

SOLDAGEM TIG APLICADO NA RECUPERAÇÃO DE MATRIZES DE CORTE DE AÇO VC-131 TEMPERADO

Evalderico José Silveira

Universidade de Taubaté (UNITAU/SP)
evalderico@hotmail.com

Adilson Augusto de Lima

Universidade de Taubaté (UNITAU/SP)
adilsonsaugustod@gmail.com

Stephany de Barros Camargo

Universidade de Taubaté (UNITAU/SP)
stephanycamargo@live.com

José Rubens de Camargo

Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) e FATEC/Pindamonhangaba/SP
jrubenscamargo@gmail.com

Resumo. O presente artigo pretende abordar alguns aspectos relevantes, teóricos e práticos do processo de soldagem TIG, na recuperação de matrizes de corte. Muitas ferramentas de corte quebram nas prensas durante operações de trabalho, devido ao seu uso excessivo ou travamento. A técnica de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) traduz a qualidade necessária para a recuperação de matrizes de produção seriada reduzindo o custo ou prorrogando o prazo de construção de um novo ferramental, ou até mesmo do estampo completo. Evidenciou-se pela técnica de líquidos penetrantes (LP) a inexistência de descontinuidades e defeitos na soldagem TIG da ferramenta VC 131, assim como a viabilidade do processo TIG e a garantia da qualidade da solda e da matriz.

Palavras chave: TIG, Estampagem, Soldagem, Matriz, Aço VC131.

Abstract. The present article intends to approach some relevant theoretical and practical aspects of the TIG welding process in the recovery of cutting matrices. Many cutting tools break in presses during work operations because of their overuse or locking. The TIG (Tungsten Inert Gas) welding technique translates the quality required for the recovery of serial production dies by reducing the cost or by extending the construction time of a new tooling, or even the complete stamping. It was evidenced by the technique of penetrating liquids (LP) the lack of discontinuities and defects in TIG welding of the tool VC 131, as well as the viability of the TIG process and the quality assurance of the weld and die.

key words: TIG, Stamping, Welding, Die, Steel VC131.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao tratamento térmico as matrizes de cortes geralmente apresentam fragilidades que podem ocasionar trinca e quebras decorrentes de suas operações de corte ou até mesmo repuxo.

A sua manutenção, provenientes de trincas e quebras, requer uma soldagem de alta qualidade, proposto pela integração do material de adição, temperatura e acabamento.

A manutenção corretiva destas irregularidades passa pelo processo de soldagem, um processo de precisão o qual garante a continuidade do ferramental e um bom acabamento do cume cortante e eliminando trincas e quebras.

Por tratar-se de um método de alta qualidade, apesar do custo relevante, e boa portabilidade torna a soldagem pelo processo TIG uma aplicação propícia devido a pouca variação estrutural do aço temperado, metal de adição e base iguais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Alguns aspectos relevantes que tornam o processo de soldagem por eletrodo não consumível (TIG) o mais apropriado para recuperação de matrizes com avarias de trincas e quebras, é uma soldagem aplicada em aço com alto teor de carbono (D6) em sua composição com dureza variando entre 60-62 HRC e pouca variação estrutural do aço quando submetido a altas temperaturas e resfriamento brusco.

Espera-se que o trabalho venha a auxiliar na escolha deste processo de soldagem que garantam a qualidade de alguns aspectos pertinentes a solicitação mecânica do ferramental denominada como estampos ou matrizes.

3. O PROCESSO TIG (Tungsten Inert Gas)

A soldagem pelo processo TIG foi desenvolvida devido à necessidade para união de materiais com difícil soldabilidade como o alumínio e suas ligas com aplicação na aviação militar no final dos anos 30 (1930)

O processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) ou GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível. O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera protetora de gás inerte. Se um metal de enchimento é necessário, ele é adicionado no limite da poça de fusão.

A soldagem TIG consegue produzir uma solda limpa com alta qualidade, sem a geração de escória, respingos e sem geração de inclusão durante o processo; porém exige maior habilidade do profissional.

Utilizada na maioria dos materiais por processo manual ou automatizado, sua produtividade é relativamente baixa e de custo alto.

A soldagem TIG é largamente utilizada para união de juntas que não podem conter vácuos ou impurezas, sendo muito utilizada nas indústrias nucleares, químicas, aeronáuticas e de alimentos.

Outra característica também muito comum da soldagem TIG consiste na utilização do mesmo metal de base como metal de adição, quando este não for disponível no mercado, bastando cortar um perfil adequado do material base para aplicação manual, em algumas soldas em especial chapas finas o uso do eletrodo pode ser dispensável chamado o processo assim de caldeamento onde as partes que serão soldadas devem chegar à temperatura próxima de seu ponto de fusão.

