

Sistema para controle e automação de soldagem

Este trabalho aborda a problemática atual da tecnologia da soldagem, fazendo uma comparação de níveis tecnológicos entre o Brasil e os países altamente industrializados. Uma referência especial é feita às fontes de energia para soldagem MIG/MAG, principalmente no que tange ao processo com corrente pulsada. Além disso, é relatada a concepção de um sistema de controle do processo de soldagem MIG/MAG — aquisição, tratamento e documentação de dados — assistido por microcomputador e também descritas as partes básicas, como as fontes de energia, a interface modular de aquisição e controle e o cabeçote de soldagem.

* Jair Carlos Dutra, Carlos Alberto Schneider e Larry Fiori Ollé

Há 14 anos, em 1973, quando do início das atividades de seu Laboratório de Soldagem, a UFSC-Universidade Federal de Santa Catarina recebia algumas máquinas para soldagem a arco voltaico que tinham uma tecnologia ainda atualizada para a época em termos de aplicação industrial nos países denominados do primeiro mundo. No entanto, nesses países já se iniciava, nos laboratórios de pesquisa de tecnologia da soldagem, a era das fontes de energia com controle totalmente eletrônico. Hoje, após mais de um decênio, a fonte de energia para soldagem MIG/MAG vinda para o nosso laboratório continua na vanguarda no que se refere à tecnologia brasileira.

Devido à lacuna tecnológica quanto a equipamentos em nosso país, levando muitas vezes as pesquisas em processos de soldagem a estarem ultrapassadas antes mesmo de serem iniciadas, o laboratório de soldagem fez uma associação com o laboratório de eletrônica de potência do Departamento de Engenharia Elétrica da UFSC para a construção de protótipos de equipamentos mais atualizados.

A meta era a construção de um protótipo de fonte de energia para soldagem MIG/MAG pulsada com modulação em tensão e em corrente, mas devido à inexistência de maior experiência sobre a tecnologia da eletrônica do estado sólido

aplicada a fontes de energia de soldagem, resolveu-se iniciar pela fabricação de um protótipo destinado ao processo TIG, onde a dinâmica do arco é muito mais lenta, assim como a frequência de pulsação.

Apesar do sucesso do primeiro protótipo e do segundo, destinado à soldagem à arco submerso, não se avançou em direção ao protótipo desejado para o processo MIG/MAG, devido à sua maior complexidade e à falta de uma infraestrutura adequada de pessoal.

Assim, enquanto nos diversos institutos de pesquisa espalhados pelo mundo os estudos e desenvolvimentos são feitos com modernas fontes de energia, onde a dinâmica de sua unidade de potência permite atuar em tempos muito curtos (ordem de μs) e onde também há a possibilidade de atuação nos parâmetros de soldagem através de microprocessadores, no Brasil, além de se utilizar equipamentos inadequados, também o instrumental de medição das diversas grandezas de soldagem conduzem a erros que fraudam, em muito, as conclusões dos trabalhos realizados.

A PROBLEMÁTICA DA TECNOLOGIA DA SOLDAGEM

No Brasil, a tecnologia da soldagem é

vista quase que exclusivamente como um ramo da metalurgia, ao passo que nos países mais desenvolvidos a grande ênfase hoje em dia está sendo dada ao estudo dos aspectos relacionados à física dos processos. Tal tendência não é simplesmente mais um interesse acadêmico ou científico de entender e descrever os fenômenos físicos que regem os processos, mas sim uma necessidade imposta pela disponibilidade de modernos equipamentos e instrumentos e pela tendência à automatização. No que concerne a este último aspecto a tecnologia da soldagem se defronta, hoje, mesmo nos países mais avançados tecnologicamente, com problemas ainda bastante polemizados e de difícil solução. A automatização não é apenas uma questão de fazer com que a pistola de soldagem siga uma determinada trajetória independentemente de um soldador, mas sim, também, é uma questão de como fazer uma escolha adequada dos parâmetros de soldagem a fim de que o primeiro intento seja possível.

No entanto, para avançar neste sentido é necessário atentar-se para algumas questões de muita relevância, que serão expostas a seguir.

Corrente e tensão de soldagem

Freqüentemente encontram-se traba-▶

(*)Jair Carlos Dutra e Carlos Alberto Schneider são professores da UFSC-Universidade Federal de Santa Catarina, e Larry Fiori Ollé é engenheiro da mesma universidade. O título original deste trabalho é "Banco de ensaios para estudo de controle e automação do processo de soldagem MIG/MAG".

lhos técnicos sobre soldagem onde são citadas as energias em que várias soldagens foram realizadas, sem que haja uma preocupação na especificação da corrente e da tensão independentemente. No entanto, como é mostrado em (1), (2) e (3), são inúmeras as possibilidades de se obter soldas diferentes com a mesma energia utilizada. Além disso, os instrumentos aplicados na medição desses parâmetros são calibrados a um determinado tipo de onda e, como em soldagens pode-se ter os mais variados tipos, principalmente em soldagem por curto-circuito, obtêm-se valores que podem conter erros bastante significativos.

