

DEFINIÇÃO DE PARAMETROS DE SOLDAGEM EM UMA COLUNA DE DIREÇÃO DA MOTOCICLETA

LEITE COSTA, Charlon Wildson¹ LOPES BARBOSA, Ilailson²

GUEDES, Ana Emília Diniz Silva (Orientadora)³

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Exatas, Universidade do Norte, Av. Leonardo Malcher, 1200, Centro, CEP: 69020-010, Manaus, Amazonas, Brasil

RESUMO

A fim de definir o processo de soldagem em uma coluna de direção de uma motocicleta, foi realizada uma metodologia de análise do comportamento do material de prensagem observando suas variações e deformações baseado em laudos e históricos de problemas das juntas a serem soldadas. No início tivemos que solicitar da empresa situada no polo de industrial de Manaus, fabricante de amortecedores dianteiros, amortecedores traseiros, cross member e de colunas de direção, desse ultimo conjunto (coluna de direção) cinco amostras para realização dos testes. O planejamento dentre os departamentos (Desenvolvimento, PCP, Novos Modelos e Produção), foi essencial para uma boa execução dos trabalhos. Após isso as amostras foram submetidas a diversos parâmetros de trabalho como definição dos limites de Amperagem, voltagem essas duas sendo de extrema importância, pois juntas elas se transformam na potência Kilovoltampere (Unidade de medida 10^3 volts-ampère), juntamente com arame consumível de 1,2cm de diâmetro, rotação do prato (dispositivo de assentamento da coluna) de 10 rpm e gás STARGOLD (92% Argônio e 8% Ar), para realizar o processo de soldagem, assim como após as análises, as amostras foram submetidas a testes destrutivos (Tração e Compressão), para validar a resistência mecânica dos conjuntos soldados, e Macrográfico (microestrutura), para análise da penetração do metal de adição e as condições da fusão do metal baseado no tipo de Gás aplicado. Levando o processo a uma condição de estabilidade e segurança do conjunto na motocicleta.

Palavras-chave: *prensagem; deformações; consumível.*

¹ Graduando de Engenharia Mecânica na Universidade UNINORTE - E-mail: charlon.ufam@hotmail.com

² Graduando de Engenharia Mecânica na Universidade UNINORTE - E-mail: ilailsonlb@gmail.com

³ Doutora em Engenharia Mecânica Universidade (UFRN) - E-mail: aedsguedes@gmail.com

DEFINITION OF WELDING PARAMETERS IN A MOTORCYCLE STEERING COLUMN

ABSTRACT

In order to define the process of In order to define the welding process in a steering column of a motorcycle, was carried out a methodology of analysis of the behavior of the pressing material observing its variations and deformations based on reports and histories of joints to be soldered. In the beginning, we had to request five companies to carry out the tests at the Manaus industrial hub, manufacturer of front shock absorbers, rear shock absorbers, cross-mounts and steering columns, of the last set (steering column). Planning among departments (Development, PCP, New Models and Production) was essential for a good execution of the work. After that the samples were submitted to several working parameters as a definition of Amperage limits, these two being of extreme importance, because together they become the Kilovolt ampere power (unit of measurement 10^3 volts-amp), together with consumable wire of 1 , 2cm in diameter, rotation of the plate (settling of the column) of 10 rpm and STARGOLD gas (92% Argon and 8% Ar), to carry out the welding process, as well as after the analyzes, the samples were submitted to tests destructive tests (Traction and Compression), to validate the mechanical strength of the welded assemblies, and Micrographic (microstructure), for analysis of the penetration of the addition metal and the conditions of the fusion of the metal based on the type of Gas applied. Taking the process to a stability and safety condition of the set on the motorcycle.

Key words: *pressing, deformations, consumable.*

1. INTRODUÇÃO

No cotidiano utiliza-se uma série de objetos que de alguma forma foram soldados, por isso se pesquisa tanto esse tipo de processo, pois com todos os avanços tecnológicos existentes a soldagem é um dos processos mais importantes dentro do universo metalúrgico [1]. Existem vários tipos de processo de soldagem, porém o mais utilizado é o MIG (metal inert gás) e MAG (metal active gás) devido a sua versatilidade, rapidez por ser um processo muito flexível que proporciona soldagens com qualidade e alto Índice de produtividade. [2].

A coluna de direção é uma peça localizada na região frontal do chassi de motocicletas que utilizam o sistema de forquilha telescópica na suspensão dianteira (Figura1), cujos principais componentes são os chamados “garfos”.

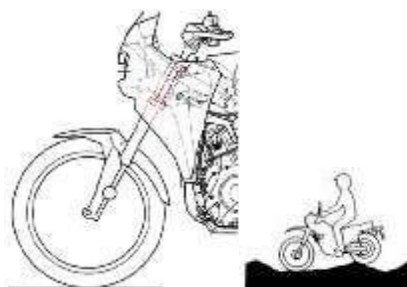


Figura 1 – posição da coluna de direção (Fonte do próprio autor).

