pessoa habilitada. Para este trabalho, foi utilizado o teste R&R que considera a repetibilidade e a reprodutibilidade das medidas. A repetibilidade é a variação observada, quando um analista usa o mesmo meio para medir as mesmas características. Já a reprodutibilidade é a variação das médias das medidas quando realizadas por diferentes analistas usando o mesmo equipamento. Este teste quando usado completamente permite separar os efeitos do equipamento dos efeitos do analista (Grant, 1987).

Quando a variabilidade total não ultrapassar um valor limite, geralmente, de 10% da tolerância, pode-se concluir que o meio de medição é bom e conseqüentemente as medidas são confiáveis.

3.2 - A caracterização das constantes de regulagem do equipamento

Utilizou-se o aço inoxidável austenítico AISI 316L em chapas de 260 x 160 x 9,5 mm (largura x comprimento x espessura) com um chanfro em “U” central a chapa, onde foi depositado o cordão. Para

a realização da soldagem foi usado o processo FCAW (Flux Cored Arc Welding) com polaridade inversa (CC+) e como metal de adição o arame da classe AWS E316LT-1 com diâmetro de 1,6 mm. O gás de proteção utilizado foi o CO₂, e os corpos de prova foram soldados na posição plana, com uma fonte de soldagem multiprocesso com a aquisição dos dados instantâneos da corrente e da tensão de soldagem. Durante a soldagem, os corpos de prova foram submetidos ao equipamento “Transvarestraint”, com a utilização do bloco de curvatura de 1% de deformação e examinados quanto ao comprimento total de trincas (CTT) com o auxílio de um microscópio ótico em aumento de 10x. Os parâmetros do processo de soldagem utilizados são apresentados na Tab. (1).

Tabela 1 – Constantes de regulagem mantidas no equipamento de soldagem.

Corrente de soldagem (A)	200
Distância bico de contato peça (mm)	20
Tensão do arco (V)	20
Velocidade do arame (m/min)	4,0
Gás de proteção	CO ₂
Vazão do gás (l/min)	15
Velocidade de soldagem (mm/min)	200

Foram considerados dois intervalos limites de pressão do equipamento para a análise, mostrados na Tab. (2). Devido à limitação do manômetro de pressão, só foi possível escalonar a variação de pressão de 0,2 em 0,2 bar para o limite inferior de tolerância. No limite superior, os corpos de prova foram obtidos com pressão de dobramento de 9,0 e 10,0 bar.

Tabela 2 – Limites de pressão utilizados no equipamento.

	Limite inferior:	Limite superior:
Intervalo de pressão	4,0 – 5,0 bar	9,0 – 10,0 bar
Número de amostras	12	10
Variação	0,2 bar	Aleatória

Os corpos de prova, mostrados na Tab. (3), foram obtidos de forma totalmente aleatória para o limite inferior de pressão do cilindro. Estes corpos de prova estão numerados de 1 a 12 e identificados quanto à respectiva pressão de dobramento.

Tabela 3 – Identificação da pressão de dobramento para os corpos de prova.

CP n °	Pressão (bar)	CP n °	Pressão (bar)
2	4,0	1	4,6
4	4,0	3	4,6
8	4,2	11	4,8
10	4,2	12	4,8
5	4,4	7	5,0
6	4,4	9	5,0

Após a soldagem, os corpos de prova foram cortados na região próxima ao cordão e jateados para a retirada da escória remanescente, facilitando com isso, a observação das trincas formadas. As condições ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) não foram controladas embora, em média,

os seus valores tenham se mantido em torno de: temperatura ambiente: 22 °C e umidade relativa do ar: 76 %

3.3 - Critério adotado para a medição das trincas

As trincas formadas foram analisadas segundo a observação em microscópio ótico com aumento de 10x. Foram medidas, em cada corpo de prova, no sentido longitudinal, e posteriormente somadas para a obtenção do comprimento total de trincas – CTT. A Fig. (3) mostra o comprimento da trinca medido no sentido longitudinal.

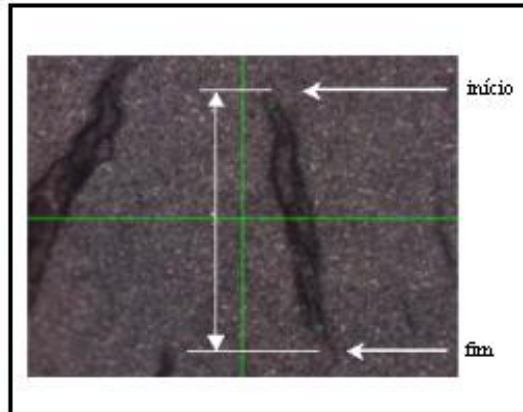


Figura 3 - Comprimento da trinca medido no sentido longitudinal. Aumento 10x.