Um outro fator gerador de polêmica refere-se à determinação do valor mais significativo para a soldagem, se o valor eficaz ou o valor médio. A maioria dos trabalhos até agora realizados apresenta o valor eficaz como o representativo, enquanto que trabalhos recentes (4, 5, 6) apontam o valor médio. O argumento para isso reside no fato de que o arco elétrico, não obedecendo a lei de Ohm, não seria considerado uma carga resistiva e, portanto, falar-se em corrente eficaz seria de pouco significado. No entanto, é necessário que se atente para as particularidades de cada processo. Em se tratando de processos com eletrodos não consumíveis, os autores citados teriam

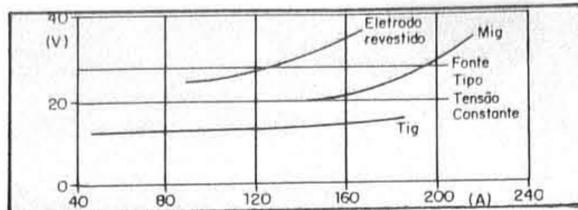


Fig. 1 - Características estáticas de arco dos processos TIG, MIG, eletrodo revestido e característica estática de fonte do tipo tensão constante.

completa razão, uma vez que o calor gerado no cumprimento do eletrodo não modificaria a solda resultante. Por outro lado, porém, em processos que utilizam eletrodos consumíveis a corrente que circula no eletrodo gera um apreciável calor por efeito Joule, onde o valor eficaz da corrente é que seria relevante.

Devido a esta questão, o sistema proposto no item subsequente deverá conter sensores de valores médios e de valores eficazes, tanto para a tensão como para a corrente, além de sensores de corrente e tensão instantâneas.

Controle do Arco

Das muitas características que uma fonte de energia possui, somente a característica estática é às vezes citada, porém não com integral entendimento. Normalmente, o tipo de característica estática é associado ao fato de o processo de soldagem ser automático ou manual quando, no entanto, existe por trás disto também a compatibilidade física da característica estática do arco.

Analisando corretamente, para a escolha de uma fonte supridora de energia para uma determinada carga deve-se conhecer perfeitamente todas as características da referida carga. Assim, para escolher o tipo de característica estática de uma fonte de energia para soldagem a arco, deve-se conhecer a gama possível das características estáticas de arco para o processo em questão.

Na figura 1 apresentam-se características estáticas de arco típicas dos processos TIG, MIG e eletrodo revestido e uma característica estática típica de uma fonte de energia do tipo tensão constante. Como se observa, a curva característica da fonte possui pontos comuns com as curvas características dos processos MIG e eletrodo revestido, porém a curva do arco TIG passa muito longe da curva da fonte. Isto significa que a referida fonte tem condições de estabilizar arcos MIG e de eletrodos revestidos, porém é incapaz de estabilizar um arco TIG. Assim sendo, existem razões diferentes para o não uso das fontes desse tipo para os processos TIG e eletrodo revestido. Para o processo TIG, a razão é a completa impossibilidade física, e, para o processo eletrodo revestido, a razão reside no fato de que o soldador precisaria ter extrema habilidade para que a corrente per-

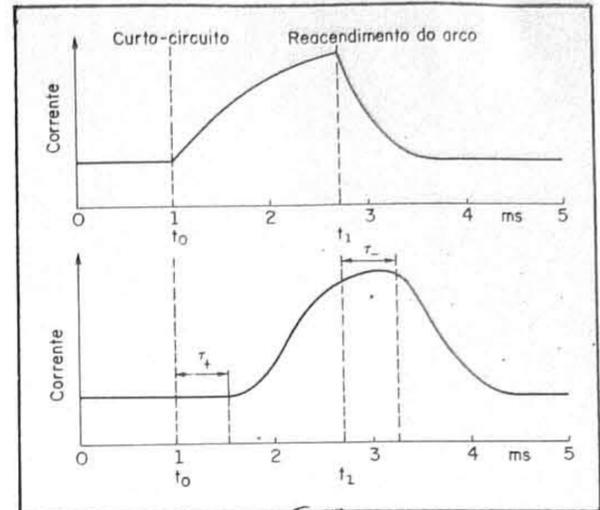


Fig. 2 - Representação esquemática da reação a um curto-circuito de gota e reacendimento do arco para uma fonte transistorizada analógica (acima) e uma fonte transistorizada chaveada (abaixo); T_+ , T_- tempo de retardo para a fonte transistorizada chaveada; $T_+ \approx T_- \approx 10 (1/f)$ (Por exemplo: $T_+ \approx T_- \approx 0,5$ ms para 20 kHz de frequência de chaveamento).

