

# **Soldabrasagem a Arco Aplicada ao Revestimento de Pistões de Bombas Hidráulicas**

Régis Henrique Gonçalves e Silva<sup>1</sup>, Jair Carlos Dutra<sup>1</sup>, Tiago Vieira da Cunha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LABSOLDA /UFSC – Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC Brasil – regis@labsolda.ufsc.br

## **Resumo**

A necessidade de recobrimento metálico surge em diversas peças, as quais estão submetidas a ambientes quimicamente nocivos e/ou solicitações mecânicas. Dependendo do tipo e intensidade das solicitações, mecânicas ou químicas, determinados materiais e processos devem ser dimensionados para otimizar a adesão da camada protetora depositada e a resistência da mesma. Tais aplicações se encontram nos mais diversos setores industriais, como papelero, petrolífero, minerador, etc...

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um procedimento para a realização de revestimento por soldabrasagem a arco de pistões de bombas hidráulicas. Primeiramente foi investigado o processo MIG/MAG. Nesta etapa se formulou um programa sinérgico para o arame-eletrodo a ser depositado, resultando, no entanto, em faixa de operação limitada. Posteriormente, foram realizados ensaios com o processo TIG manual com alimentação automática realimentada de arame e TIG semi-mecanizado com alimentação automática realimentada de arame.

O processo TIG, tendo apresentado melhor desempenho, foi selecionado como potencial para implementação industrial.

Palavras-chave: brasagem MIG, brasagem TIG, recobrimento, metalização, produtividade

## **1. INTRODUÇÃO**

Em reunião entre o corpo técnico da empresa solicitante e a equipe do Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLDA / UFSC), nas dependências deste, deu-se início a um trabalho para desenvolvimento de processo a ser avaliado pela citada empresa.

O problema apresentado consistia no recobrimento superficial de peças de bombas hidráulicas. As superfícies a serem revestidas sofrem severa solicitação mecânica, levando a desgaste por abrasão em serviço. Assim, no intuito de melhorar a qualidade de seus produtos, a empresa e o laboratório trabalharam em conjunto para desenvolver processo e procedimento de deposição por arco de camadas superficiais.

Identificado o objetivo final, foram traçadas metas. Assim, se iniciaram as investigações com o processo de soldabrasagem MIG (MIG Brazing). Uma vez selecionado o material de adição, foi desenvolvido um programa para soldabrasagem MIG pulsada sinérgica. Como alternativa, se desenvolveu também um procedimento para soldabrasagem MIG pulsada em modo misto.

Diante da possibilidade de otimização dos resultados obtidos, se partiu para o processo TIG com alimentação automática controlada de arame. Os resultados se mostraram muito superiores em relação aos obtidos com o processo MIG. Portanto, este foi o processo selecionado.

A etapa seguinte consistiu no desenvolvimento do procedimento de soldabrasagem. Foram realizadas peças com diferentes camadas. Com o procedimento consolidado e repetitivo, se partiu para uma semi-mecanização do processo, lançando-se mão de uma mesa rotativa.

## **2. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E METODOLOGIA**

O arame utilizado foi o CuAl9Fe. Como material de base, primeiramente foram utilizadas chapas de aço AISI 1020 para ensaios preliminares tanto para o processo MIG quanto para o TIG. Após a determinação dos parâmetros iniciais, partiu-se para ensaios nos corpos de prova fornecidos pela solicitante.

Uma das fontes de soldagem utilizadas era microcontrolada, permitindo a geração de programas sinérgicos para o processo MIG, para diversas condições de soldagem/soldabrasagem. Para o deslocamento da tocha, foi utilizado um robô de 6 eixos. O robô permite maior agilidade e repetibilidade de posicionamento.

Para o TIG, foi utilizada uma fonte inversora com alimentação automática de arame. Esta fonte conta com um sistema realimentado de controle de avanço de arame, facilitando a operação, aumentando a produtividade e reduzindo o desperdício que se teria com varetas.