Os garfos são mais facilmente entendidos como dois amortecedores hidráulicos com molas internas os quais são ligados por sua região inferior ao eixo em torno do qual a roda dianteira gira e em sua região superior ao quadro da motocicleta [3].

A peça que une os dois garfos entre si e os liga ao quadro do motociclo é chamada de coluna de direção e tem a função de permitir ao motociclista o movimento de rotação do conjunto guidão-suspensão roda dianteira para direita ou esquerda, ou seja, permitindo ao condutor a possibilidade de escolher e seguir a direção desejada ao dirigir [3].

A coluna de direção de motocicletas é composta basicamente por duas partes: o eixo da coluna e a mesa inferior, sendo que alguns modelos também podem apresentar mesa superior. Estas duas partes são unidas por meio de um ajuste forçado e então soldadas entre si.

De forma geral, a soldagem gera tensões residuais nas regiões próximas ao cordão de solda devido às bruscas variações de temperatura e, portanto, bruscas dilatações térmicas inerentes ao processo.

As tensões residuais podem gerar efeitos negativos sobre a integridade estrutural de componentes mecânicos, como a fratura frágil, a fragilização por hidrogênio e a corrosão

sob tensão [3], Ensaios de tração/compressão assim como análise metalográfica (Figura2), são os mais comuns aplicados na indústria para este tipo de processo.



Figura 2- Análise metalográfica (Fonte do próprio autor).

Quando é desejado obter características e propriedades mecânicas específicas de determinadas regiões da junta soldada do metal base. O processo de solda MIG é o mais adequado devido suas vantagens como: Taxa de deposição elevada, poucas operações de acabamento, solda com baixo teor de hidrogênio, facilidade de execução de soldagem [4]. Por esse motivo e devido a complexibilidade deste processo, a definição dos parâmetros de soldagem de uma coluna de direção de uma motocicleta deve ter de material depositado: penetração no eixo (1,4mm Mín.) penetração na mesa (3,6mm Mín.) comprimento total (5,4mm Mín.) penetração efetiva na junta soldada (3,4mm Mín.), como premissa a integridade do seu condutor e dos cidadãos ao seu redor.

A soldagem não é exceção, sendo obrigação a todos aqueles ligados a esse processo de fabricação tomar as máximas precauções, para minimizar os efeitos sobre o meio ambiente provocados pelo mesmo, este é sem dúvida, o grupo que mais se destaca devido, principalmente, ao seu largo emprego e grande volume de atividade que envolve a soldagem [1].

Todo procedimento experimental teve como base EPS (Especificação de Procedimento de Soldagem), documento relevante porque antes da soldagem de produção, especificações dos procedimentos sejam preparadas e qualificadas, como foi realizada nesta análise base a norma

ABNT NBR 11720 (Processo de Soldagem e Brasagem), no processo MIG podem ocorrer uma mudança brusca no volume e na massa, devido a um aumento na corrente de soldagem [2].

A escolha adequada do tipo de transferência metálica deve ser tal que alie a facilidade de soldagem, minimize as transformações metalúrgicas na zona afetada pelo calor e as distorções na estrutura soldada e maximize as taxas de deposição [2].

A ZTA da área analisada (juntas soldadas) tem este ponto que afeta diretamente a região do metal de base e metal de adição, denominada como ZTA (zona termicamente afetada), que sofre elevados picos de temperatura e consequentemente resulta em uma estrutura frágil devida o processo de resfriamento do cordão, torna-se uma região com grande variação de propriedades mecânicas se comparada ao metal base [2].

O presente artigo tem por objetivo mostrar a definição, método e aplicação em um processo de soldagem na aplicação em uma coluna de direção de uma motocicleta, usando como premissa avaliação das juntas soldadas, material base, material de adição, parâmetros de Amperagem, Voltagem, ciclo de processo e Gás utilizado. Tendo a capacidade do material em responder bem a todos os fenômenos metalúrgicos impostos pelo procedimento de soldagem adotado. Com isso podemos almejar uma padronização para o processo de soldagem utilizando de forma didática as condições mostradas nesse Artigo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÕES INICIAIS DOS PARÂMETROS

Para realizar esta análise utilizou-se como premissa o que está estabelecido na AWS D1.1, Structural Welding Code (Estruturas Soldadas de aço carbono e de baixa liga). Como muitas atividades humanas o processo de soldagem apresentam riscos para quem dela se utilizar.

Cinco conjuntos de mesa inferior de aço SAE 1035 forjada e eixos tubulares de aço SAE 1025 trefilados a frio sem costura foram recolhidos para realização do processo de soldagem. O tipo de solda utilizado foi a MIG e o Gás utilizado foi Stargold: 92% Ar e 8% CO₂, tensão média de 23 V e corrente média de 230 A. O eletrodo utilizado foi o Belgo Bekaert BME-C4 de 1,2 mm de diâmetro cuja composição química é dada pelo fabricante na tabela 1.