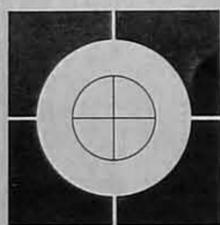
manecesse aproximadamente constante, fato que é impossível, pois isto depende da constância da velocidade de mergulho do eletrodo em relação à peça.

Outra característica que deve ser considerada na seleção de fontes é o seu comportamento diante de solicitações dinâmicas. Esta é uma característica altamente importante para a estabilidade de arco, porque os fenômenos que ocorrem neste não são suficientemente lentos para que somente a característica estática seja considerada. Assim, para se selecionar uma fonte faz-se necessário observar o que ocorre com a tensão e a corrente quando a mesma é submetida a, por exemplo, um curto-circuito.

Na figura 2 apresenta-se a reação de dois tipos de fontes de energia transistorizadas diante de eventos de curto-circuito de gota e reacendimento de arco. Como se observa, a fonte analógica possui uma maior velocidade de reação, fato que depõe a favor desta fonte.

A figura 3 apresenta a reação de um conversor de soldagem rotativo ante o estabelecimento de um curto-circuito entre eletrodo e peça e a seguir o rompimento deste curto-circuito (7). Observa-se que antes do curto-circuito tinha-se a tensão em vazio de 30 V que, no instante deste evento, caiu para um valor de aproximadamente 1 V, sendo que a partir daí o par tensão-corrente começa a crescer exponencialmente até que, em aproximadamente 0,04 s, o mesmo assume valores máximos de respectivamente 4 V e 167 A. A seguir observa-se um decréscimo novamente exponencial para, após 0,46 s, a tensão atingir 2 V e a corrente 109 A, sendo que estes representam os valores de curto-circuito na curva característica estática.

A etapa seguinte da figura, obtida através de uma outra fotografia da tela do os-



INFOR
Instalações
Industriais e
Comércio Ltda.

CALDEIRARIA INDUSTRIAL
Tanques para líquidos,
Chaminés e Coifas

FORNOS INDUSTRIAIS PARA:

- Tratamentos térmicos
- Fusão de metais
- Tipo poço recozimento, revenimento
- Atmosfera controlada
- Tipo contínuo
- Tipo câmara para forjaria

ESTUFAS PARA:

- Secagem de motores
- Com recirculador de ar
- Fluxos etc.

Av. Rouxinol, 1044 - Moema
CEP 04516 - São Paulo SP
Tel.: (011) 61-5113
Tlx.: (11) 36783 PATH BR

osciloscópio, mas que aqui se encontra montada junto com a primeira parte, representa a fase de interrupção do curto-circuito. Em aproximadamente 0,01 s após esta interrupção a tensão assume o valor de 35 V e a corrente se anula. Esta tensão, que é maior que a tensão em vazio, é produzida pela bobina de amortecimento do gerador e facilita a abertura do arco.

Em aproximadamente 0,02 s depois deste valor máximo de 35 V a tensão voltou a cair para 20 V, fato não desejável de uma fonte de energia para soldagem. Como a corrente permaneceu no valor zero, pois não houve acendimento do arco, a tensão a partir de então subiu exponencialmente ao valor de circuito aberto.

Dada a grande variedade de características das fontes de energia comercialmente disponíveis nos países mais desenvolvidos, é necessário que se faça um estudo aprofundado do assunto para que se possa escolher aquela que seja mais adequada ao tipo de serviço desejado.

No sistema tradicional de soldagem MIG/MAG, as fontes de energia trabalham com imposição de tensão, o que equivale a dizer que o que se pode regular na fonte de energia é a tensão, sendo a corrente uma variável dependente da velocidade de avanço do eletrodo. Assim,

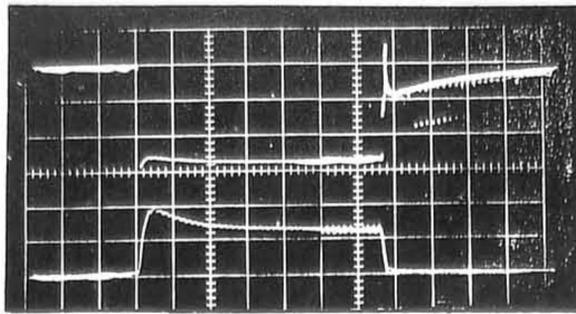


Fig. 3 - Oscilograma da reação do conversor de soldagem GE WD 3200 - Escalas: 10 V/divisão; 83 A/divisão; 0,1 /divisão.

todos os conhecimentos que se tem a respeito dos limites de corrente para obtenção de um determinado tipo de transferência metálica têm seu uso restrito, a menos que se disponha de gráficos e ábacos com os relacionamentos entre velocidade de avanço do arame, corrente, tensão e outros dados referentes ao arame e ao posicionamento da pistola de soldagem em relação à peça.