Os valores dos CTTs, obtidos no limite inferior, estão apresentados na Tab. (4), os quais foram utilizados no teste R&R. Com os corpos de prova numerados, dois operadores qualificados realizaram, aleatoriamente, os ensaios, para comparação e análise de suas medidas. Para o limite superior foi obtido um único conjunto de medidas (Tabela 5).

Tabela 4 – Valores da trinca para seus respectivos corpos de prova – limite inferior.

Operador A			Operador B		
CP	1ª medida (mm)	2ª medida (mm)	CP	1ª medida (mm)	2ª medida (mm)
1	2,9	2,9	1	2,8	2,9
2	11,5	11,8	2	11,9	11,7
3	14,7	15,7	3	16,2	16,9
4	7,7	6,4	4	7,5	7,0
5	7,8	7,5	5	7,6	7,5
6	2,9	2,9	6	3,0	3,1
7	18,0	18,7	7	18,4	18,8
8	21,1	22,5	8	22,2	22,9
9	3,9	3,7	9	4,0	4,1
10	12,5	12,2	10	12,0	12,8
11	6,1	6,0	11	5,9	6,2
12	4,7	4,6	12	4,1	4,3

Tabela 5 – Valores do comprimento de trincas para o limite superior.

CP	CTT (mm)	CP	CTT (mm)
1	26,4	6	24,2
2	11,1	7	41,3
3	20,9	8	33,7
4	28,4	9	19,4
5	14,2	10	17,8

Tabela 6 – Teste de R&R do meio de medição.

Operador A				Operador B			
CP	1ª med	2ª med	R	CP	1ª med	2ª med	R
1	2,9	2,9	0,0	1	2,8	2,9	0,1
2	11,5	11,8	0,3	2	11,9	11,7	0,2
3	14,7	15,7	1,0	3	16,2	16,9	0,7
4	7,7	6,4	1,3	4	7,5	7,0	0,5
5	7,8	7,5	0,3	5	7,6	7,5	0,1
6	2,9	2,9	0,0	6	3,0	3,1	0,1
7	18,0	18,7	0,7	7	18,4	18,8	0,4
8	21,1	22,5	1,4	8	22,2	22,9	0,7
9	3,9	3,7	0,2	9	4,0	4,1	0,1
10	12,5	12,2	0,3	10	12,0	12,8	0,8
XA	10,4			XB	10,7		
RA	0,6			RB	0,4		

Cálculo dos valores:

$$R_m = 0,5$$

$$R_X = 0,3$$

$$LSC = 1,5$$

$$VE = 2,1$$

$$\%R\&R = 6,0\%$$

$$VO = 1,2$$

$$R\&R = 2,4$$

$$DP = 6,5$$

$$8DP = 51,8$$

(Nenhuma amplitude ultrapassou o LSC)

$$6DP = 38,8$$

$$\text{Tolerância} = 40,0$$

$$\%VE = 5,2\%$$

$$\%VA = 3,0\%$$

Onde:

R = amplitude da amostra

R_m = amplitude média

LSC_r = R_m x 3,27 (limite superior de controle da amplitudes)

VE = R_m x 4,56 (variação do equipamento)

VA = [(R_X x 3,65)² - (VE)² / (n.r)]^{1/2} (variação dos analistas)

n = número de CPs

r = número de repetições

$$R\&R = [(VE)^2 + (VA)^2]^{1/2}$$

% VE = [(VE) / (Tolerância)] x 100 (percentagem de variação do equipamento em relação a tolerância)

% VA = [(VA) / (Tolerância)] x 100 (Percentagem de variação dos analistas em relação a tolerância)

$$\% R\&R = [(\% VE)^2 + (\% VA)^2]^{1/2}$$

Referência: R&R ≤ 10%

Obs: Os cálculos foram baseados em $5,15 \sigma$ (correspondente a 99,0% da área sob a curva normal)

A avaliação dos resultados da Tab. (6) leva em consideração que o teste R&R confronta medidas amostrais contra faixa de tolerância. No estudo, a faixa foi calculada a partir de 6σ das amostras. Os valores %VE = 5,2% e %VA = 3,0% indicam que há uma influência ligeiramente maior do equipamento do que dos analistas. No entanto são menores que 10 % e perfeitamente aceitáveis.

A combinação de R&R = 6,0% também é aceitável, portanto, pode-se concluir que as medidas são confiáveis dentro do intervalo estatístico definido. Combinando-se os dados da Tab. (3) e a média das medidas obtidas pelo operador A, que apresentou maior dispersão (RA = 0,6 mm), construiu-se a Tab. (7) para a verificação de ocorrência de correlação entre Pressão e CTT.

Tabela 7 – Correlação Pressão X CTT.

