

Análises de resistência ao impacto cladding TIG pulsado com arame de H13 sobre aço ferramenta TENAX300®

Impact resistance analysis Pulsed TIG cladding with H13 wire on TENAX300® tool steel

Luan Valverde Soares¹, Dr. Anderson Geraldo Marena Pukasiewicz², Dr. Luciano Augusto Lourençato³, Dr. Hipólito Domingo Carvajal Fals⁴

RESUMO

A utilização de fundição de alumínio sob pressão para criação de peças vem se tornando frequente, com destaque para a área automotiva, fornecendo alta produção de peças com diferentes geometrias. No entanto, as falhas e desgastes desses moldes devido aos processos termomecânicos e termoquímicos subsequentes um ao outro, fazem com que aconteçam trincas e fissuras no exterior do molde, fazendo com que haja rejeição das peças. Porém, a utilização de técnicas de reparos da região afetada compactua de forma excelente para recuperação de moldes, permitindo uma produção eficiente de componentes com qualidade superficial envolvendo etapas de inspeção, pré-recuperação e deposição de material. Uma das técnicas utilizadas é o processo de soldagem *cladding* TIG - Pulsado aliada ao tratamento térmico, que utiliza o arame de H13 sobre o aço ferramenta TENAX300® visando suportar um maior impacto e fadiga térmica, usada para minimização de distorção e redução de danos a superfície da peça.

PALAVRAS-CHAVE: aço H13, cladding, microdureza, TENAX300®, TIG pulsado

ABSTRACT

The use of pressure die-casting for the creation of aluminum parts has become increasingly common, particularly in the automotive sector, providing high production of parts with varying geometries. However, the failures and wear of these molds due to subsequent thermomechanical and thermochemical processes result in cracks and fissures on the mold's surface, leading to many part rejections. Nevertheless, the utilization of repair techniques in the affected region works excellently for mold recovery, enabling efficient production of components with surface quality, involving stages of inspection, pre-recovery, and material deposition. One of the techniques employed is the TIG-Pulsed cladding welding process and heat treatment, which uses H13 wire on TENAX300® tool steel to withstand greater impact and thermal fatigue, employed to minimize distortion and reduce damage to the part's surface.

KEYWORDS H13 steel, cladding, microhardness, TENAX300®, pulsed TIG

¹Voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: luanvalverde@alunos.utfpr.edu.br. ID <https://lattes.cnpq.br/1948294845184317>

²Docente no Curso de Engenharia Mecânica/DAMEC/PPGEM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: anderson@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8067497377630922>

³Docente no Curso de Engenharia Mecânica/DAMEC/PPGEM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: lalouren@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3421117431876101>

⁴Docente do PPGEM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: hipolitofals@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8883136649448444>

INTRODUÇÃO

Os moldes de injeção de alumínio estão sendo cada vez mais utilizados por estarem empregados nas características de baixo custo de produção, sendo um ferramental com bastante produtividade de moldes e com alta precisão nas dimensões e detalhes da peça. O material deve manter as propriedades mecânicas em níveis de altas temperaturas com alta pressão, a superfície do molde deve resistir a corrosão pela liga fundida que entra em contato. Porém, o mecanismo de maior desgaste é a fadiga térmica, pois durante o processo de fundição o molde é submetido a ciclos de altas e baixas temperaturas que são obtidas, fazendo com que rachaduras se desenvolvam na superfície do molde. (Dadić et al., 2017.)

A procura por um material mais reforçado e com um tratamento mais elevado para aguentar o trabalho a quente, fadiga térmica e cargas repetitivas, é ampla dentro do setor industrial. O material aço H13 (TENAX300®) compactua diretamente com essas características, devido a sua excelente combinação de alta tenacidade. Com isso, o aço H13 está ligado a uma alta resistência mecânica e boa resistência ao desgaste em temperaturas elevadas, sendo muito utilizado em trabalho a quente como trabalho a frio.