Elementos	C	Si	Mn	P	Si	Cu
Composição [%]	0,06-0,15	0,8-1,15	1,4-1,85	0,025máx.	0,035máx.	0,5máx.

Tabela 1. Composição química do consumível (arame) [%]

Com o resultado do perfil prensado do eixo/mesa inferior, (Figura4), fica definida conforme EQG-006 (Especificação de penetração de solda). Comprimento, largura e penetração do caldeamento de solda (Figura5). Máquina de Prensagem Hidráulica NM08 (0,4~0,6Mpa), Máquina de solda RM24(Dharen) Potencia 18,5KVA/ 60HZ. Máquina Universal de ensaio eletromecânico (capacidade 10.000KN).

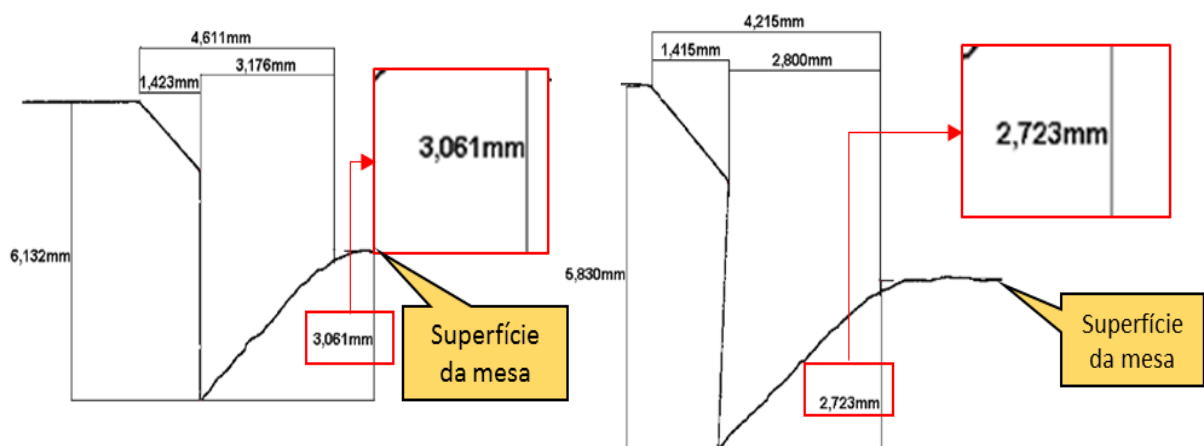


Figura 4- Analise do processo de prensagem (Fonte do próprio autor).

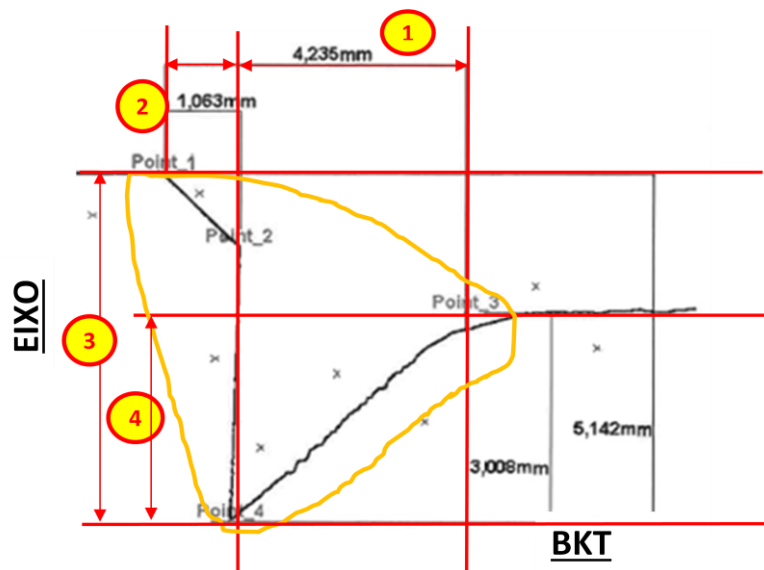


Figura 5- Definição análise processo de prensagem (Fonte do próprio autor).

2.2 SOLDAGEM

As amostras 1,2,3,4,5 foram submetidas ao processo de soldagem (MIG), em uma máquina de Solda (Figura7), Retificador Dhairén com potência 18,5 KVA/ 60 Hz; Tensão de alimentação 200/220 V; Corrente de alimentação 75A; Arame 1,2mm de diâmetro Mig/Mag BME-C4 (Tabela1); Gás Star Gold (92%Ar, 8%CO₂). (Figura6).