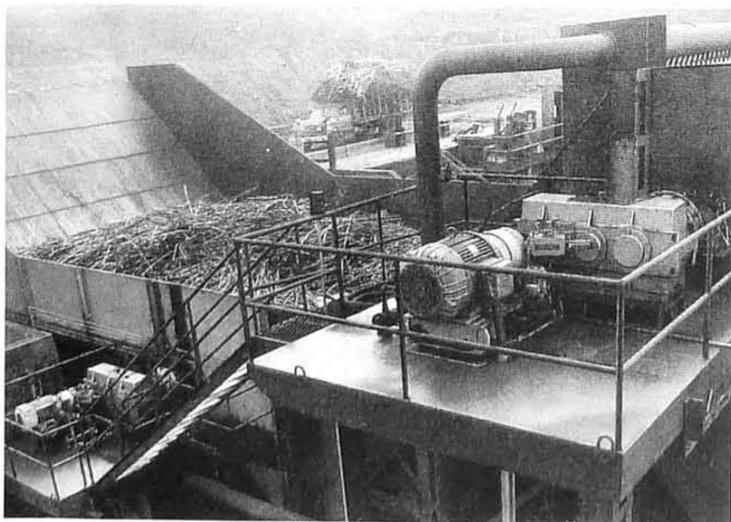
A soldagem MIG/MAG pulsada exige que a cada pulso uma gota seja transferida do eletrodo à peça. Para que esta exigência seja cumprida, o gerador de pulsos deve satisfazer a certas características relativas à forma dos mesmos. As fontes de energia convencionais que produzem corrente pulsada o fazem proporcionando frequência de pulsação em de-

pendência com a frequência da rede de energia. Por exemplo, para uma frequência de rede de 50 Hz, obtém-se uma frequência de pulsação de 25, 33 1/3, 50 e 100 Hz. A desvantagem destas fontes de energia convencionais reside então primeiramente na possibilidade de ter-se somente frequências fixas e, em segundo lugar, na relativa inércia de controle e na duração dos pulsos, que é de 6 a 8 ms. Além disso, uma vez que as fontes pulsadas convencionais produzem o pulso na forma senoidal, não se pode regular a largura dos pulsos em independência com sua amplitude. Estas fontes de energia não são adequadas para o trabalho com o denominado "Synergic Arc Welding", pois os fenômenos físicos no arco voltaico se processam em um espaço de tempo bastante mais curto do que as mesmas podem atuar. A fim de que se possa utilizar as técnicas de controle, as fontes de energia devem reagir em tempos muito curtos. Isto é possível com fontes de energia transistorizadas, cujos tempos de reação se situam na faixa de microssegundos.

OBJETIVOS

Como objetivo geral tem-se a criação de um sistema de aquisição de dados, controle de parâmetros de soldagem e de ▶

O que você quer de um Redutor Helicoidal?



- Segurança em serviço
- Compacidade
- Durabilidade
- Engrenagens cementadas e temperadas
- Economia na instalação

A resposta é Maxidur.

Padrão de qualidade internacional e garantia Transmotécnica.



REDUTORES TRANSMOTÉCNICA LTDA.

01137 Rua Cruzeiro, 588 - Tel. 826-6011-CP.30.425
Telex 11-25532 RETTBR
End. Tel. "REDUTORES" - São Paulo - SP

• Belém: 233-1920 • Belo Horizonte: 464-1252 • Curitiba: 222-1634
• Fortaleza: 226-9517 • Porto Alegre: 43-4455 • Recife: 268-0044
• Rio: 262-8258 • Salvador: 231-6081 • Uberlândia: 232-7311 • Vitória: 225-6763

documentação com base nos modernos desenvolvimentos de equipamentos, visando obter um grau de versatilidade que possibilite ensaios, levantamento de dados e controles do processo de soldagem, conforme o que vem sendo estudado atualmente pelo mundo.

Entre os objetivos específicos estão:

1. Com o banco de ensaios implementado, será elaborado *software* específico a vários tipos de experiências, visando estabelecer as relações entre os parâmetros de soldagem, as quais serão gravadas em disquetes para a implantação de um banco de dados de soldagem.

2. Através da utilização deste banco de dados deverão ser desenvolvidos algoritmos a fim de que o processo a corrente pulsada seja sinergicamente (Synergic Arc Welding) controlado, onde somente as grandezas como diâmetro e material do eletrodo, velocidade de avanço do eletrodo ou corrente média, comprimento do arco e volume das gotas serão solicitadas pelo microcomputador ao operador.

3. Uma vez que as experiências deverão ser levadas a efeito com a utilização de uma fonte transistorizada e uma tiristorizada, deverá ser expressa no final do trabalho uma nítida conclusão sobre as vantagens e desvantagens do emprego de cada uma.

ARQUITETURA DO SISTEMA

O sistema (figura 4) deverá ser composto de um microcomputador de 16/8 bits, 2 *drivers* e monitor de vídeo gráfico de alta resolução, uma impressora matri-

cial gráfica padrão NLO de 136 colunas, uma plotadora X-Y com formato A3, um osciloscópio de 35 MHz de 4 canais para armazenamento digital, uma fonte de energia tiristorizada e outra transistorizada para soldagem, uma unidade de acionamento do arame/eletrodo e um dispositivo para condução da pistola de soldagem. Também será incluída uma interface eletrônica de aquisição e controle, que será destinada a permitir a comunicação entre o microcomputador e as diversas unidades do sistema.

