

CAPÍTULO VI – ESTUDO COMPARATIVO DE REVESTIMENTOS ENTRE METALIZAÇÃO POR ASPERSÃO TÉRMICA E SOLDAGEM MIG/MAG EM AÇO SAE 5140

<WESLEY FERNANDO DE FREITAS SANTOS>¹

<FLAVIO ANTUNES FERREIRA>²

< SAULO SAES>³

Resumo: A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste artigo foi a coleta de dados, através de um estudo comparativo entre dois diferentes tipos de liga aplicados em eixos de motores e geradores elétricos de uma empresa de manutenção no setor de usinagem, neste comparativo foram realizados ensaios mecânicos afim de tirar conclusões de qual eixo demonstrará um melhor desempenho, durabilidade e resistência nos ensaios mecânico, com o propósito de constatar qual sofrerá menos danos ao longo do tempo de trabalho. Para a execução dos ensaios foi escolhido o Aço SAE 5140 por ser classificado como um aço de construção mecânica ligado, pois é compensado pelo grande teor de cromo e manganês. De acordo com os pré-requisitos estipulados pela norma NBR 6152 (o corpo de prova que é sempre padronizado por normas técnicas) foi feita a confecção do corpo de provas necessários, com o objetivo de realizar ensaios mecânicos nos mesmos, avaliando qual aplicação terá o melhor desempenho. Após ser realizados os ensaios mecânicos, foi feita uma análise dos resultados afim de comparar a resistência dos revestimentos citados, com isso conclui-se que a melhor opção de aplicação de revestimento para o cliente foi a aplicação com a metalização por apresentar um melhor desempenho mecânico e por levar um menor tempo para a aplicação, além de ter uma temperatura menor de aplicação.

Palavras-chave: Metalização, Soldagem, Corpo de prova.

¹<Wesley Fernando de Freitas Santos Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; wesleynando95@hotmail.com>

²<Flavio Antunes Ferreira; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; flavio.ferreira@pr.senai.br>

³<MBA Sistema de Produção – Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: saulo.saes@fiepr.org.br>

Abstract: The methodology applied to the development of this article was data collection, through a studied comparison between two different alloy types applied in shafts of electric motors and generators of a maintenance company in the machining industry in this comparison were performed mechanical tests in order to draw conclusions which axis will demonstrate better performance, durability and resistance to mechanical tests to see which will suffer less damage over time from work. For carrying out the tests was chosen the SAE 5140 for being classified as a mechanical construction steel connected because it is offset by the large content of chromium and manganese. According to the prerequisites laid down by NBR 6152 (the body of evidence which is Always standardized technical standards) was made to the body of evidence needed in order to perform mechanical tests, evaluating which application will have the best performance. After being carried through the mechanical tests, was made an analysis of the results in order to compare the resistance of coatings, with this it is concluded that the best option for coating application the client's application with the metallization by presenting a better mechanical performance and take a shorter time to the application, in addition to a lower temperature.

Key words: Plating, welding, Body of proof.

1 INTRODUÇÃO

Manter-se no mercado atual relaciona competitividade, e também outros desafios, e a partir destes é necessário a busca por soluções, aperfeiçoando assim os meios de produção através de inovações.

Neste processo precisa-se manter o padrão de qualidade, e o tempo de entrega de um produto, visando sempre o bom relacionamento com o cliente e seus fornecedores. Na área de metal mecânica, os processos de usinagem são de extrema importância, visto que é possível manter a qualidade e ao mesmo tempo propor e aplicar melhorias de processos.

A usinagem é o processo em que ocorre a separação do material da peça por tensão de corte, onde a separação da mesma origina-se o cavaco. O que ocorre muitas vezes são tempos desnecessários durante a execução de um processo que geram mais custos de produção. Entre estes, destacam-se refugos, desperdícios de matéria prima, superprodução, entre outros.