3.1. Vantagens

Melhor acabamento do cordão de solda, ótima qualidade das propriedades mecânicas na soldagem, em determinadas espessuras e preparações, pode não necessitar de metal de adição (solda autógena) e pode ser feita em qualquer posição.

- Elevado controle da poça de fusão;
- Ótimo acabamento;
- Ótima qualidade das propriedades mecânicas;
- Não apresenta escória, respingos ou fumos de soldagem;
- Possibilidade de soldagem de chapas muito finas;
- Soldagem de inúmeras ligas metálicas (aço, níquel, inoxidáveis, titânio, alumínio, magnésio, cobre, bronze e até mesmo ouro);
- Processo que visa a estanqueidade;
- Em determinadas espessuras e preparações não necessita de material de adição.

3.2. Limitações do Processo

- Baixas taxas de deposição;
- Necessidade de maior coordenação e experiência do soldador no controle da poça de fusão;
- Dificuldade de manter proteção adequada em ambientes com vento;
- Baixa tolerância a contaminantes.

3.3. Tipos de Correntes do Processo

O processo TIG, utiliza gás inerte na proteção da solda, podendo ser trabalhada em duas formas de distintas de correntes em conformidade com o modelo de máquina e tipo de materiais.

- 1- **AC (alternating current)**, utilizada para solda de materiais não ferrosos, principalmente alumínio;
- 2- **DC (direct current)**, aplicada para soldar aço carbono, aço inoxidável e outros materiais ferrosos.

3.3.1. A configuração da corrente elétrica

Um grande número de elétrons escoam do pólo negativo para o pólo positivo em uma fração de segundos. O processo de emissão dos elétrons e suas respectivas colisões geram um arco extremamente quente. Para que isto aconteça o eletrodo deve possuir excelentes qualidades termiônicas, ou seja, ele deve alcançar temperaturas suficientemente altas para causar a emissão de elétrons por agitação térmica sem que seja consumido.







A soldagem TIG pode ser feita utilizando corrente contínua (CC- ou CC+) ou corrente alternada (CA). Cada uma dessas alternativas irá influenciar fortemente os mecanismos de emissão de elétrons e conseqüentemente as características de soldabilidade.

Em contato com o ar, as ligas de alumínio formam uma superfície de óxido de alumínio (Al₂O₃) que dificulta ou mesmo impede sua soldagem. Para sobrepor esse problema se faz o uso de corrente alternada, a qual associa as propriedades de limpeza da corrente CC+ e de penetração da CC- a cada meio ciclo.

O ajuste da polaridade caracteriza alguns resultados em corrente contínua, Figura 1:

Eletrodo positivo = Maior calor na peça e maior penetração.
Eletrodo negativo = Menor calor na peça e menor penetração.

Figura 1 - Inversão de polaridade.

Tipo de Corrente:	CC-	CC+	CA
Fluxo de elétrons e ions:			
Perfil do cordão:			
Limpeza de óxido:	Não	Sim	Sim (meio ciclo)
Balanco de calor (aprox.):	70% na peça 30% no eletrodo	30% na peça 70% no eletrodo	50% na peça 50% no eletrodo

(<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAmpKAB/processos-fabricacao-apostila?part=2>)

3.4. Classificação do Processo

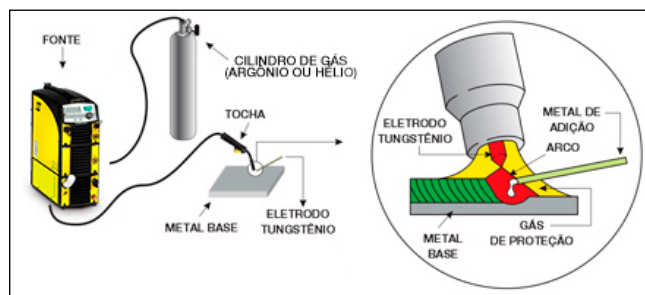
O processo de soldagem pode ser dividido em três grandes grupos de operações:

- Soldagem por fusão (fases líquida-líquida)
- Soldagem por pressão (fases sólida-sólida)
- Brasagem (fases sólida-líquida)

3.4.1. Soldagem por fusão

A energia é aplicada para produzir calor capaz de fundir o material de base com o metal de adição. Uma vez que a solubilização ocorra na fase líquida, esta se caracteriza o processo de soldagem por fusão, Figura 2.

Figura 2 - Processo de soldagem TIG.