Fontes de energia

A fonte de energia tiristorizada é do tipo tensão constante com regulagem entre 18,5 e 39 V. Possui também fonte auxiliar para geração de pulsos com frequência fixa e forma de onda senoidal, além da regulação da indutância em três valores.

Para a seleção da fonte de energia transistorizada mais adequada ao sistema foram considerados três tipos básicos (8, 9) hoje existentes, que se diferenciam basicamente pelo tipo de unidade de potência: fontes analógicas, as chaveadas no secundário e as chaveadas no primário. Relativamente à unidade de potência podem-se resumir suas propriedades: a) Analógicas - o mais curto tempo de reação (30 a 50 μ s), bom fator de potência, eletrônica menos complicada, com rendimento fortemente dependente da faixa de trabalho (65% a 75%), peso idêntico ao das fontes convencionais. b) Chaveadas no secundário - longo tempo de reação (300 a 500 μ s), comando eletrô-

nico um pouco mais complicado que o das analógicas, rendimento entre 75% e 85%, peso 30% menor. c) Chaveadas no primário - longo tempo de reação (300 a 500 μ s), comando eletrônico bem mais complicado que o das analógicas, rendimento entre 75% e 85%, peso 30% menor.

Circuitos eletrônicos de potência, tanto do tipo analógico como do tipo chaveado, não são nenhuma descoberta da tecnologia da soldagem. Também não qualificam as fontes de soldagem como de velha ou de nova geração. Todos os tipos de circuitos citados são relativamente antigos e em outras tecnologias já são utilizados há mais de 10 anos, como por exemplo em acionamento e em campos magnéticos de alta intensidade. Cada um dos tipos denominados tem suas vantagens e desvantagens que devem ser pesadas na prática. De essencial significação é o tempo de reação do circuito de potência, que para os tipos analógicos é o mais curto. Os circuitos chaveados possuem fundamentalmente um tempo morto, que, com relação aos analógicos, somente permite uma regulação com certa defasagem no tempo (10 a 50 vezes maior que para os analógicos). Isto tem especial influência sobre a transferência metálica em curtos-circuitos e, conseqüentemente, sobre a salpicagem.

A fonte de energia transistorizada selecionada é do tipo analógico e deverá trabalhar tanto com característica estática de tensão constante, como com corrente constante, ou ainda permitir uma modulação mista. Todas estas possibili-