O processo da recuperação de moldes tem a capacidade de produzir economicamente componentes de paredes finas com geometrias complexas e de alta resistência com superfície de boa qualidade (Schuchardt et al., 2019). Atualmente, há etapas necessárias a serem feitas, como a inspeção e processamento de pré-recuperação, deposição do material, usinagem posterior à deposição e inspeção de qualidade. O processamento de pré-recuperação inclui a usinagem anterior à deposição e o tratamento térmico subsequente. Em seguida, o processo de deposição de material restaura a geometria ausente preenchendo o seu volume sobre a camada. (ZHANG et al., 2016).

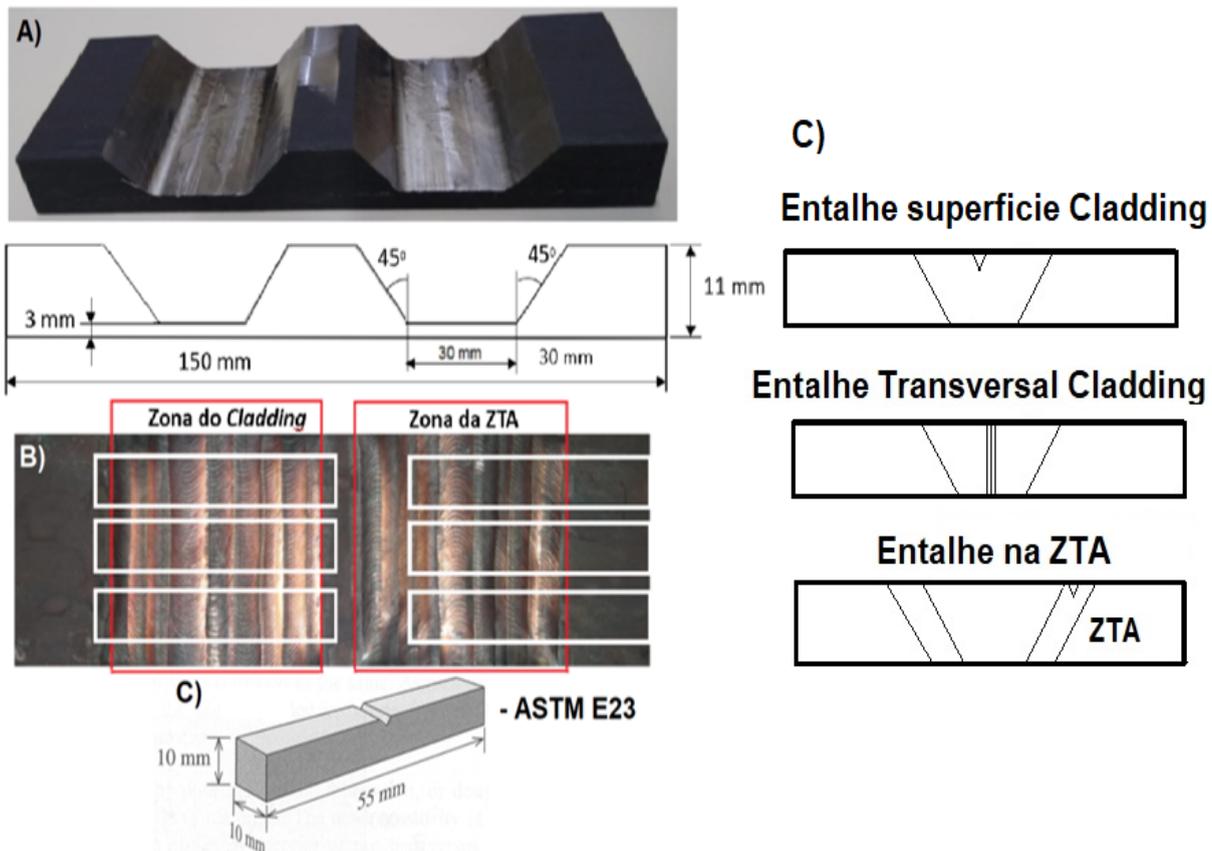
O processo TIG atualmente é uma tecnologia de soldagem que tem sido utilizada na recuperação de moldes de fundição, já que é um método muito utilizado para realizar geometrias das peças com maior precisão (VASANTHARAJA et al., 2012). Este processo é uma facilidade de implementá-lo no cotidiano da fábrica em comparação aos processos de aspersão térmica (HVOF) e laser. (Jhavar et al., 2013).