Com o intuito de mostrar qual a aplicação de revestimento terá um melhor desempenho em eixos, um comparativo foi efetuado em uma empresa

na área de manutenção de motores e geradores elétricos situada na cidade de Londrina, em específico a área de torno convencional por encontrar-se com problemas de tempo de aplicação do revestimento, isso afeta diretamente os clientes com pouca disponibilidade de espera para a manutenção do seu equipamento.

Esses tipos de equipamentos elétricos não podem sofrer modificações dimensionais que resultem em perda de resistência mecânica e que possam interferir na garantia operacional, assim quando acionadas devem responder às solicitações com eficiência e segurança.

Nos métodos de manutenção e inspeção dos motores e geradores são utilizados instrumentos de medição e técnicas de ensaios não destrutivos, como avaliação visual e líquido penetrante.

Algumas empresas de manutenção de motores e geradores elétricos ainda recorrem a sistemas arcaicos de enchimento por soldagem, que são relativamente onerosos e demorados, havendo a necessidade de aquecer o eixo a uma temperatura de 500°C a 600°C para alívio de tensão superficial.

Outro problema deste método de enchimento por solda é que os equipamentos elétricos são sensíveis a temperaturas elevadas, podendo ocasionar na queima prematura do bobinado.

Visando uma alternativa de processo, a utilização de revestimentos proporciona bons resultados, levando em conta que as formas de aplicação exigem temperaturas abaixo das que são utilizadas em tratamentos térmicos.

Referindo-se a revestimentos, a proposta da aspensão térmica é o controle dimensional e a engenharia de superfície, a fim de solucionar todos os problemas ocorridos pelo enchimento por soldagem. Neste processo é necessário fazer um aquecimento na peça, para que as micropartículas se aderem melhor a superfície do material.

A aspensão térmica consiste de um grupo de processos nas quais partículas finamente divididas de materiais para revestimentos, metálicos e não metálicos, são depositados sobre um substrato devidamente preparado, na condição fundida ou semi-fundida, para formar uma camada superficial. (MARQUES, 2003).

A metalização por aspensão térmica de micropartículas mesmo sendo um processo térmico não acarreta temperaturas elevadas no eixo, temperaturas que não se elevam acima de 200°C. Para realizar a aplicação da metalização é preciso ter cuidado com a limpeza do eixo para que a superfície do material não esteja com impurezas que façam o descolamento das micropartículas aplicadas no eixo.

A partir deste trabalho com o objetivo da realização do estudo comparativo entre dois tipos de revestimento aplicados em eixos de motores e geradores elétricos, foi estudado normas ABNT para confecção de corpos de provas para teste de ensaios, confecção dos corpos de prova com pré-requisitos da norma ABNT com diferentes ligas de revestimentos (soldagem MIG/MAG e metalização por aspersão térmica) para teste de ensaios de tração e dureza e realizar a comparação de qual o melhor revestimento para o eixo que apresentará um melhor desempenho nos testes realizados, além de suprir as necessidades da empresa, é mostrar também a partir dos ensaios mecânicos qual revestimento será benéfico em tempo e eficiência para ser aplicado no dia a dia de trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processos de usinagem são aqueles que ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco. (FERRARESI, 1979).

A aspersão térmica consiste de um grupo de processos nas quais partículas finamente divididas de materiais para revestimentos, metálicos e não metálicos, são depositados sobre um substrato devidamente preparado, na condição fundida ou semi-fundida, para formar uma camada superficial. (MARQUES, 2003).