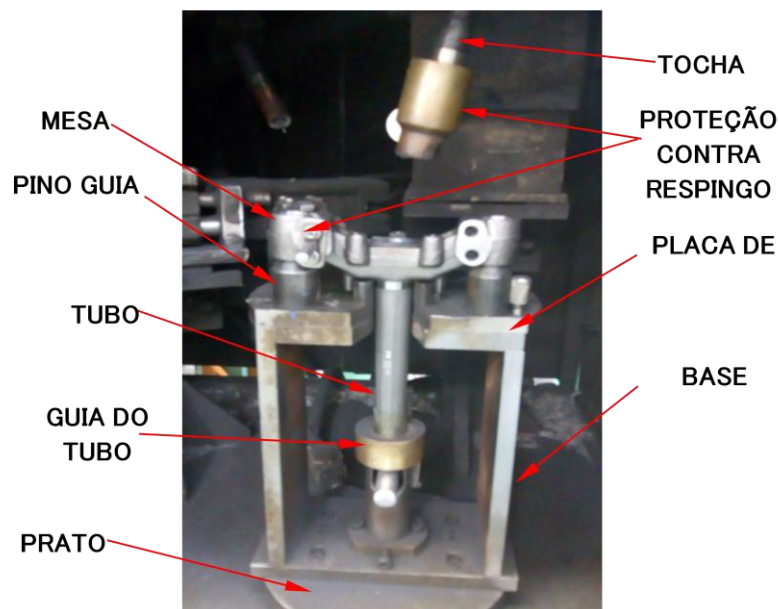


Figura 6- Processo de soldagem.

2.3 ENSAIOS METALOGRAFICOS

Após a soldagem, as amostras foram seccionadas em duas partes: a 0° e 180° (figura 7), para análise da microestrutura ao longo do cordão de solda como mostrado na figura 1. As quatro

partes foram separadas para análise metalográfica de acordo com a norma ASTM E0003-01.

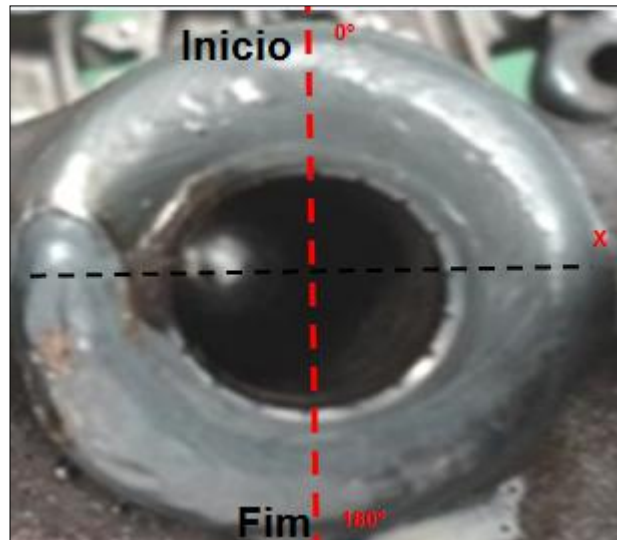


Figura 7- Região do corte (Fonte do próprio autor).

2.4 ENSAIOS DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO

Os ensaios de tração foram realizados à temperatura ambiente, onde foram utilizados corpos de prova usinados conforme dimensões especificadas no desenho do produto (Carga de ruptura Pull-out e Push-out 34 KN mín). Foi utilizado uma máquina universal de ensaios eletromecânica e um extensômetro eletrônico com capacidade máxima de 2,5mm, fabricante: Instron, modelo: 5582 capacidades da célula de carga: 100KN, classe 1 (ISO 7500-1) [7]. Os ensaios foram realizados a uma temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, velocidade de 20 MPa/s^{-1} de acordo com a norma ISO NBR 6892 [4]. Os resultados dos ensaios foram submetidos a estimativa de incerteza de medição de acordo com JCGM 100:2008. [7].

Aposição para realização do ensaio de deformação x deslocamento obtida a partir do ensaio de compressão com especificação (Push-out 34KN) conforme especificado no desenho do produto, está disposto (figura 8).



Figura 8 – Imagem da posição da peça para teste de compressão e tração.

3 RESULTADOS E DISCURSSÃO

3.1 ANÁLISES DE MACROGRAFIA

Os dimensionais de macrografia realizados após os parâmetros definidos obtiveram resultados dentro do especificado, como podemos observar na tabela 5. Também podemos observar que todas as amostras ficaram dentro dos resultados esperados ficando dessa forma evidenciado que a metodologia aplicada esta correta.

Pontos	Especificações de solda	26/abr		27/abr		02/mai		03/mai		04/mai		07/mai		08/mai	
		LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02	LADO.01	LADO.02
1	3,6Mín	4,55	4,45	4,55	6,23	5,54	5,71	5,51	5,06	5,02	4,76	5,10	4,68	4,98	4,82
2	1,4Mín	4,75	4,72	4,50	1,54	1,63	2,51	2,60	2,51	1,48	2,22	2,00	1,54	3,03	3,30
3	3,0Máx	0,67	0,75	2,21	1,65	2,52	2,12	2,13	2,07	2,17	2,45	2,47	2,28	2,83	2,72
4	3,4Mín	3,48	3,42	3,91	4,13	3,50	3,47	3,67	3,55	3,66	3,66	3,52	3,82	3,59	3,45

Tabela 5- Resultados das amostras de macrografia.