A TIG pode ser configurada para realizar a soldagem com corrente contínua ou pulsado. A pulsada trabalha com uma corrente de soldagem que alterna rapidamente entre dois valores, um mais elevado, conhecido como a corrente de pico (I_p), e um inferior, denominado corrente de base (I_b). A TIG pulsada apresenta um menor aporte térmico resultando em uma menor distorção e empenamento do material base (MADADI; SHAMANIAN, 2011). Nesse sentido, deve ser considerado que o processo de Cladding TIG acarreta modificações na região reparada alterando a microestrutura e as propriedades mecânicas.

Contudo, tem-se o intuito de contribuir para a produção econômica de componentes, pretendendo avaliar a capacidade dos processos para restaurar moldes danificados mantendo as propriedades mecânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova foram obtidos com as dimensões segundo as normas do ASTM E23, utilizando o arame de aço H13 que apresenta uma composição química de 0,36% de carbono (C), 0,30% de silício (Si), 5,00% de cromo (Cr), 1,40% de molibdênio (Mo) e 0,40% de vanádio (V) (VILLARES, 2019). Para o preenchimento do chanfro (Figura 1 - A), foram depositados 52 cordões com dimensões de 150 mm de comprimento, 47 mm de largura e 15 mm de altura, e com isto, possibilitou-se a extração das amostras para avaliar a Zona do Cladding (ZC) e a Zona Termicamente afetada (ZTA). Na Figura 2 são apresentadas as camadas depositadas e as técnicas utilizadas para melhor desenvolvimento de deposição. Na Tabela 1, foram mostrados os corpos de prova depositados após o cladding com diferentes correntes.



Fonte: Autoria própria

Na Figura 1 – A, são amostras de aço TENAX300® com chanfro para deposição do cladding TIG - pulsado. A Figura 1 – B, é a imagem superior do cladding e regiões de corte dos corpos de prova para o ensaio de charpy, que foi feito o entalhe. Na Figura 1 – C, são as dimensões dos corpos de prova segundo a norma do ASTM E23 e representação esquemática das zonas do entalhe para ser feito o charpy. Com isso, será feita a aplicação do processo do cladding TIG – pulsado.

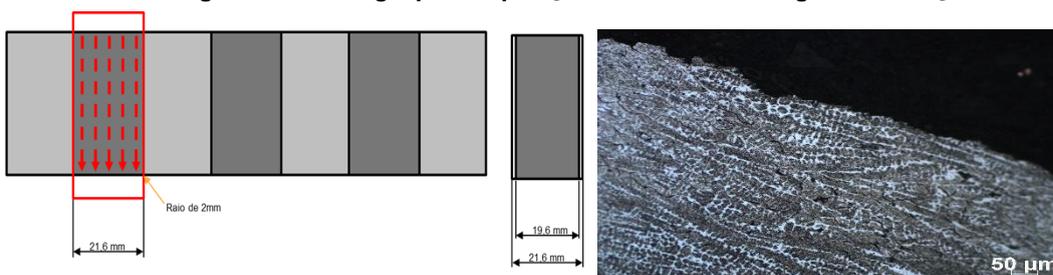
Fonte: Autoria própria - Laboratório de fundição

Tempo Pico (Tp)[s]/base (Tb)[s]	0,1s/0,2 s
Veloc. Arame Pico/base [m/min]	2,2/1,1
Veloc. Soldagem [cm/min]	15
Fluxo de gás argônio[Lts/min]	12
Posição de soldagem	Plana
Ângulo de ataque da Tocha	105°
Ângulo de ataque do arame	15°
Eletrodo	Tungstênio EWTh-2
Diâmetro do eletrodo[mm]	3,2
Tipo do arame	H13
Diâmetro do arame[mm]	1,2