Para monitoração do processo foi utilizado um sistema de aquisição de dados baseado em um microcomputador, uma placa especial e um software dedicado, que emula um osciloscópio e gera os oscilogramas do processo. Todos os equipamentos e softwares citados, com exceção do robô, foram desenvolvidos pelo LABSOLDA / UFSC no âmbito de diferentes projetos. Este fato confere total flexibilidade, aumentando o potencial de sucesso nos trabalhos empreendidos.

### **2.1. SOLDABRASAGEM MIG**

Estrategicamente é comum, quando coerente, a consideração do processo MIG como primeira opção para aplicações de revestimento. Isto acontece devido a suas características de produtividade, simplicidade de aplicação e capacidade de automação. A simplicidade de regulagem (quando se usa o modo convencional ou pulsado com comando sinérgico) também contribui.

Havendo, na fonte de soldagem, já disponível programa sinérgico para um arame similar ao fornecido pela solicitante, os ensaios se iniciaram com este programa. Seguindo uma seqüência de desenvolvimento, os parâmetros foram sendo modificados de acordo com análises visuais da solda durante a execução mesma, do aspecto do cordão e dos dados oscilográficos, obtidos pelo sistema de monitoramento aplicado. Se obteve um programa sinérgico para o arame-eletrodo.

Uma alternativa ao processo MIG em corrente pulsada é o MIG pulsado com comando misto. Nesta variante, a tensão é controlada na fase de pulso e a corrente na fase de base. Devido ao interrelacionamento entre altura de arco e tensão de soldagem, este modo tende a resultar em melhor estabilidade do arco. Assim, também fez parte da metodologia a formulação de parâmetros para o processo MIG em modo misto.

### **2.2. SOLDABRASAGEM TIG**

No processo TIG, os trabalhos se iniciaram com a determinação de uma regulagem eficiente, mantendo-a condizente com a corrente utilizada. Ao mesmo tempo se realizou o treinamento do soldador.

Encontrada uma regulagem adequada, assim como posicionamento relativo entre a tocha e o arame alimentado, realizou-se o primeiro corpo de prova. Devido ao calor do processo e à baixa espessura da peça, houve excessivo empenamento. Neste ponto, foram revestidos três corpos de

prova com uma, duas e três camadas de revestimento, os quais foram enviados à empresa solicitante.

Já iniciando um caminho para uma possível futura automação do processo, os corpos de prova de maior altura (80 mm) foram fixados em uma mesa rotativa, de velocidade controlada, sendo que o soldador mantinha a tocha e o dispositivo de alimentação de arame praticamente fixos.

Um dos primeiros corpos de prova de menor espessura (5 mm) foi cortado transversalmente para análise visual. Também foi realizado ensaio radiográfico na peça de 80 mm de altura.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. SOLDABRASAGEM MIG

Utilizando-se um programa sinérgico já presente no software de controle da fonte microcontrolada para uma liga de Cu, os primeiros ensaios foram com MIG pulsado, modo corrente. Um exemplo dos primeiros oscilogramas obtidos está na Figura 1, que mostra também o aspecto do cordão. Tanto oscilograficamente, quanto no cordão depositado, nota-se completa instabilidade do arco, da transferência metálica e da poça metálica.