A análise de macrografia (figura 9), constataram que os parâmetros definidos conforme croqui (figura 10), na etapa inicial do estudo foram acertados, devido os valores encontrados

estarem dentro dos limites de controles. Os pontos 1;2;3;4; conforme croqui obtiveram resultados satisfatórios.

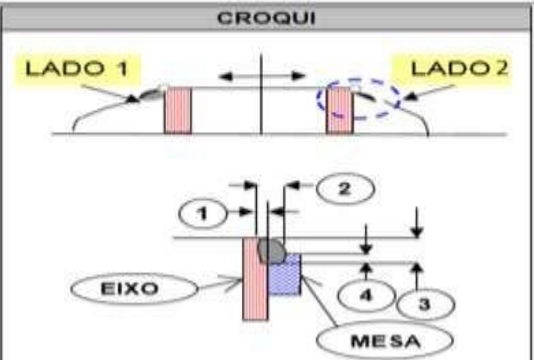
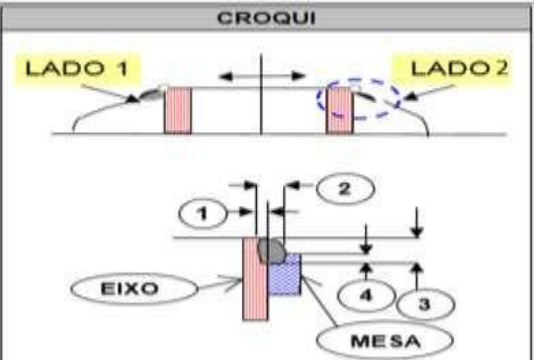
MACROGRAFIA		CONFORME CROQUI MACROGRAFIA	Peça	MACROGRAFIA							
				Lado 1				Lado 2			
				1 3,60 min.	2 1,40 min.	3 5,40 min.	4 3,40 min.	1 3,60 min.	2 1,40 min.	3 5,40 min.	4 3,40 min.
	Limite Inferior	1	4,61	4,02	6,21	3,40	4,82	3,30	6,17	3,45	
		2	4,55	4,50	6,12	3,91	6,23	1,51	5,78	4,13	
		3	4,50	3,89	6,11	4,10	4,40	5,26	5,42	3,42	
		4	5,34	2,30	6,27	4,27	5,57	1,71	6,39	4,39	
		5	4,75	2,36	5,51	3,50	4,48	2,65	5,43	3,43	
		6	4,70	3,13	5,81	3,80	4,60	3,34	6,28	4,28	
	Limite Médio	1	5,28	2,68	5,93	3,91	4,92	2,56	6,76	4,75	
		2	5,29	2,81	6,37	4,37	5,45	1,95	7,16	5,16	
		3	5,59	2,48	6,30	4,30	5,47	1,66	7,33	5,32	
		4	5,42	2,98	6,30	4,30	5,59	2,05	7,05	5,06	
		5	4,70	3,13	5,81	3,80	4,60	3,34	6,28	4,28	
		6	5,28	2,68	5,93	3,91	4,92	2,56	6,76	4,75	
	Limite Superior	1	5,29	2,81	6,37	4,37	5,45	1,95	7,16	5,16	
		2	5,59	2,48	6,30	4,30	5,47	1,66	7,33	5,32	
		3	5,42	2,98	6,30	4,30	5,59	2,05	7,05	5,06	
		4	4,38	2,65	5,80	3,70	3,84	2,55	5,95	4,15	
		5	4,12	1,98	5,74	4,14	4,05	2,84	5,98	4,10	
		6	4,28	2,24	6,10	3,84	3,87	2,04	6,41	5,16	
AVALIAÇÃO			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

Figura 10- Média dos valores encontrados

As figuras 8 e 9 mostram a caracterização microestrutural das cinco regiões de interesse da junta soldada: metal base, zona afetada por calor (ZAC) e metal de adição (MA) para mesa inferior (I) e eixo da coluna de direção (II) nas condições como soldada e após tratamento térmico pós-soldagem (TTPS).