(Fonte: http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm)

3.4.2. Limpeza da pré soldagem

A limpeza tem um papel de extrema importância no processo de soldagem TIG e parte do princípio que o material tenha uma boa soldabilidade. A qualidade pode ser comprometida em razão de óxidos, poeira, gorduras, graxas etc..., tornando primordial a limpeza da peça e do eletrodo.

O uso de material químico para a limpeza em sua grande maioria são produtos inflamáveis, devendo ser utilizados com o máximo de cuidado para evitar acidentes.

O material mais comumente usado pelos soldadores e mecânicos são escovas de aço, e os químicos são álcool, thinner ou os tetracloroetileno (ambos requerem o uso de EPIs).

3.4.3. Limpeza Pós Soldagem

Apesar da qualidade que o processo representa ou entrega, alguns são passivos de escovamento e outras técnicas de limpeza com produtos químicos para remoção de manchas e possíveis marcas oriundas da temperatura de fusão.

O processo quase sempre é feito com a peça ainda sob temperatura elevada de resfriamento, ou seja, próxima da temperatura de fusão, e isso contribui para acidentes como queimaduras e incêndios.

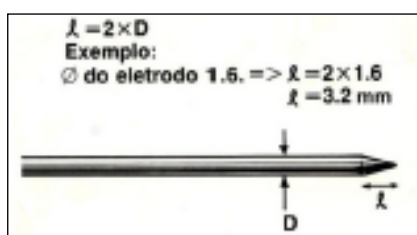
3.5. O Eletrodo

O eletrodo de tungstênio é uma vareta do metal medindo normalmente entre 150 mm a 175 mm de comprimento e com diâmetro de 1,2 a 8,0 mm. O eletrodo de tungstênio é muito utilizado por suportar altas temperaturas, com o mínimo de derretimento e eletro-erosão, sendo um excelente condutor de elétrons, com seu ponto de fusão está acima de 3.500°C, que na verdade é o mais alto dentre os metais conhecidos.

Sua fabricação dar-se por processo chamado “sintering”, processo metalúrgico do mais alto nível, utilizando a metalurgia do pó, buscando a sua pureza.

A sua afiação requer cuidados, apesar de existir equipamentos próprios para isto, o método manual por esmerilhamento recomenda manter o eletrodo perpendicular ao eixo de rotação do esmeril, Figura 3.

Figura 3 - Afiação do eletrodo.



(Fonte: http://www.cpsctec.com.br/cpsctec/arquivos/apostila_soldagem.pdf)

3.6. Vareta ou Metal de Adição

Escolher a vareta para solda TIG é feita de acordo com o metal a ser soldado, na maioria dos casos são aplicadas varetas de ligas semelhantes ou iguais ao metal base, porém há diversas situações onde é necessária a aplicação de materiais de maior resistência ao impacto, atrito ou abrasão etc...

O diâmetro da vareta esta diretamente ligada à taxa de deposição, onde a habilidade do operador faz a diferença. As varetas mais comuns são: Aço inox (308L, 309L, 310, 312, 316L), Aço carbono (ER70S3), Alumínio (4043, 5356), Aço ferramenta (VND, VC131, H13, P20), Ferro Fundido (NiFe, NiCi, NiCu, Monel), Latão, Cobre, Prata, Phoscooper, Stellite 6 (CoCr A), Titânio entre outros.

Recomenda-se sempre consultar o fabricante para uma melhor escolha.

4. O AÇO (METAL BASE)

O aço utilizado nesse artigo é o **VC-131** de fabricação Villares e suas normas similares são: DIN X 210 CrW 12; Wnr 1.2436; AISI D6; ABNT D6; JIS G 4404-72; Tipo SDK 2, por tratar-se de um aço tido como indeformável e boa resistência de cume e indicado para trabalhos à frio principalmente de cisalhamento, aplicado em matrizes de corte, facas e tesouras de alto rendimento, cortes de chapas de aço silício e chapas de aço de até 4mm de espessura; estampos para corte de precisão na indústria de papel. Placas de revestimento de moldes para tijolos e ladrilhos, ferramentas para prensagem de pós-metálicos e materiais altamente abrasivos; guias para máquinas operatrizes, réguas para retificadoras; peças de desgaste de calibres, micrômetros e ferramentas em geral, que exige a máxima resistência à abrasão e retenção de corte.

Sua composição básica é formada com carbono de 2,10%, cromo de 11,5%, tungstênio de 0,70%, vanádio de 0,15% entre outros.