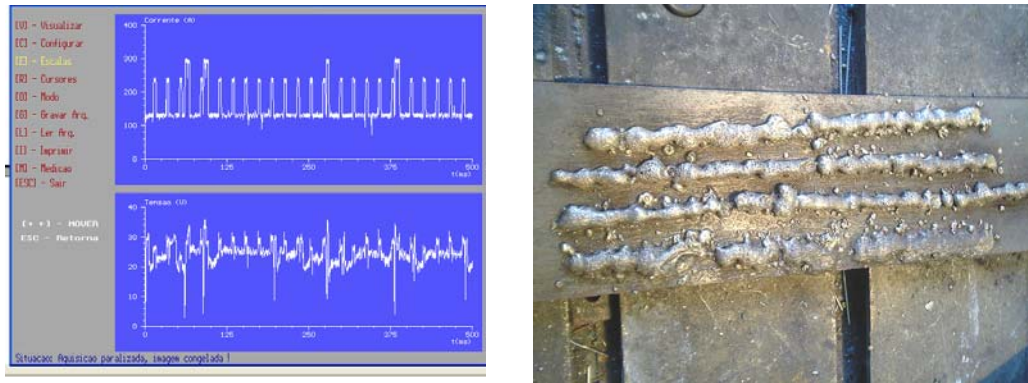


Figura 1 – Oscilograma obtido com programa sinérgico para o arame ERCuSiA e cordões de solda com programa sinérgico para o arame ERCuSiA.

Em seqüência, o processo foi ajustado na busca de uma parametrização que fornecesse uma solda estável não apenas estável oscilograficamente, mas também com bom aspecto do depósito. Apesar de se chegar a uma boa estabilidade na transferência metálica, como mostra o oscilograma da Figura 2 (Tabela 1), a solda resultante não se mostrou satisfatória (Figura 3).

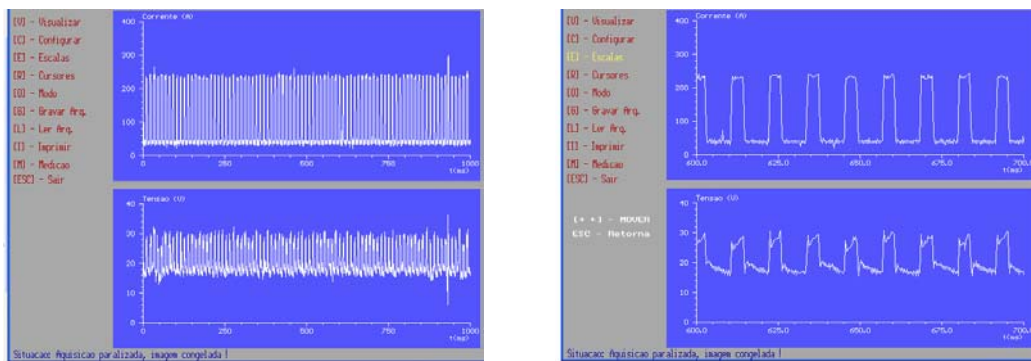


Figura 2 – Oscilograma com parâmetros ajustados para o arame CuAl 9Fe (completo (esq.) e expandido (dir.)).



Figura 3 – Depósitos realizados com o processo MIG, relativos à Tabela 1.

Tabela 1 – Regulagem do MIG Pulsado, modo corrente, arame CuAl9Fe, 1,2 mm.

<b>Corrente média Im</b>	100 A	<b>Gás de proteção</b>	Ar
<b>Velocidade de arame</b>	3 m/min	<b>Vazão do Gás de proteção</b>	12 l/min
<b>Velocidade de soldagem</b>	20 m/min	<b>Distância bico de contato-peça DBCP</b>	16 mm

Tentou-se atuar na composição química do gás de proteção, porém uma alteração de 0 % para 8 % de dióxido de carbono em Argônio não surtiu efeito benéfico. Além disso, a faixa de estabilidade oscilográfica do processo era muito estreita em torno de 100 A de corrente média.

Com dados dos oscilogramas do MIG pulsado em modo corrente, se obteve uma referência para regular a tensão de pulso no modo misto (Tabela 2). Este era o próximo passo na tentativa de estabilizar o arco. No entanto, como mostra as Figura 4, não foi possível chegar a um resultado satisfatório. Nota-se, no oscilograma, certa padronização na variação de tensão de base em períodos sucessivos. Isto aponta para a não manutenção do destacamento de uma gota por pulso. O arco não se manteve estável, havendo ocorrência de curtos-circuitos e variação na altura do mesmo.

Tabela 2 - Regulagem do MIG Pulsado, modo misto. (Arame: CuAl 9Fe; Ø1,2 mm.)