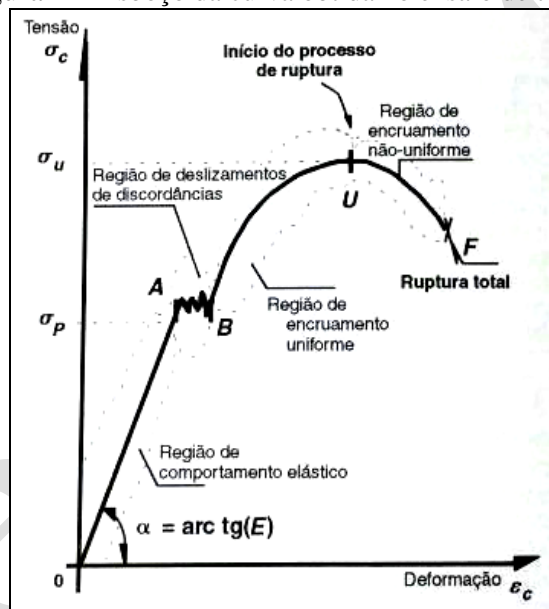
Logo que Maranhão (1996) diz que a resistência mecânica de um revestimento efetuado por aspersão térmica compreende a aderência entre o mesmo e o substrato, bem como a coesão entre as partículas depositadas. A aderência é um requisito essencial para o desempenho do revestimento, pois de nada adianta o mesmo ter uma espessura adequada e livre de poros se não possuir aderência suficiente.

Para a definição da tensão e deformação convencionais, considera-se uma barra cilíndrica e uniforme que é submetida a uma carga de tração uniaxial crescente. (GARCIA, 2010)

2.1 Ensaio de tração

O Ensaio mais amplamente utilizado para a avaliação das propriedades mecânicas dos materiais é o ensaio de tração, por ser um ensaio simples e rápido além de fornecer informações importantes para o projeto e a fabricação de peças e componentes. Esse tipo de ensaio consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até sua ruptura. O levantamento da curva de tensão pela deformação sofrida pelo corpo constitui o resultado do teste de tração (GARCIA, 2010). A Fig. 1 mostra o esboço da curva típica obtida no ensaio em um corpo de prova.

Figura 1 – Esboço da curva obtida no ensaio de tração

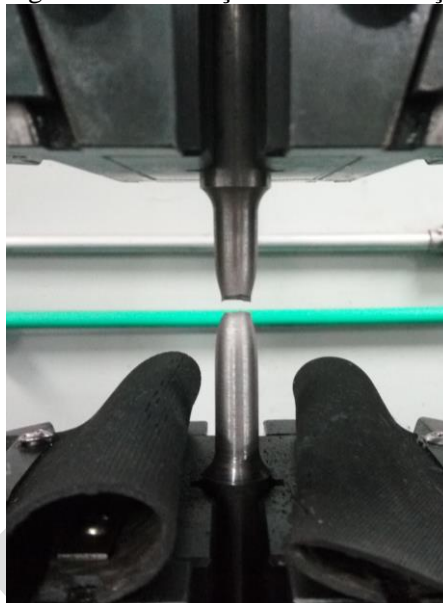


Fonte: Souza (1989).

No ensaio de tração, o corpo de prova que é sempre padronizado por normas técnicas, é fixado pelas suas extremidades nas garras de fixação da máquina de tração. O corpo de prova é então submetido a um esforço, aplicando uma carga gradativa e registrando cada valor de força correspondente a um diferente tipo de alongamento do material. O ensaio termina quando o corpo de prova se rompe, o software do equipamento gera um gráfico com as curvas obtidas do ensaio de tração, como observado na

fig.1. Já na figura 2 observa-se o rompimento no corpo de prova no equipamento.

Figura 2 – Realização do teste de tração



Fonte: Do Autor (2016)

São os principais dados obtidos: limite de resistência a tração, limite de escoamento, módulo de elasticidade, módulo de resiliência, módulo de tenacidade, ductilidade, coeficiente de encruamento e coeficiente de resistência (GARCIA, 2010). E estes aspectos puderam ser notados na realização do teste de tração.