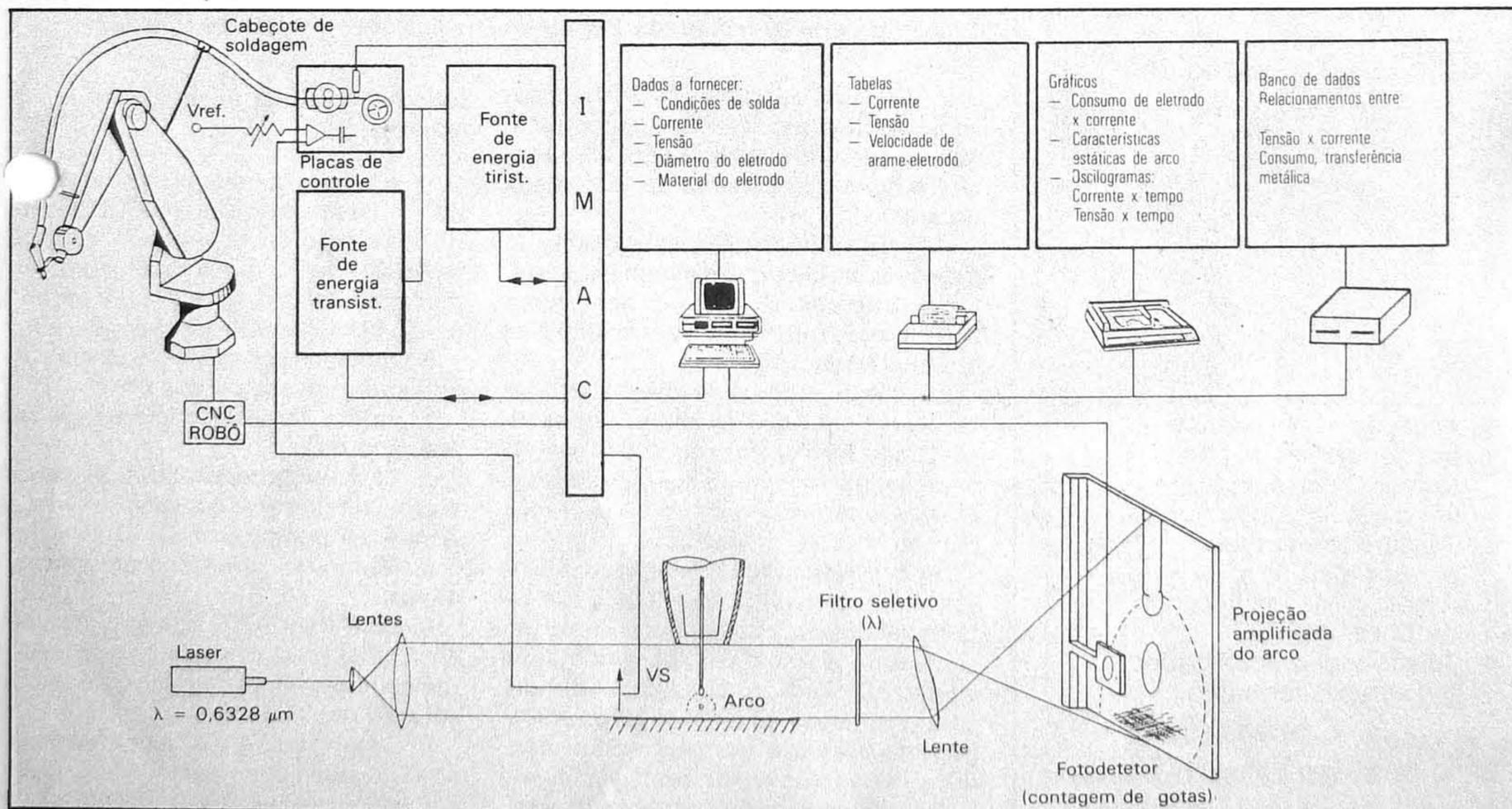


Fig. 4 - Diagrama esquemático do sistema de aquisição e documentação de dados e controle de parâmetros de soldagem - Sisdatasolda.

DESPOLUIDOR ATMOSFÉRICO

Elimina gases, poeiras, odores, fumaças, óleos etc.

O precipitador hidrodinâmico Centricap apresenta dimensões compactas, reduzindo consumo de energia, menor custo e maior eficiência na retenção de contaminantes, comprovadas em mais de 600 instalações. Consulte-nos, temos a solução viável para seu problema ambiental



Capmetal Ltda.
Rua Idalina, 45
CEP 20941 - Rio de Janeiro RJ
Tel.: (021) 284-5445
Tlx.: (021) 36 957 - APCI

MOINHOS E MISTURADORES DE GALGA



- 1 - Moagem das escórias nas fundições de não ferrosos, permitindo a recuperação dos metais.
- 2 - Misturador de areia para fundição.
- 3 - Moagem de resíduos de Shell Molding.
- 4 - Misturador e Amassador de cimento refratário.

ANVI Comércio e Indústria Ltda.

Rua Leoncio Carvalho, 254 - Conj. 142
CEP 04003 - São Paulo - SP.
Fones: (011) 289-7109 - 284-4260

SOLDA

dades são retratadas na figura 5.

Cabeçote de soldagem

O cabeçote de soldagem deve ser um equipamento de precisão com capacidade de manter o transporte do arame-eletrodo com elevada constância de velocidade. O monitoramento da rotação do motor deverá ser procedido através de sensores digitais, o que é uma condição indispensável à constância de funcionamento.

Uma propriedade indispensável do cabeçote é o acendimento do arco, que deverá ser feito através de um controle eletrônico que representa uma vantagem especial, principalmente para a soldagem de alumínio.

Deverá ainda permitir o ajuste do tempo de defasagem entre o instante de parada do arame e o desligamento da energia, a seleção do modo de partida em dois ou em quatro toques e, ainda, a seleção de um modo intermitente, onde é possível se soldar com pontos sucessivos.

Para que, como já foi dito no item referente às fontes de energia, o cabeçote possa atender aos vários modos de modulação das fontes, principalmente quando se trabalha com imposição de corrente, será feito um circuito lógico com as características a seguir descritas.

De acordo com as necessidades impostas pelo projeto, o cabeçote deverá ser capaz de operar em dois modos:

1. *Voltagem variável (VV)* - Neste modo a corrente de soldagem é imposta e o comprimento do arco é controlado atuando-se na velocidade do arame em função da tensão média (ou eficaz) do arco.

2. *Voltagem constante (VC)* - Neste caso a velocidade do arame é imposta para uma dada tensão de arco, e a corrente é função basicamente da velocidade do arame.

Na figura 6 pode-se ver o diagrama do cabeçote, os circuitos a serem desenvolvidos, internos ao mesmo, bem como suas ligações externas com a interface e a pistola de soldagem.

Através do módulo de relés da interface deverá ser possível partir ou desativar o processo, selecionar o elemento de atuação (microcomputador ou operador) e ainda determinar o modo de operação (VV ou VC).