4.1. O Tratamento do Aço VC 131

O aço VC 131 quando exposto a temperatura de tempera por volta de 950°C e 970°C para atingir a austenitização e resfriado bruscamente conforme indicação do fabricante para formar a austenita (William Chandler Roberts-Austen (1843-1902), transforma-se em martensita, que confere uma primeira dureza de 63-64 HRC. Devido esta ser uma estrutura fragilíssima faz-se necessário o revenimento a uma temperatura média 350°C a 400°C, atingindo a sua dureza de trabalho que pode variar entre 60-62 HRC. Algumas das durezas aplicadas para este aço, sugerem entre 58-60 HRC para trabalhos de dobra e repuxo e 60-62 para trabalhos de cisalhamento, quando bem observados sua curva de revenimento.

4.2. A Importância do Aquecimento para o Reparo por Solda

Para a realização do processo de soldagem o aço temperado, deve-se pré-aquecer a uma temperatura entre 200°C e 300°C, pois quanto maior for a temperabilidade do aço, maiores são as chances de se ter a formação de microestrutura frágil, como martensita, na ZF (Zona Fundida) e, principalmente na ZTA (Zona Termicamente Afetada). A presença desse tipo de microestrutura confere ao aço alta dureza e baixa ductilidade. Nesse caso, o alívio de tensões atua para reverter a microestrutura martensítica.

Com o pré-aquecimento e por consequência, com a redução da velocidade de resfriamento, pode-se diminuir a formação de martensita na “ZTA” diminuindo a sua possibilidade de quebra ou trinca.

4.3. A Importância do Esfriamento Lento da Soldagem

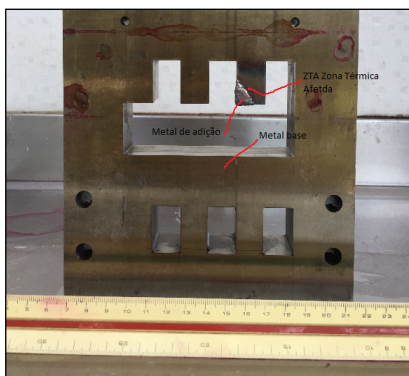
Para uma finalização do processo de soldagem, tem como prioridade a não obtenção da martensita, esta pode ser evitada esfriando a solda o mais lentamente possível.

Casos que não possam o uso de recursos como fornos e revenimentos localizados, submergir a peça ou a área soldada na cal, criam um ambiente de isolamento da atmosfera onde a troca de calor torna-se bem lenta, melhorando assim o processo de resfriamento, levando a lentidão e criando uma estrutura pouco mais macia e esferoidizada.

5. RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 4 mostra a solda na parte central da ferramenta de estampagem/corte de aço VC131 recuperada pelo processo de soldagem TIG onde ocorreu uma quebra com lasca do cume cortante. Observa-se a região do metal de adição, metal de base, zona termicamente afetada e região de aquecimento.

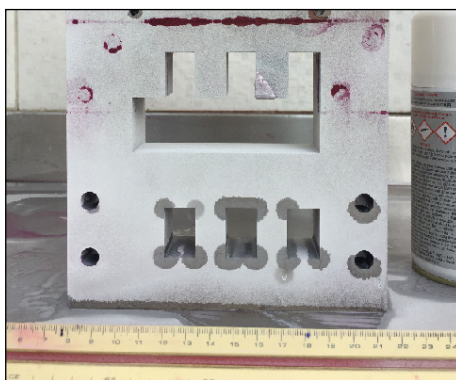
Figura 4 – Matriz de aço VC131 recuperada pelo processo de soldagem TIG.



(Fonte: O autor, 2017)

A Figura 5 mostra que foi aplicado o ensaio por líquidos penetrantes. Primeiro foi aplicado o líquido penetrante e em seguida, o revelador na região da solda na parte recuperada pelo processo de soldagem TIG. Observa-se que não existem indicações de descontinuidades ou defeitos na região recuperada, mantendo assim uma boa uniformidade no cume cortante. Em seguida, a ferramenta passou pelo processo de usinagem por retificação plana, usinagem por eletro erosão, garantindo assim outro cume de corte com as mesmas propriedades da matriz. Os ajustes na matriz foram executados por profissionais especializados em ferramentaria.

Figura 5 – Ensaio por líquidos penetrantes na solda da matriz de aço VC 131.



(Fonte: O autor, 2017).

6. CONCLUSÕES

O processo de soldagem TIG apresentou excelente acabamento superficial, não apresentou mordeduras e o metal de adição pode ser o mesmo da peça.

O local onde a solda foi aplicada perdeu em média 2 pontos de dureza em relação ao restante da peça.

O processo de soldagem TIG é tradicional por não apresentar porosidade, qualidade imprescindível para a realização da recuperação do ferramental.