Tensão de pulso Up	26 V	Gás de proteção	Ar
Velocidade de arame	3 m/min	Vazão do Gás de proteção	12 l/min
Velocidade de soldagem	25 m/min	Distância bico de contato-peça DBP	16 mm

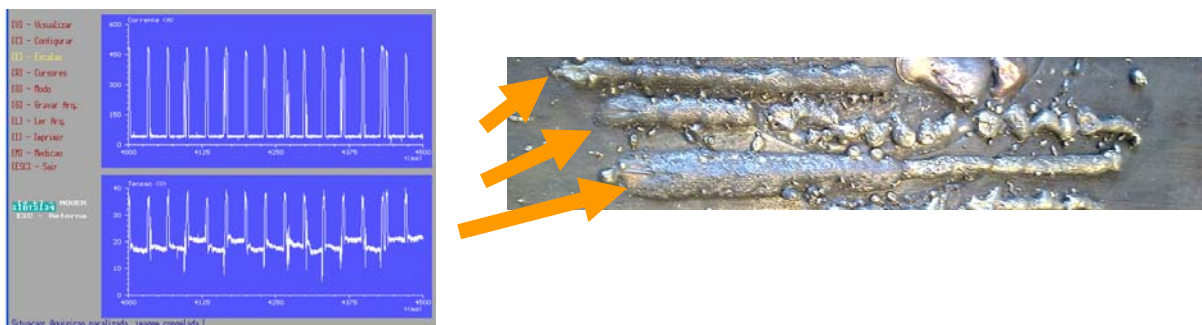


Figura 4 – Oscilograma do modo misto, sem regularidade. (a discrepância no valor da tensão de pulso, Up, decorre de um erro sistemático na calibração do sistema de aquisição, não comprometendo a análise) e cordões resultantes.

Acredita-se que, devido à composição química do arame, sua operacionalidade no MIG seja restrita. Para melhor averiguação, será necessário um trabalho mais aprofundado e científico, abordando análise de diversas misturas gasosas, parâmetros de pulsação, modos de soldagem, etc...

### 3.2. SOLDABRASAGEM TIG

Diante dos resultados não satisfatórios com o processo MIG, fortaleceu-se a possibilidade de utilização do processo TIG para a soldabrasagem a arco em questão. Os primeiros ensaios tiveram como objetivo a regulagem do correlacionamento corrente de soldabrasagem – velocidade de avanço do arame, uma vez que se utilizou um sistema de alimentação contínua, com a mesma bobina de arame utilizada para o MIG.

Vale mencionar que o avanço de arame é realizado por um sistema inteligente, exclusivo desta máquina, que controla a transferência metálica de acordo com a situação do arco. Ou seja, o arame só é alimentado se a gota já foi transferida. Isto facilita a operação, além de aumentar a produtividade: não há troca de varetas, reduzindo a frequência de preparação para início de novo cordão, não há contaminação do arame pela luva do soldador, não há desperdício de material por sobras de vareta. Além disso, o custo da bobina é menor que da vareta, proporcionalmente.

Uma vez determinados os parâmetros da Tabela 3 (que se mantiveram para todas as soldas posteriores), se realizou uma bateria de testes em três corpos de prova. Por solicitação da empresa, eram necessárias distintas espessuras de camada. Assim, foram realizados corpos de prova com uma, duas e três camadas. Devido à baixa espessura, notou-se empenamento em diferentes níveis, em todos as peças. A Figura 5 mostra um corpo de prova com duas camadas.

Tabela 3 - Regulagem do processo TIG, CuAl 9Fe

Corrente de soldagem	151A	Gás de proteção	Ar
Velocidade de arame	3 m/min	Vazão do Gás de proteção	5 l/min
Comprimento de arco	8 mm		



Figura 5 – Corpo de prova com duas camadas de revestimento.

Um dos corpos de prova desta bateria foi cortado para análise visual, pois se tinha preocupação quanto ao aparecimento de poros. Todavia, não foi notada a presença de poros ou outro defeito de soldabrasagem. Este corpo de prova foi enviado à solicitante.