2.2 Ensaio de dureza

A dureza é uma propriedade mecânica cujo conceito se segue a resistência que um material, quando pressionado por outro material ou por marcadores padronizados, apresenta ao risco ou à formação de uma marca permanente. Os métodos mais aplicados em engenharia utilizam-se de penetradores com formato padronizado e que são pressionados na superfície do material sob condições específicas de pré-carga e carga, causando

inicialmente deformação elástica e em seguida deformação plástica (GARCIA, 2010).

Segundo Garcia (2010) a área de marca superficial formada ou a sua profundidade são medidas e correlacionadas com um valor numérico que representa a dureza do material. Esta correlação é baseada na tensão de que o penetrador necessita para vencer a resistência da superfície do material.

1.3 AÇO SAE 5140

O aço SAE 5140 pode ser classificado com um aço de construção mecânica ligado, pois é compensado pelo grande teor de cromo e manganês. Os processos de conformação para estes aços podem ser como trabalho a quente, a morno e a frio. Os produtos dos aços SAE 5140, vão desde parafusos de alta resistência, de tampa e cabeça chanfrada, braços de direção, grampos para feixe de mola, barra estabilizadora também sendo empregados no setor da agroindústria e metal mecânico. (BELGO (2014) apud. DAL SOCHIO 2014, p. 10).

A composição química do aço SAE 5140 pode ser vista na tabela 1 conforme a NBR NM 87.

Tabela 1 – Composição química do aço SAE 5140 (% em peso)

Aço	% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Cr
5140	0,38- 0,43	0,70- 0,95	0,035	0,040	0,15- 0,35	0,70-0,9

Fonte: NBR NM 87 (2000)

3 METODOLOGIA

Para suprir necessidades, o comparativo no processo de metalização é uma boa opção para redução de tempo de espera do cliente, a fim de dar boas opções de manutenção e orçamentos envolvendo os tipos de manutenção realizados nos motores ou geradores, e para se obter o comparativo através desse estudo, foi utilizado métodos práticos e teóricos.

O tema escolhido foi pensado com cuidado para que os equipamentos elétricos não sofram modificações dimensionais que resultem em perda de resistência mecânica, e que possam interferir na garantia operacional

causando um alto aquecimento no colo do rolamento, rompimento no local da aplicação da aspersão, etc.

A metodologia utilizada para a elaboração deste artigo foi a coleta de dados através das pesquisas bibliográfica obtida em livros, artigos e por meio eletrônico. As pesquisas foram focadas para a área de revestimentos em eixos, resistência a tração, dureza, temperatura na aplicação de soldagem, etc.

A fim de atender a satisfação do cliente o objetivo principal deste artigo bem como os objetivos específicos, é mostrar para o cliente que a resistência mecânica de ambos os revestimentos trará a satisfação ao mesmo.

3.1 Corpo de Prova

O aço SAE 5140 foi fornecido pela instituição SENAI. O material foi retirado de um lote para posteriormente serem cortados em uma serra fita e assim na etapa seguinte serem confeccionados os corpos de prova. Na figura 3 pode-se observar o momento em que o corpo de prova está sendo cortado pela serra fita.

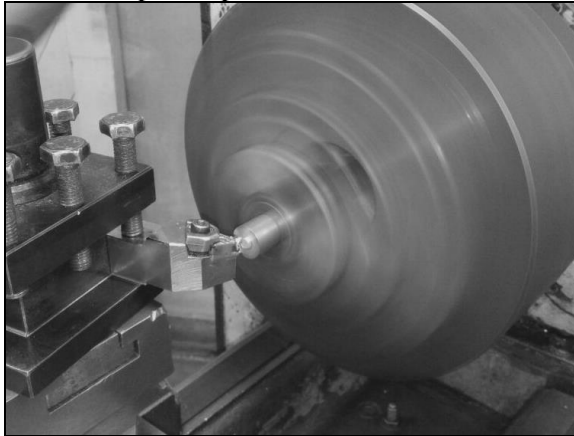
Figura 3 – Execução de corte do corpo de prova



Fonte: Do Autor (2016)

O material desse lote tinha o diâmetro de 15,88mm e foram cortados em um comprimento total de 172mm com sobre metal para seguir a próxima etapa. Os aços cortados na etapa anterior foram levados a um torno convencional (Modelo NARDINI ECO 14) para ser realizado o faceamento e furo de centro. Na figura 4 apresenta o faceamento dos corpos de prova no torno convencional.