O custo da manutenção em relação à substituição de uma nova matriz chega a ser irrisório, chegando por volta de 1% do custeio de uma nova ferramenta.

A técnica de ensaios não destrutivos (END) por líquidos penetrantes pode garantir o alto nível de qualidade da soldagem TIG, na superfície e na margem da solda, garantindo a presença ou isenção de defeitos ou descontinuidades,

como trincas e mordeduras. Essa técnica de END pode garantir a qualidade do serviço executado pelo soldador TIG para dar seguimento nas etapas de usinagem e ajuste do ferramental ou matriz.

Pode-se concluir que o processo é muito vantajoso, apesar de condicionado a habilidade do profissional.

7. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, WALLACE SILVA. **Estudo da técnica de dupla camada na soldagem de aço AISI 1045**. Trabalho de conclusão de curso.-Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, São Cristóvão, 2011.
- ANSI/AWS A5.32/A5.32M-97 An **American National Standard** Approved by American National Standards Institute December 8, 1997 **Specification for Welding Shielding Gases**
- CRUZ, Sidinei Thomé da. **Análise das características de uma engrenagem recuperada pelo processo de solda TIG**. 2012.
- DA SILVA, RAIMUNDO NONATO ALVES et al. **Análise comparativa com diferentes tratamentos térmicos do aço VC 131**.
- DA SILVA RAMOS, Gisela Filipa. **Efeito de Maquinagem por eletro erosão no comportamento à fadiga do aço AISI D2**. 2016.
- DE OLIVEIRA, Mateus Ribeiro et al. **Análise microestrutural em chapas de aço com teor crescente de carbono , soldadas pelo processo GMAW**. Revista de Gestão & Tecnologia, v. 3, n. 1, 2015.
- http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm
- GONÇALVES, Israel Lira. **Influência da temperatura no tratamento de alívios de tensões em uma junta soldada baseado no método DPC**. 2015.4
- GORNI, Antônio Augusto; MEI, Paulo Roberto. **Metalurgia & Materiais**.
- HENKE, Sérgio L.; PAREDES, Ramon SC; CAPRA, André R. **Desenvolvimento da ferrita delta na solda e ZTA resultante de soldagem plasma pulsada em um aço inoxidável supermartensítico**. Soldagem e Inspeção, v. 18, n. 1, p. 57-63, 2013.
- http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/noticias/escola_curso/Curso%20basico%20de%20solda.pdf
<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>
- JUNIOR, Amilton S. Lins; MARTINS, Mateus Campos; FONSECA, Maria Cindra. **Análise das tensões residuais geradas na soldagem de aço API 5L X80 por diferentes processos**.
- JÚNIOR, Lima et al. **Caracterização microestrutural e mecânica de juntas soldadas utilizando os processos GTAW, FCAW e SMAW**. 2013.
- MARQUES, Paulo Villani; ET al. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3 ed. Belo Horizonte: editora UFMG, 2009.
- MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José. Algumas equações úteis em soldagem. **Soldagem & Inspeção**, v. 19, n. 1, p. 91-101, 2014.
- NETO, Cesar; VIEIRA, Benedito. **Comparação de junta soldada aço carbono/aço inox utilizando como metal de adição aço carbono e aço inox**. 2015.
- OSIDACZ, Natália Chaves. **Análise mecânica e microestrutural em estruturas tubulares aeronáuticas soldadas de aço ABNT 4130**. 2011.
- OLIVARES, Maria Dolores Bermúdez. **Prácticas de ciência de materiales: fundamento y desarrollo**. EDITUM, 1992.
- PATA, Pedro Gonçalo de Almeida. **Fundamentos e aplicações da metodologia de ensaios não destrutivos com células bacterianas**. 2015. Tese de Doutorado.

SANITA, W. R. V. et al. **Análise do balanço de fases Ferrita/Austenita no metal de solda do aço inoxidável duplex UNS32205 soldado com TIG.**

SANTOS, Carlos Henrique Fonseca dos. **Desenvolvimento de um método para a detecção e determinação da localização de dano em estruturas.** 2009. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

"Soldagem Prof. Manoel Messias Neris" Disponível em:

<http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/apostila_soldagem.pdf> Acesso em: 02/10/2017

"Soldagem TIG" Disponível em: <<http://www.merkle.com.br/tig.html>> Acesso em: 02/10/2017

SOUZA, Sérgio Augusto de, - **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos.** 5ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. ISBN: 978-85-212-0012-3.

TAVARES, Cátia Vanessa Rodrigues. **Estudo da fissuração a quente em aços carbono.** 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

VALENCIANI, Vitor César. **Ligações em estruturas de aço.** 1997. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado), USP, São Carlos, São Paulo.