Tabela 1 - Parâmetros do processo cladding

O processo do cladding TIG – Pulsado foi realizado seguindo a norma, com preaquecimento de 200 °C e controle da temperatura, com os interpasses mantendo sempre o mesmo valor. Na metade das amostras foi realizado o Tratamento Térmico de Alívio de Tensões (TTAT) de 570 °C de 2 horas e, posteriormente, o resfriamento lento no forno.

Figura 2 - Estratégia para deposição do Laser Cladding e visualização da amostra



Fonte: SENAI Joinville

Fonte: Autoria própria - Laboratório C2MMA

As amostras foram cortadas na seção transversal e é feito o lixamento com lixas de granulação de 240, 320, 400, 600 e 1200. O polimento foi feito com pasta de diamante de 25 μm, 5 μm e 0,25 μm. Após a preparação da superfície, foi feita a limpeza e em seguida realizado o ataque químico com Nital 5% por 15 segundos.

Após o processo, as amostras foram caracterizadas por Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no equipamento Tescan Modelo Vega3. Para analisar a microdureza foi utilizado o microdurômetro da marca Shimadzu, para durezas Vickers de 500 gf.

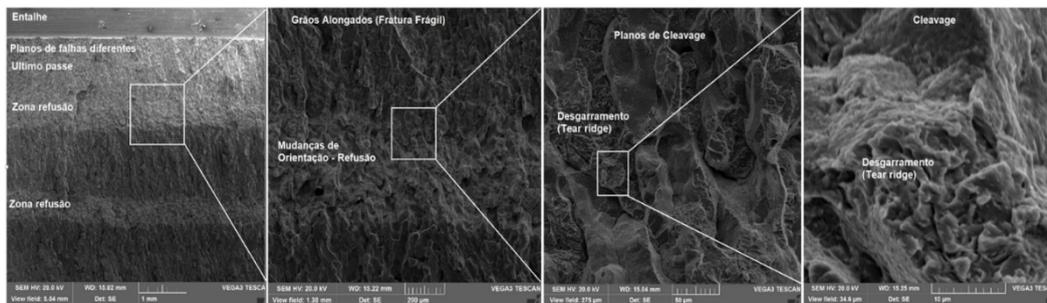
RESULTADOS E ANÁLISES

Os experimentos feitos durante o trabalho, desenvolvido de TENAX300®, na condição recozido e temperado e ainda depositados por soldagem TIG - Pulsado com arame H13, foi constatado que o TTAT realizado, não foi efetivo para homogeneizar a microestrutura da zona do cladding e aumentar a resistência ao impacto, portanto há de melhorar as propriedades mecânicas do revestimento.

Na zona solidificada do cladding depositado pelo processo TIG, foi formada uma estrutura de solidificação de forma que foram identificadas fases nas micrografias, foi observado a presença de martensita na forma de ripas, martensita temperada e ferrita.

Na figura 3, se mostra análises MEV da superfície da fratura do cladding de uma amostra de ensaio após impacto e após feito o TTAT (570 °C com 2 horas).

Figura 3 – Superfície da fratura do cladding após ensaio de TTAT



Fonte: Autoria própria - Laboratório C2MMA - Microscópio

Nas análises se observam planos de falhas em direções diferentes relacionados com a zona de fusão, que ocorre durante o processo de passes contínuos. Nesses planos de falhas o mecanismo caracterizado pela fragilização dos contornos dos grãos alongados, crescem no sentido do gradiente térmico de cada passe, ainda se observam planos de rachadura que ocorreram nos contornos dos grãos.