Figura 4 - Faceamento dos corpos de provas realizados em torno convencional.



Fonte: Do Autor (2016)

Já faceados e com o furo de centro os corpos de provas foram confeccionados seguindo os pré-requisitos estipulados pela norma NBR 6152, através de um torno CNC (Modelo HOMI). Na figura 5 mostra os corpos de prova pronto para ser aplicado a metalização.

Figura 5 - Corpo de provas prontos para serem aplicado a metalização



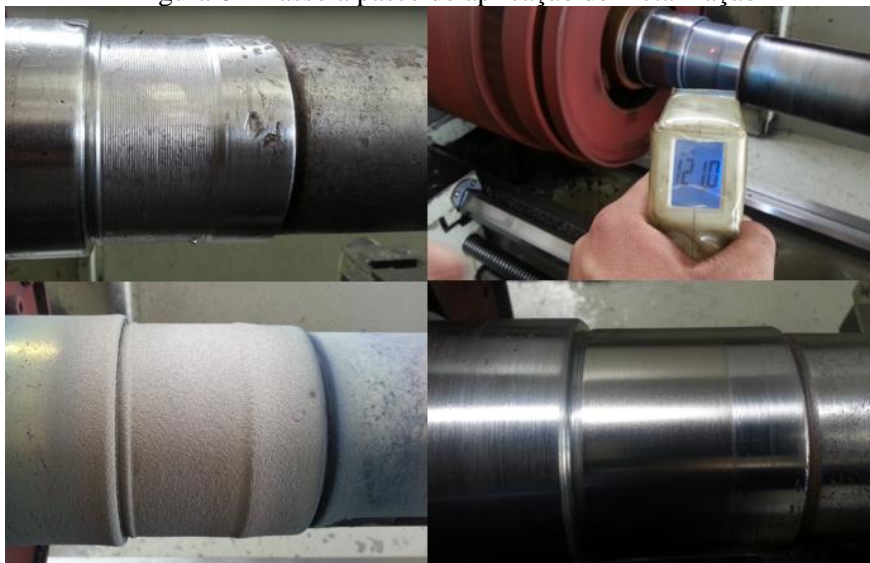
Fonte: Do Autor (2016)

3.2 Metalização

Atualmente, os revestimentos são usados na indústria para recuperação de várias peças que por algum motivo sofreram algum dano como desgaste, corrosão ou recuperação dimensional. Na indústria que trabalha com manutenção em motores e geradores, a aspersão térmica é utilizada nos eixos de motores, mais especificadamente nos colos de rolamentos, tampas, e eixos em geral, todos desgastados ou necessitando de uma recuperação dimensional. A preparação de superfície é a etapa mais crítica do processo de aspersão térmica, sendo essa etapa que interfere diretamente na qualidade do revestimento, pré-aquecer o metal base melhora a aderência do revestimento, na prática sugere-se que a superfície seja pré-aquecida a temperaturas entre 90 e 120° C.

A preparação do corpo de prova ocorreu com a limpeza nas proximidades de onde será aplicado o revestimento, após a limpeza o corpo de prova foi submetido a um pré-aquecimento de 120° C como mostra na figura 6. A usinagem foi realizada com um rebaixo correspondente com 1mm de profundidade, esta que por vez foi usinado através de ranhuras (espécie de rosca) com a mesma ferramenta com um passo de 0,7 mm fazendo com que a superfície do local da aplicação fique com a rugosidade alta para uma maior aderência do revestimento, para que não ocorra o desprendimento do material no corpo de prova, é de suma importância evitar tocar com as mãos o local torneado, devido que as mãos podem estar com graxa, óleo ou outras impurezas, que influenciam na aderência do revestimento. Após a aplicação do revestimento o corpo de prova foi lixado até sua dimensão de 10mm. A figura 6 mostra o passo a passo do processo da aplicação de metalização.