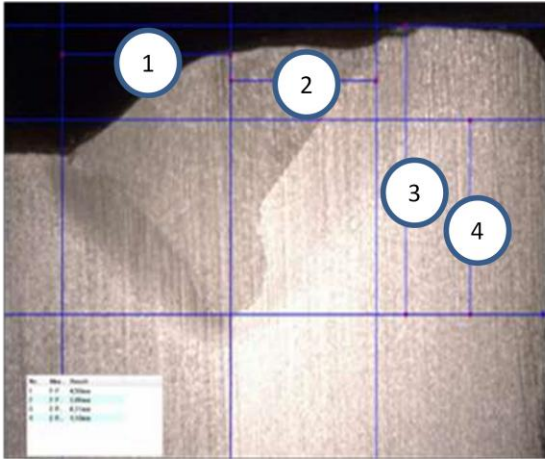


Figura 8- lado 1

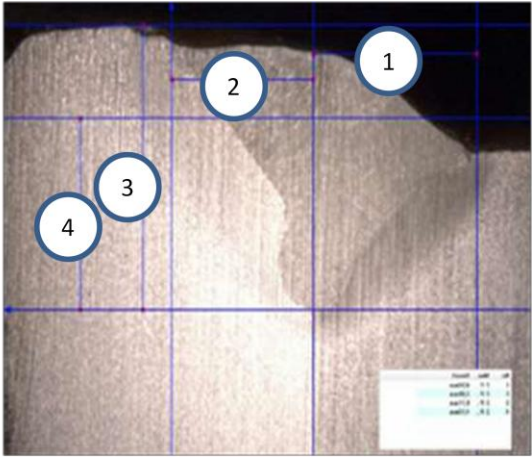


Figura 9- lado 2

3.2 ENSAIOS MECÂNICO DE COMPRESSÃO

Os tempos totais de cada ensaio de compressão e tração foram ajustados, e calculados a média de deformação para as amostras até a deformação máxima.

Além disso, as deformações verificadas pelos strain gauges foram em média um quinto do

esperado, calculando-se como base na carga máxima de teste e a área média, como se pode ver na tabela 2.

Tal resultado é atribuído a prensagem inicial da coluna de direção. A força de atrito proveniente da interferência mecânica entre a mesa inferior e o eixo se opõe à carga aplicada, reduzindo os esforços efetivos na região próxima a solda, colaborando na garantia da integridade mecânica da peça.

Percebe-se na tabela 2, que durante boa parte do teste, por cerca de 53 segundos a amostra obteve maior deformação, resultado atribuído ao movimento das discordâncias durante o tratamento de alívio de tensões, tornando o material mais dúctil. Entretanto, durante os segundos finais as amostras não tratadas sofreram deformação rápida e acentuada, chegando a se deformar mais do que as amostras tratadas.

Este comportamento se fez presente, pois o material do eixo escoou durante o teste.

As tensões residuais tendem a possuir um caráter compressivo no metal base, região na qual serão colados os strain gauges. Assim, quando o ensaio de compressão for realizado, as tensões compressivas aplicadas somaram-se às tensões residuais, gerando o escoamento e a rápida deformação. Isso confirma que as tensões residuais podem possuir valores próximos ao limite de escoamento.

Os resultados do ensaio de compressão [8], em módulo e as cargas máximas aplicadas a cada amostra estão apresentados na tabela 2.

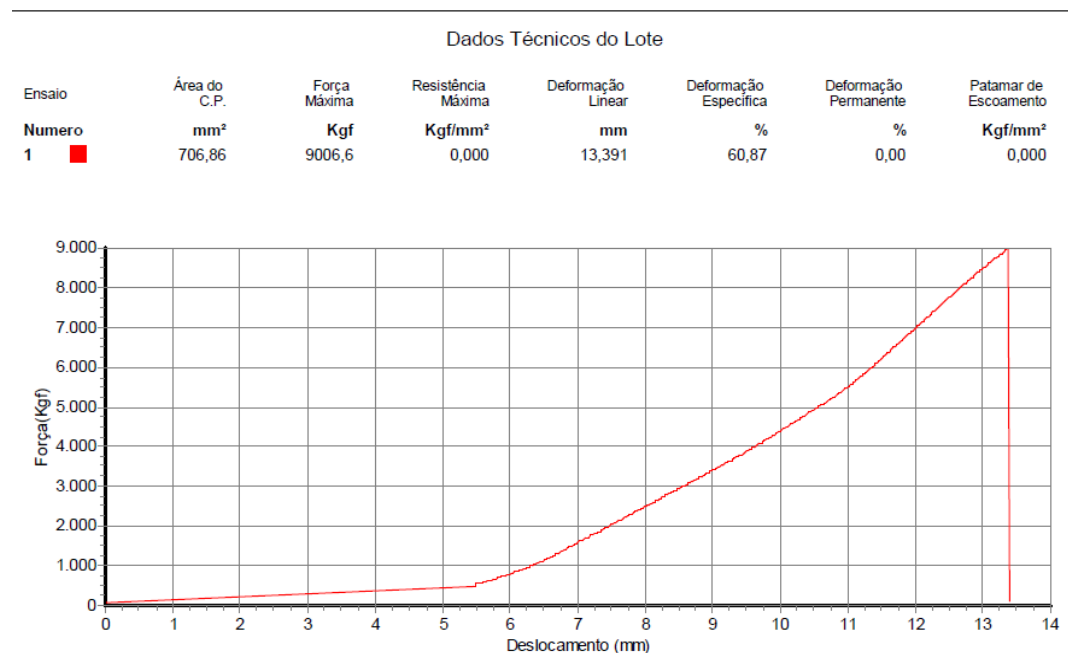


Tabela 2 – Amostra do teste de compressão.