Do conversor digital/analogico (CDA) vem uma informação de tensão (de referência) que atua no controle do processo quando este estiver sob o comando do micro. Do arco, o cabeçote recebe ainda a informação da tensão real de soldagem, necessária à realimentação do controle. Para o conversor analógico/digital (CAD) é levada uma informação da velocidade do arame.

As possibilidades de utilização do ca-

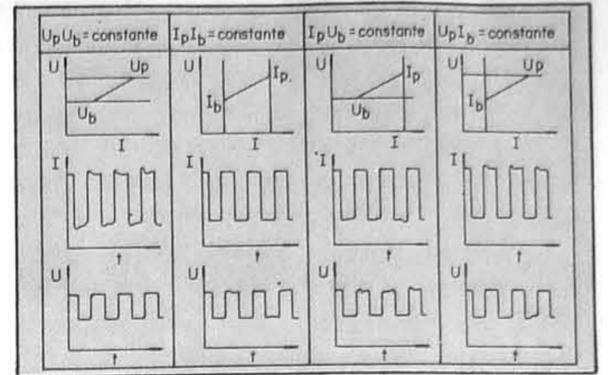


Fig. 5 - Diferentes modos de modulação da fonte de energia transistorizada.

beçote, sob o controle do micro, serão as seguintes:

1. *Voltagem variável controlada por circuitos analógicos internos ao cabeçote.* Deste modo o micro apenas impõe uma tensão de referência (V_{ref}). Esta é comparada com a tensão real (V_{real}) e o erro é amplificado (amplificador 1) atuando no conversor, corrigindo a velocidade do arame.

2. *Voltagem variável controlada por software.* Neste caso a malha é fechada pelo micro, ou seja, este impõe uma determinada tensão de arco desejada, recebe uma informação da tensão real e atua através da IMAC-Interface Modular de Aquisição e Controle no conversor, impondo uma determinada velocidade ao arame.

3. *Voltagem constante (VC).* Esta modalidade não faz uso de realimentação, impondo-se uma velocidade fixa ao arame.

Caso seja desejável, o operador poderá atuar diretamente no cabeçote nas modalidades 1 e 3, mencionadas anteriormente, tendo também condições de selecionar o modo de operação.

Interface modular de aquisição e controle

A interligação do microcomputador com o restante do sistema (fontes, carro de solda e cabeçote) será feita pela IMAC (figura 7), que é totalmente autônoma, contando com fonte de alimentação, CPU e memórias próprias.

Os módulos constituintes da interface podem ser descritos como:

1. Fonte - fornece tensões reguladas aos módulos;
2. CPU - monitora e controla os módulos: comunica-se com dispositivos externos via interface serial;
3. Memória - armazena programas e dados;
4. Conversor A/D - converte os sinais analógicos provenientes dos sensores ou transdutores para a forma digital com resolução de 12 bits;
5. Conversor D/A - faz a conversão dos sinais digitais com resolução de 12 bits em analógicos, os quais irão controlar ou fornecer parâmetros de controle ao processo;

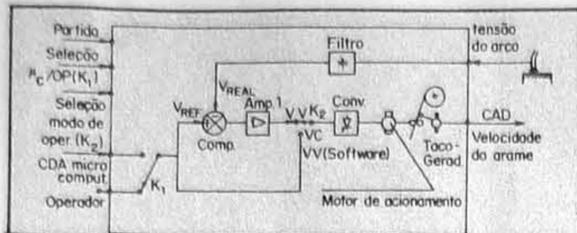


Fig. 6 - Diagrama do cabeçote de soldagem adaptado.

6. Relógio temporizador contador (RTC) - este módulo faz contagem em tempo real, totalização de eventos e temporização. Será especialmente usado para controle da vazão de gás durante a soldagem.

Quanto ao *software*, estão sendo desenvolvidos programas em Pascal, para gerenciamento, e em Assembly para controle de processo. Neste aspecto há total flexibilidade, pois pode-se implementar ou modificar programas facilmente. A aquisição de dados, como tensão e corrente de soldagem, é feita numa frequência superior a 10 KHz, de maneira que se possa obter e reproduzir na tela do microcomputador as curvas destas variáveis com a maior fidelidade possível. Estas informações, juntamente com todas as outras envolvidas em um determinado ensaio, são arquivadas e ficam disponíveis para estudos.

Projeto de arco

Este módulo ainda não foi implementado por ocupar um segundo nível em importância para o sistema. O que se encontra esquematizado na figura 4, referente à projeção de arco, é apenas uma pré-concepção, pois faltam ser executados testes de viabilidade.

Tal como é aqui mostrado, um dos objetivos deste módulo é a determinação da frequência de transferência de gotas por arco, principalmente, ajudar na análise dos parâmetros de soldagem com corrente pulsada.

Para isso, planeja-se utilizar a radiação laser com um comprimento de onda de $0,6328 \mu\text{m}$ atravessando o arco. Esta radiação, juntamente com a luz do arco, atinge o filtro seletivo que deixa passar somente a luz do laser e assim pode-se projetar as gotas em transferência pelo arco. Quando a sombra de uma gota atinge o fotodetector, este emite um pulso que é detectado pela IMAC.