Figura 6 – Passo a passo de aplicação de metalização



Fonte – Do autor (2016)

3.3 Soldagem

Foram separados materiais para ser aplicado a solda antes de confeccionar o corpo de prova, após separar, os materiais voltaram ao torno convencional para ser usinado um canal com 50mm de comprimento deixando o diâmetro interno do canal com 6mm aonde foi feito a aplicação de soldagem MIG\MAG, a figura 7 mostra um demonstrativo da aplicação de soldagem na real utilização do revestimento do dia a dia da empresa.

Figura 7 – Processo de aplicação de soldagem no corpo de prova



Fonte: Do autor (2016)

Após a aplicação da soldagem os corpos de provas foram levados ao torno CNC para serem usinados com suas medidas estipulados pela norma NBR 6152 e assim serem levados para ser realizado os testes de tração e dureza.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O teste de tração e de dureza foram realizados com o intuito de notar através de um estudo comparativo qual aplicação, entre a metalização por aspersão termina e soldagem MIG/MAG é mais eficaz em sentido de resistência à tração e dureza.

Através dos corpos de prova serem submetidos à tração foi observado que o de metalização resistiu mais que o corpo de prova com soldagem, o de metalização apresentou uma média de força máxima exercida de 48,627 KN e a resistência máxima de tração uma média de 245,50 MPa, o corpo de

prova com soldagem com os mesmos parâmetros testados, apresentou os seguintes resultados, uma média de força máxima exercida de 38,560 KN, e a resistência máxima de tração uma média de 194,70 MPa.

Um corpo de prova sem metalização e soldagem também foi submetido ao teste de tração, onde apresentou uma média de força máxima exercida 49,503 KN, e a resistência máxima de tração uma média de 249,93 MPa.

Nas figuras 8,9 e 10, retirada do programa Panambra apresentado pela máquina (Versat 300KN), observa-se os parâmetros citados.

Figura 8 - Dados técnicos do lote do corpo de prova metalizado

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

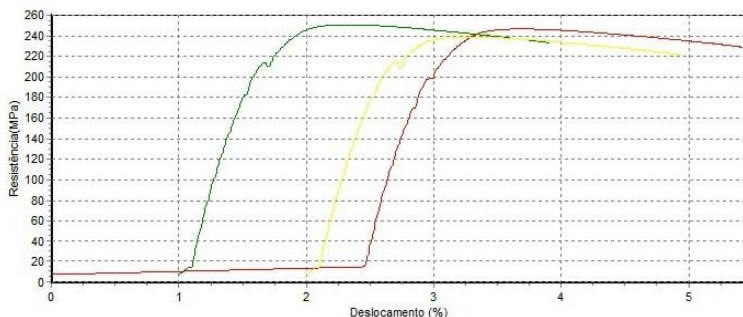
AÇO SAE 5140 - METALIZADO

Nome do lote:	LOTE METALIZADO	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizados:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	48,885	246,70	9,208	5,4165	2,2790	224,40	42532
2	198,06	49,675	250,80	4,942	2,9071	2,1335	223,90	42807
3	198,06	47,342	239,00	4,995	2,9381	2,1958	209,30	42687
Mínimo	198,06	47,342	239,00	4,94	2,9071	2,13	209,30	42532
Máximo	198,06	49,675	250,80	9,21	5,4165	2,28	224,40	42807
Média	198,06	48,627	245,50	6,38	3,7539	2,20	219,20	42675
Mediana	198,06	48,885	246,70	4,99	2,9381	2,20	223,90	42687
Desvio	0,00	1,184	5,99	2,45	1,4399	0,07	8,58	138
Variância	0,00	1,402	35,89	5,99	2,0734	0,01	73,57	19041