A célula de carga utilizada não teve capacidade para romper nenhuma das amostras ensaiadas, o que pode ser explicado pela seção transversal do tubo ser consideravelmente maior do que os corpos de prova definidos por normas internacionais.

Os resultados do ensaio de compressão são mostrados na tabela 3, onde se pode observar que as amostras analisadas estão dentro da faixa permitida (34KN/ Min.) seguindo especificação no desenho do produto. Essa análise foi realizada para descartar qualquer possibilidade de fratura na junta soldada: resistência à tração [8]. Nos dados técnicos abaixo podemos destacar a força máxima aplicada (Kgf.) em cada das 5 amostras.

Dados Técnicos do Lote

Ensaio	Área do C.P.	Força Máxima	Resistência Máxima	Deformação Linear	Deformação Específica	Deformação Permanente	Patamar de Escoamento
Numero	mm ²	Kgf	Kgf/mm ²	mm	%	%	Kgf/mm ²
1 	907,92	9009,9	0,0000	8,994	40,88	0,00	0,0000
2 	907,92	9001,7	0,0000	6,293	28,61	0,00	0,0000
3 	706,96	9040,0	0,0000	6,325	28,75	0,00	0,0000
4 	907,92	9018,7	0,0000	-4,417	-20,08	0,00	0,0000
5 	706,96	9001,4	0,0000	4,465	20,29	0,00	0,0000
Minimo	706,96	9001,4	0,0000	-4,42	-20,08	0,00	0,0000
Máximo	907,92	9040,0	0,0000	8,99	40,88	0,00	0,0000
Média	827,50	9014,3	0,0000	4,33	19,69	0,00	0,0000
Mediana	907,92	9009,9	0,0000	6,29	28,61	0,00	0,0000
Desvio	98,50	14,3	0,0000	4,61	20,94	0,00	0,0000
Variânci	9702,03	205,4	0,0000	21,22	438,52	0,00	0,0000

Tabela 3. Resultados dos ensaios de compressão nas amostras das colunas de direção.

3.3 ENSAIOS MECÂNICO DE TRAÇÃO

Os resultados do ensaio de tração [9], (3500Kgf. /Min.) são mostrados na Tabela 4, onde as propriedades mecânicas de resistência à tração estão incluídas para comparação entre as amostras em que houve junção do metal de base. Os resultados mostram que as inclusões do metal de adição afetam diretamente as propriedades mecânicas avaliadas, podendo ocasionar fragilização da junção.

Teste	Teste ruptura > 3500 (Kgf/cm ²)		Teste ruptura > 3500 (Kgf/cm ²)		Teste ruptura > 3500 (Kgf/cm ²)	
	Push-out	Pull-out	Push-out	Pull-out	Push-out	
No.	1	9079.00	9000.01	9000.00	8998.30	9070.00
	2	9020.00	9000.15	9068.5	9009.90	9032.00
	3	9001.7	9000.02	9015.1	9001.70	9001.7
	4	9019.7	9000.04	9057.4	9040.00	9051.7
	5	9074.4	9000.64	9046.6	9018.70	9074.4
X	9038.96	9000.17	9037.52	9013.72	9045.96	
σ_{n-1}	35.2772	0.2675	28.9302	16.6755	29.8895	
CP	52,34	6853,14	63,80	110,22	61,85	
CPK	50,46	3524,47	57,71	81,51	48,39	
Max	9079.00	9000.64	9068.50	9040.00	9074.40	
Min	9001.70	9000.01	9000.00	8998.30	9001.70	
Limite superior (Kgf/cm ²)						
Limite inferior (Kgf/cm ²)	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	
K	0,04	0,49	0,10	0,26	0,22	

Tabela 4. Resultados dos ensaios de tração nas amostras das colunas de direção.

4 CONCLUSÃO

Pela observação dos aspectos analisados ficou evidenciado através de dados consolidados que para se realizar um processo de definição de parâmetros de qualquer natureza, e que nesse caso de um processo de solda em uma coluna de direção de uma motocicleta, se faz utilizando um ciclo com planejamento, definição, execução e avaliação de resultados. No início buscou-se com base na literatura do processo de soldagem, quais parâmetros e em que condições poderiam aplica-se o procedimento. Aplicando os ajustes necessários nos parâmetros de processo como Amperagem, Voltagem, altura do Stckout, projeção do arame, rotação do prato giratório, onde chegou-se a definição do processo de solda (Penetração eixo:1,4mm/ Penetração mesa:3,4mm/ Comprimento total:5,1mm e Largura total: 3,6mm), nessas condições atende as especificações do produto resistência a esforços de compressão e tração (34KN/mín.), esta definição se faz necessário para futuros testes que envolvam processo de solda em colunas de direção, cujo objetivo desde o inicio das análises, foi a condição ideal do processo onde pudesse se produzir mantendo a capacidade produtiva com menor custo possível para que o novo modelo possa nascer em condições de competitividade de mercado.