Se observa na Figura 4, que o mecanismo de fratura foi semelhante ao das análises de falhas, o que mostra a pouca eficiência do TTAT aplicado neste caso. No entanto, estes planos com diferentes direções de fraturas, é a consequência do aumento da tenacidade da zona da ZTA formando a fragilização de contornos de grãos alongados.

Fonte: Autoria própria - Laboratório C2MMA - Microscópio

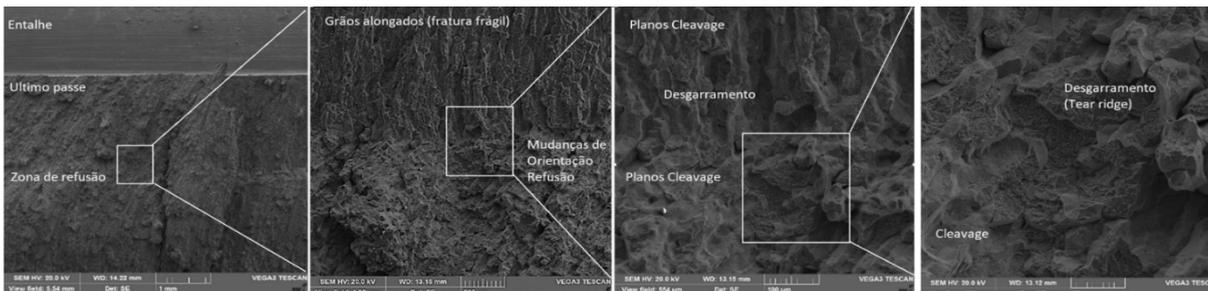


Figura 4 – Superfície da fratura do cladding sem o ensaio TTAT

CONCLUSÃO

Conclui-se que, a resistência ao impacto do cladding TIG - pulsado foi menor que o substrato TENAX300®, influenciada pela estrutura de solidificação da zona, que provocou heterogeneidade microestrutural e baixa tenacidade, as bordas dos grãos alongados da zona do cladding possibilitaram uma fratura frágil intergranular. O uso do processo de corrente pulsada, a temperatura de pré-aquecimento e o controle da temperatura nos interpasses, tiveram um efeito positivo sobre o controle microestrutural da ZTA nas amostras ensaiadas, especialmente na fragilização da zona de crescimento de grãos.

O Tratamento Térmico de Alívio de Tensões (TTAT) de 570 °C e 2 horas de permanência, não foi adequado para incrementar a tenacidade da zona do *cladding* e não obteve avanço significativo no processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UTFPR-PG, ao laboratório multiusuários de Caracterização de Materiais (C2MMA) da UTFPR-PG e aos meus professores que me ajudaram a concluir esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Dadić, Z., Živković, D., Čatipović, N., Bilić, J., Elektrotehnike, Strojarstva I Brodogradnje, F., & Splitu, S. U. (n.d.). *High pressure die casting mould repair technologies*.

Jhavar, S., Paul, C. P., & Jain, N. K. (2013). Causes of failure and repairing options for dies and molds: A review. In *Engineering Failure Analysis* (Vol. 34, pp. 519–535).

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.09.006>

Schuchardt, T., Müller, S., & Dilger, K. (2019). Remanufacturing of die casting dies made of hot-work steels by using the wire-based electron-beam welding with an in situ heat treatment. *Welding in the World*, 63(6), 1669–1679.

<https://doi.org/10.1007/s40194-019-00785-2>

MADADI, F.; ASHRAFIZADEH, F.; SHAMANIAN, M. Optimization of pulsed TIG cladding process of stellite alloy on carbon steel using RSM. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 510, n. 1, p. 71–77, 5 jan. 2011.

VILLARES. **Aços para trabalho a quente - VMO**. 2009

ZHANG, X.; JIE, X.; ZHANG, L.; LUO, S.; ZHENG, Q. Improving the high-temperature oxidation resistance of H13 steel by laser cladding with a WC/Co-Cr alloy coating, School of Materials and Energy. **Guangdong University of Technology**, Guangzhou, China, v. 63, n. 3, p. 171-176, 2016.