Fonte: Do Autor (2016)

Figura 9 - Dados técnicos do lote do corpo de prova com soldagem

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

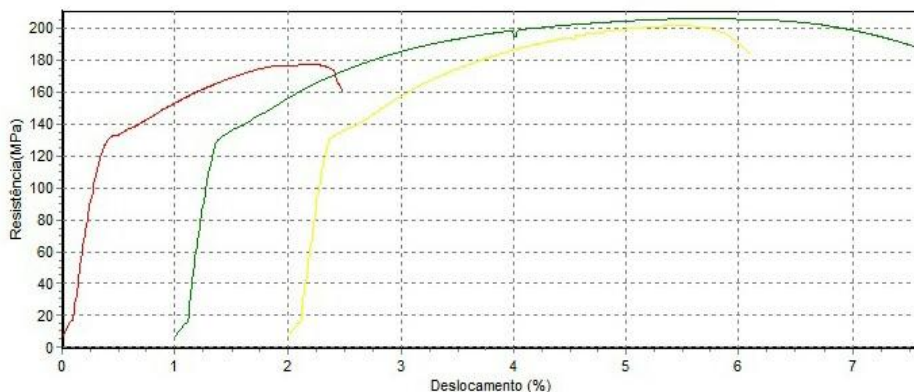
AÇO SAE 5140 - SOLDAGEM

Nome do lote:	LOTE SOLDAGEM	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizado:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	35,074	177,10	4,212	2,4779	1,5012	152,00	18089
2	198,06	40,775	205,90	11,136	6,5503	5,6471	151,60	20758
3	198,06	39,830	201,10	6,948	4,0872	3,1651	153,40	20358
Mínimo	198,06	35,074	177,10	4,21	2,4779	1,50	151,60	18089
Máximo	198,06	40,775	205,90	11,14	6,5503	5,65	153,40	20758
Média	198,06	38,560	194,70	7,43	4,3718	3,44	152,33	19735
Mediana	198,06	39,830	201,10	6,95	4,0872	3,17	152,00	20358
Desvio	0,00	3,055	15,43	3,49	2,0511	2,09	0,95	1440
Variância	0,00	9,334	238,08	12,16	4,2069	4,35	0,89	2072605



Fonte: Do Autor (2016)

Figura 10 - Dados técnicos do lote do corpo de prova sem metalização/soldagem

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

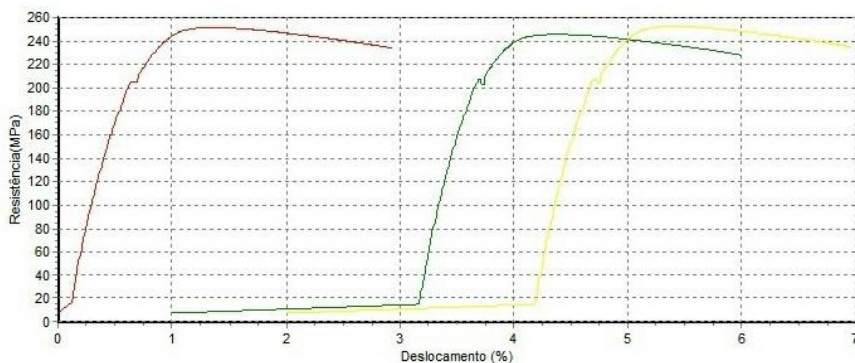
AÇO SAE 5140 - SEM METALIZAÇÃO / SOLDAGEM