Foi também alcançado resultado de redução de consumo de arame com relação ao avanço de projeção do mesmo. Ficando homologado nos documentos de processos FCQPF (Folha de Controle da Qualidade do Processo de Fabricação).

O trabalho desenvolvido só foi possível porque foi em conjunto com os setores (Desenvolvimento, Qualidade, Novos modelos e Produção), obdescendo o projeto inicial.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Norte (UNINORTE), A empresa especialista em fabricação de colunas de direção do Polo Industrial de Manaus (PIM) pelas amostras cedidas, ao Laboratório de Análise de Materiais, aos autores das literaturas que constam no histórico desta bibliografia que foram usadas as informações nelas contidas para nortear todo o planejamento realizado, os resultados obtidos e analisados criteriosamente e às diversas pessoas que contribuíram ao desenvolvimento deste trabalho, aos meus companheiros de faculdades que nos apoiaram em todas as etapas durante todo esse processo na confecção desse artigo, aos meus professores Mestres e Doutores que no curto tempo de disponibilização de seus tempos corridos sempre nos passando orientações coerentes e inteligentes, aos nossos familiares que entenderam a nossa entrega neste trabalho e compreenderam nossas ausências, e por ultimo mais não menos importante ao nosso senhor Deus que abençoou nossos caminhos e pensamentos positivos que nunca deixou duvidarmos de nós mesmos.

REFERÊNCIAS

- [1] GUERRA, I. G.: “**Soldagem & Técnicas Conexas: Processos**”. Livro, Editado pelo Autor, Porto Alegre, 1996.
- [2] WAINER, Emílio; BRANDI Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem de. “**Soldagem processos e metalurgia**”. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.
- [3] Cardoso, W.S.; de Freitas, B.M.; Méndez, C.A.C.; Silva, R.N.A.; Neto, J.E.; Lopes, A.P. **ANÁLISE DE TENSÕES DA SOLDA NA COLUNA DE DIREÇÃO UTILIZADA EM MOTOCICLETAS**. Departamento de Engenharia Mecânica – EST/UEA - novembro de 2016, Natal, RN, Brasil
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 6892:2002 Ensaio de tração à temperatura ambiente - 34p.
- [5] EVALUATION OF MEASUREMENT DATA – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008 GUM 1995 - 141p.
- [6] WILLIAM, D. CALLISTER. **Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução**. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM ISO 7500-1:2004 Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial Parte 1: Máquinas de tração/compressão – Calibração do sistema de força - 17p.
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E9-89a00 (2000). Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature
- [9] Prof. Dr. Cassius O.F. Terra Ruchert, INTRODUÇÃO AOS ENSAIOS MECANICOS DOS MATERIAIS (2000). USP Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística.
- [10] MAHTO, R.; KUMAR, R.; PAL, S.; PANDA, S. A comprehensive study on force, temperature, mechanical properties and micro-structural characterizations in friction stir lap welding of dissimilar materials (AA6061-T6 & AISI304). **Journal of Manufacturing Processes, Science Direct**, India, n. 1, p. 1, 2017
- [11] LEE, C. Effect of Ti-B addition on the variation of microporosity and tensile properties of A356 aluminum alloys. **Materials Science e Engineering A**, Atlanta, USA, n. 1, p. 1, 2016
- [12] XIEHUA, L.; LIZI, H.; YIHENG, C.; PEI, Z.; YAPING, G.; JIANZHONG, C. Effects of microporosity on the tensile properties of aluminum alloy. **Advanced Materials Research Vol. 422**, Switzerland, n. 1, p. 1, 2012
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM ISO 6507-1:2008 Ensaio de dureza vickers Parte 1: Método de Ensaio - 22p.

- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 6892:2002 Ensaio de tração à temperatura ambiente - 34p.
- [13] GOPIKRISHNA, S; BINU. C. Y. **Study on effects of T6 heat treatment on grain refined A319 alloy with magnesium and strontium addition.** International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering, v2, 2013.
- [14] JIANG, H.; NAGAUMI, H.; GUO, S.; ZOU, C. **Study on effects Porosity in Al-Zn-Mg-Cu High Strength Alloy DC Ingot.** Materials Science Forum, vol.879, pp 790-794, 2016.
- [15] WANG, M.; ZOU, Y.; HU, H.; MENG, G.; CHENG, P.; CHU, Y. **Tensile Properties and Microstructure of Joined Vacuum Die Cast Aluminum Alloy A356 (T6) and Wrought Alloy 6061.** Advanced Materials Research, vol.939, pp 90-97, 2014.
- [16] EVALUATION OF MEASUREMENT DATA – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008 GUM 1995 - 141p.