CONCLUSÕES

Com o aguçado avanço tecnológico em consequência do potencial que a eletrônica e a informática colocam à disposição das diversas áreas do conhecimento humano, gerou-se uma súbita necessidade de adaptação tanto dos processos de fabricação e dos métodos de controle de qualidade, como dos métodos de pesquisa e desenvolvimento. Devido a is-

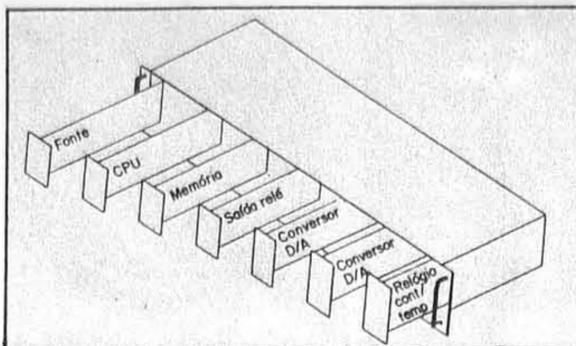


Fig. 7 - Módulos da IMAC.

to está sendo desenvolvido o presente sistema. Trata-se de um sistema versátil que pode ser utilizado diretamente na fabricação ou na pesquisa. Possuirá duas fontes que são totalmente controladas pelo microcomputador e um cabeçote de soldagem altamente sofisticado, o que permite praticamente todos os tipos de controle do arco até agora concebidos. O sistema, porém, só irá adquirindo potencialidade à medida que forem sendo desenvolvidos *softwares* tanto para controle de processo como para aquisição e tratamento de dados.

Agradecimentos - Os autores agradecem a colaboração dos técnicos e estudantes vinculados ao grupo Sisdatasolda do Laboratório de Soldagem da UFSC (Labsolda), o apoio financeiro do Departamento de Engenharia Mecânica do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC e ao

CNPq.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Allum, C.J. - MIG Welding - time for a reassessment, Metal Construction, 06/83.
- (2) Fu, Xie - Sheng; Ushio, M.E.; Matsuda, F. - Melting characteristics of Some Steel and Aluminium Alloy Wires in GMA Welding, Transactions of JWRI, Welding Research Institute of Osaka University, 10/83.
- (3) Lesnewich, A. - Control of Melting Rate and Metal Transfer in Gas-Shielded Metal Arc Welding. Part II - Control of Metal Transfer in Inert-Gas Shielded Arc Welding, British Welding Journal, 7/60.
- (4) Amin, M. - Prediction of Pulse Parameter for MIG Welding, Welding Institute Research Bulletin, Vol. 24-02/83.
- (5) Amin, M. - Sinergic Pulse Arc Welding, Metal Construction, 06/81.
- (6) Needham, J.C. - O que se entende por corrente de soldagem, Welding Institute Research Bulletin, 08/85.
- (7) Dutra, J.C. - Aspectos da Soldagem a Arco Voltaico Convencionalmente não Considerados, I Simpósio de Tecnologia da Soldagem da Região Sul, 09/86.
- (8) Puschner, P. - Entwicklungstendenzen bei Elektronischen Schweißstromquelle, Schweißen und Schneiden, Heft 2/86.
- (9) Knoch, Reiner e Welz, Willy - Metal-Aktivgas - Impulslicht bogenschweißen mit transistorisierten Stromquellen, Schweißen und Schneiden, 02/86.

USE SILICATO DE SÓDIO "MEIA LUA" *

Para melhores resultados em:

- Produções de moldes e machos por processos CO_2 para fundição, com tipos normal e de relação $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ mais alta.
- Endurecimento de moldes em processos com ácidos e ésteres orgânicos.

- Vedação de porosidade de peças fundidas.
- Proteção contra oxidação de peças ferrosas armazenadas.
- Usos como agente desengraxante em processos de anodização.
- Limpeza de pisos industriais, com o aproveitamento de suas propriedades desengraxantes.

Consultem-nos para maiores informações



ICI
Brasil
S.A.

AGENTES NAS PRINCIPAIS
PRAÇAS DO PAÍS

* MARCA REGISTRADA

MATRIZ:

São Paulo (SP) - Rua Verbo Divino, 1356
CEP 04719 - C.P. 55094 - Santo Amaro
Tel.: (011) 525-2322
Tlx.: (011) 24 225/23 806

FILIAIS:

Rio de Janeiro (RJ) - Av. Henrique
Valadares, 23 - 2º And. - Cj. 201/202
CEP 20231 - C.P. 953
Tel.: (021) 221-3222

Belo Horizonte (MG) - Av. Bias Fortes, 1623
CEP 30000 - Barro Preto
Tel.: (031) 222-5583

Porto Alegre (RS) - Trav. São José, 530
CEP 90000 - Navegantes
Tel.: (0512) 43-5200 - Tlx.: (051) 2667