Nome do lote:	LOTE SEM METALIZAÇÃO / SOLDAGEM	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizado:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	49,814	251,50	4,993	2,9372	2,1297	225,50	41729
2	198,06	48,663	245,70	8,494	4,9965	2,1613	222,90	43388
3	198,06	50,031	252,60	8,441	4,9654	2,1077	225,10	43867
Mínimo	198,06	48,663	245,70	4,99	2,9372	2,11	222,90	41729
Máximo	198,06	50,031	252,60	8,49	4,9965	2,16	225,50	43867
Média	198,06	49,503	249,93	7,31	4,2997	2,13	224,50	42995
Mediana	198,06	49,814	251,50	8,44	4,9654	2,13	225,10	43388
Desvio	0,00	0,736	3,71	2,01	1,1801	0,03	1,40	1122
Variância	0,00	0,541	13,74	4,02	1,3925	0,00	1,96	1259396



Fonte: Do Autor (2016)

Para a realização das durezas nos corpos de prova, utilizou-se um durômetro com o indetador tipo Brinell. Após serem submetidos à dureza na máquina (compac – GENEVE), obteve-se as médias do corpo de prova metalizado, com soldagem e sem metalização/soldagem. A média obtida no corpo metalizado foi de 130.33 Brinell, já no com soldagem a média obtida

no teste de dureza foi de 120.66 Brinell. Nota-se a partir destas médias que o corpo de prova metalizado apresentou uma maior dureza em relação aos demais que também se submeteram ao teste. Na tabela 2, é possível observar os dois resultados de cada corpo de prova e sua média, já na figura 11 representa o processo do teste de dureza.

Tabela 2 – Resultados e média do teste de dureza

Aplicações	Teste 01	Teste 02	Teste 03	MÉDIA
Metalizado	127	133	131	130.33
Soldagem	122	121	119	120.66

Fonte: Do Autor (2016)

Figura 11 – Processo do teste de dureza



Fonte: Do Autor (2016)

Com os resultados obtidos foi comprovado que o corpo de prova com metalização apresentou uma melhor resistência mecânica nos testes de tração e dureza, comparado ao corpo de prova com soldagem. E o corpo de prova

sem as duas aplicações de revestimento foi utilizado apenas para um comparativo entre as duas aplicações, uma apresentando metalização por aspersão térmica e a outra soldagem MIG/MAG.

5 CONCLUSÃO

Através de livros consultados e artigos, levando-se em consideração as médias obtidas na análise de resultados conclui-se que a melhor opção de aplicação de revestimento para o cliente foi a aplicação com a metalização por apresentar um melhor desempenho mecânico e por levar um menor tempo para a aplicação.

Com os estudos levantados, caracterizando o aço SAE 5140 e apresentando os testes de tração e dureza, nota-se o quão importante foi o estudo de comparação realizado, pois estes mostram a resistência mecânica de cada tipo de aplicação sendo a metalização por aspersão térmica e por soldagem MIG/MAG, e retrataram qual o melhor revestimento para ser utilizado em eixos de motores e geradores elétricos, mostrando para o cliente que a metalização além de levar um menor tempo de execução atende também aos requisitos de resistência mecânica como resistência a tração e resistência a dureza levando em consideração os resultados obtidos nos ensaios mecânicos realizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 87: **Aço Carbono e Ligados para construção mecânica – Designação e composição química**, 2000, p. 10

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6152:1992 **Materiais metálicos - Determinação das propriedades mecânicas à tração**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 87: **Aço Carbono e Ligados para construção mecânica – Designação e composição química**, 2000, p. 10.

DAL SOCHIO, Jader André. **Influência do tratamento de esferoidização sobre as propriedades mecânicas do aço AISI 5140**. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/103825>>. Acesso em: 09 de nov. 2016.

FERRARESI, D. **Usinagem dos metais**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 1979.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos materiais**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 247 p.

MARANHO, O. **Influência da Preparação da Superfície na Aderência de Revestimentos de Alumínio Depositados por aspersão Térmica a Chama**. Dissertação de Mestrado, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Outubro, 1996. 126p.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Composição química dos aços**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 134 p. ISBN 978-85-212-0302-5.