CP	P (bar)	1a med	2a med	Média	P (bar)	CTT med
1	4,6	2,9	2,9	2,9	4,0	7,1
2	4,0	11,5	11,8	11,7	4,0	11,7
3	4,6	14,7	16,7	15,7	4,2	12,4
4	4,0	7,7	6,4	7,1	4,2	22,4
5	4,4	7,8	7,5	7,7	4,4	2,9
6	4,4	2,9	2,9	2,9	4,4	7,7
7	5,0	18,0	18,7	18,4	4,6	2,9
8	4,2	21,1	23,7	22,4	4,6	7,1
9	5,0	3,9	3,7	3,8	4,8	4,7
10	4,2	12,5	12,2	12,4	4,8	6,1
11	4,8	6,1	6,0	6,1	5,0	3,8
12	4,8	4,7	4,6	4,7	5,0	18,4

Os cálculos do LST e LIT foram obtidos a partir da Tab. (8), considerando o CTT médio para o limite inferior. $LIT = X \text{ bar (i)} - 3\sigma \text{ (i)}$ e $LST = X \text{ bar (s)} + 3\sigma \text{ (s)}$.

Tabela 8 – Limites de tolerância

CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	DP	
CTT (mm)	L	2,9	11,7	15,7	7,1	7,7	2,9	18,4	22,4	3,8	12,4	6,1	4,7	Xbar(i)	Xbar(s)
	Inf													9,7	23,7
	L	26,4	11,1	20,9	28,4	14,2	24,2	41,3	33,7	19,4	17,8	-	-	$\sigma(i)$	$\sigma(s)$
	Sup													6,5	9,1

Substituindo os valores: $LIT = 9,7 - 19,4 < 0$ (considerar ZERO) e $LST = 23,7 + 27,3 = 51,0$.

Calculando a tolerância a partir dos limites temos $T = LST - LIT$, portanto $T = 51,0$ mm.

Uma relação linear entre os pares de valores, média e desvio de LI e LS é dada pela equação $P = 5,38 \sigma - 25,3$.

4 - CONCLUSÕES

Baseados nos resultados experimentais e análise estatística efetuada no equipamento, concluímos que:

- a) O equipamento é de fácil construção, operação e baixo custo. A realização do ensaio é simples e de curta duração.
- b) Dentro da faixa de trabalho (4 a 10 bar), o equipamento produz comprimento total de trincas CTT variando entre 0 e 51 mm. Acima deste valor há probabilidade de ocorrência de causas especiais de variação.
- c) O equipamento de teste Transvarestraint atende perfeitamente as necessidades da pesquisa em questão.
- d) A temperatura da matriz deve ser mantida constante durante a execução dos ensaios.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos e empresas que contribuíram para a realização deste trabalho:

- A FAPESP, pelo financiamento dos materiais e equipamentos;
- A CAPES, pela concessão de bolsa de estudo;
- A ACESITA pela doação do aço inoxidável.

6 - REFERÊNCIAS

- Ankara, A., Ari, H.B., 1996, "Determination of hot crack susceptibility in various kinds of Steels", *Materials & Design*, Vol. 17, n. 5, pp. 261-265.
- Goodwin, G.M., 1990, "Test Methods for evaluating hot cracking review and perspective", United State, Japan Symposium on Advances in Welding Metallurgy, San Francisco, p.59-78.
- Grant, E.L., 1987, "Statistical Quality Control", Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, Brasil.
- Savage, W.F, Lundin, C.D, 1965, "The Vareststraint test, *Welding Journal*, Vol. 70, No. 10, pp. 433s-442s.
- Savage, W.F., Lundin, C.D., 1966, "Application of the vareststraint technique to the study of weldability", *Welding Journal*, Vol. 45, No. 11, pp. 497s-503s.
- Shigley, J.E., 1984, "Elementos de Máquinas", Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, Vol 1.
- Wilken, K., Kleistner, H., 1990, "The classification and evaluation of hot cracking for weldments", *Welding in the world, Le Soudage dans le Monde*, Vol. 28, No. 7/8, pp. 126-143.

PROJECT, CONSTRUCTION AND GAUGING OF TRANSVARESTRAINT EQUIPMENT

Eduardo de Magalhães Braga

Federal University of Pará - University Campus of Guamá - Belém, Pará, Brazil, e-mail ebraga@fem.unicamp.br

Roseana da Exaltação Trevisan

State University of Campinas, Faculty of Mechanical Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil, e-mail roseana@fem.unicamp.br

Abstract: This work is described the project, construction and gauging of an equipment Transvareststraint and the obtained results. The test promotes in the piece a traverse deformation controlled during the welding process. The presence of cracks and your total length were discussed. The test was shown effective and of low cost.

Keywords: welding, transvareststraint, cracks, stainless steel, FCAW.