Partiu-se, então para o revestimento das peças de altura 80 mm. Devido à ausência de tendência a empenamento, estas peças foram soldadas na mesa rotativa, num primeiro passo para uma possível futura automatização do processo. O fator limitante, que não permitiu o revestimento contínuo, foi o aquecimento da mão do soldador, que segurava a tocha e o dispositivo de alimentação de arame. Isso não foi obstáculo para que se alcançasse uma camada final completa com bom acabamento.

A Figura 6 mostra a bancada montada para o processo, uma peça revestida e uma radiografia. Não se observaram defeitos no depósito na soldabrasagem TIG. A falta de fusão no centro da peça (forma circular) advém do processo de preenchimento prévio de um furo pré-existente.



Figura 6 – Bancada para soldabrasagem TIG, peça revestida e radiografia.

Foi encontrada repetibilidade do procedimento quando soldadas outras peças, mantendo-se a mesma qualidade do depósito.

O tempo total para soldabrasagem, com processo escolhido, da peça da Figura 7 foi de 13 minutos. Este é o tempo real de arco aberto (soldagem efetiva), mas ocorreram paradas devido ao aquecimento da mão do soldador.

#### 4. CONCLUSÕES

Devido a dificuldades encontradas no desenvolvimento do processo MIG para a soldabrasagem com o arame  $CuAl9Fe$ , tanto no modo corrente quanto no modo misto, este processo foi descartado numa primeira análise de viabilidade de aplicação, de acordo com escopo do projeto. Seria necessário um aprofundamento, com aspectos científicos, para o desenvolvimento do processo e procedimentos para tal arame.

Foi determinado um procedimento para soldabrasagem TIG para a aplicação em questão. O empenamento que ocorre em peças de menor espessura pode ser sanado pela alteração da seqüência de fabricação. Ou seja, se aplica o revestimento em um tarugo de maior altura, e depois se corta o mesmo para obtenção da espessura desejada.

Reitera-se que os bons resultados conseguidos com o TIG vieram de um treinamento do soldador em equipamento adequado, dotado de tecnologia de ponta. Foram dados passos iniciais para a mecanização plena do processo. No entanto, a realização da solda em um mesa rotativa e a tocha e o dispositivo de alimentação conduzidos pelo soldador já resulta em significativa produtividade.

A fonte operou em cerca de 150 A, sendo que ela opera em 110 A a 100% do ciclo de trabalho. Para este procedimento, a fonte teria que operar em cerca de 40 % do ciclo de trabalho, ou seja, 4 minutos de arco aberto, 6 minutos sem arco. Reitera-se que o tempo total para execução de uma peça pode ser reduzido com a automatização do processo e aumento da potência da máquina.

## **(Arc Brazing Applied to Hydraulic Pumps' Pistons Coating)**

Régis Henrique Gonçalves e Silva<sup>1</sup>, Jair Carlos Dutra<sup>1</sup>, Tiago Vieira da Cunha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LABSOLDA /UFSC – Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC Brasil – regis@labsolda.ufsc.br

### **Abstract**

The need for metallic coating arises when pieces are subjected to chemically harmful environments or mechanical loading. Depending on the type and intensity of the loading (mechanical or chemical), certain materials and processes must be designed to optimize the adhesion of the protecting deposited layer and its resistance. Such applications are found in several sectors, as paper, oil and gas, mining, etc...

This work describes the development of a procedure for hydraulic pumps' pistons coating. Firstly the MIG/MAG process was investigated. Hereby a synergic program for this welding wire was formulated, resulting however in limited operating range. Afterwards tests were performed with the manual and semi-mechanized TIG processes, both with feedback controlled wire feeding system. The semi-mechanized TIG process with feedback controlled wire feeding system was selected as potential for industrial implementation.

Keywords: MIG brazing, TIG brazing, recovering, metalization, productivity