

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM SOBRE O AÇO AISI P20 (2738) UTILIZADO EM MATRIZES DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO

Nilson Aneas Ferraz, nilson.ferraz2@fatec.sp.gov.br, nilsonaneas23@gmail.com¹

Fabiano Rodrigues, rodriguesfabiano747@gmail.com³

Marcelino Pereira do Nascimento, marcelino.nascimento@gmail.com²

Emerson Augusto Raymundo, emersonaugustoray@gmail.com.br¹

Carlos Eduard Figueiredo dos Santos, carlos.santos52@fatec.sp.gov.br¹

¹FATEC, Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba - SP

²Universidade Estadual Paulista - Campus de Guaratinguetá - SP

³Ferramenteiro e Polidor profissional - Joinville – SC

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados das influências dos procedimentos de soldagem desenvolvidos sobre o reparo de solda no aço Ferramenta AISI P20 utilizados na fabricação de moldes de injeção de plásticos. O caso estudado aborda os problemas nas empresas, quando são realizados reparos por solda não seguindo os aconselhamentos da literatura. A falta de conhecimentos técnicos, frente ao objetivo de diminuição de defeitos em uma cavidade de molde, faz com que os compradores dos moldes recusem o produto, pois, se uma cavidade é reparada sem os conhecimentos e procedimentos desenvolvidos, a cavidade apresenta marcas e manchas de solda, que podem influenciar na má qualidade do plástico a ser injetado. Neste trabalho foram 2 experimentos utilizados os procedimentos de soldagem, metalurgicamente exigidos, em uma soldagem de cordões de solda em amostras do aço AISI P20. Para efeito de comparação, foram realizados em outros corpos de prova, cordões de solda sem os procedimentos aplicados no anterior. Também, em um dos experimentos foi realizado o processo de texturização em uma das amostras, afim de compreender o comportamento da solda perante um ataque químico. Contudo os resultados indicam que as utilizações de tais procedimentos podem diminuir, ou dependendo do tipo de aço, eliminar tais marcas de solda.

Palavras Chave: Procedimento de soldagem, processode soldagem, GTAW, soldagem de reparos de moldes de matriz de aço.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, para realização de um reparo por solda em aços ferramenta utilizados para fabricação de matrizes de injeção de plástico. O processo de soldagem mais utilizado é o GTAW (TIG) por ter algumas vantagens sobre os outros processos, pois, estes podem ser mais caros e geralmente geram muitos respingos de solda (Marques, 2009). Assim, o reparo por solda pelo processo GTAW não gera respingos, escória fazendo assim um cordão com uma estética aceitável (Rajeev, et. al., 2017; Ferraz, 2015; Marques, 2009; Kumar and Sundararajan, 2008) e é mais barato ao Laser (Vedani, et. al., 2007). Poucos estudos foram realizados sobre o reparo de solda em aços ferramenta. No entanto, a maioria dos profissionais de soldagem tem certa dificuldade em realizar uns cordões de solda em aços ferramenta, pois os mesmos apresentam estruturas atômicas que facilitam a formação de trincas a aumento da dureza como, por exemplo, fase martensítica ou bainítica de alta dureza (Rajeev, et. al., 2017; Riming et. al., 2017; Firrao, et. al., 2013).

Os aços ferramenta são utilizados como ferramenta em atividades, como: usinagem, forjamento, laminação, trefilação, estampagem, moldes de injeção de plástico entre outros. Abastecem os segmentos de autopeças, automobilístico, eletroeletrônico e extrusão de alumínio. Os aços ferramenta se caracterizam pela elevada dureza e resistência à abrasão. Têm boa tenacidade e mantêm as propriedades de resistência mecânica mesmo sob elevadas temperaturas. Tais características são obtidas com a adição de altos teores de carbono e ligas como tungstênio, molibdênio, vanádio, manganês e cromo. A maior parte dos aços ferramenta são forjados (Mei, et. al., 2010). São fornecidos para as ferramentarias que fabricam matrizes para injeção de plástico, pois apresentam diversas propriedades, podem ser citadas: baixa dureza no estado recozido (para facilitar a usinagem das cavidades ou forjamento das cavidades hobbing - na matriz), resistência ao desgaste, ao impacto e resistência mecânica no núcleo.

Os aços para moldes podem ser cementados (Mei, et. al., 2010) ou nitretados (Rajeev, et. al., 2017; Nayeypashae, et. al., 2016) ou revenidos, quanto maior for a dureza superficial maior será a resistência ao desgaste, oxidação e erosão.

Nesses casos, o aço que mais se destaca é o aço AISI P20 (WNR 1.2738), que é normalmente temperado e revenido. É fornecido recozido com a dureza de aproximadamente 23 HRC e quando utilizado para na injeção de plásticos pode ser utilizado com dureza entre 28 e 34 HRC (Preciado et. al., 2006; Ferraz, 2015; Hoseiny, et. al., 2011; Mei, et. al., 2010; Nayeypashae, et. al., 2016). Uma desvantagem sobre o aço AISI P20 é a baixa aceitação a solda, devido à alta concentração de carbono, que com outras ligas formam uma estrutura martensítica, bainítica e ferrítica (Ferraz, 2015; Mei, et. al., 2010; Harada, 2004).

As matrizes de injeção de plásticos podem injetar muitos tipos de materiais poliméricos, tais como: polipropileno, poliuretano, poliestireno, etc. Seguem um modelo de sequência de fabricação, tais como: pré-usinagem (desbaste bruta por fresamento), tratamento de alívio de tensões, usinagem secundária (usinagem fina, eletroerosão e furações), tempera e revenimento, polimento, texturização e try-out. Os erros que podem haver no polimento ou na textura da matriz, ou causados por eles, são refletidos no plástico injetado (Harada, 2004). Muitas vezes os reparos por soldas podem ser realizados em qualquer parte do processo de fabricação, mas quando realizado após a tempera e o revenimento, ou seja, durante o polimento e os ajustes do molde, a solda de reparo pode deixar marcas dos cordões (metal de solda “MS”) e da zona termicamente afetada (ZTA), que influenciam no plástico injetado (Preciado et. al., 2006; Vedani, et. al., 2007).

A solda é o resultado de um processo de soldagem (Modenesi, 2013; Marques, et. al., 2009; Vedani, et. al., 2007; Dadfar, et. al., 2007). Devido à alta quantidade de calor gerada pelo arco elétrico (Lan, 2002), dependendo da composição química do aço a ser soldado, a solda deve ser realizada com cuidados especiais, tais como: limpeza, desumidificação (Y.D. Hana 2012), pré-aquecimento (Preciado et. al., 2006; Marques, et. al., 2009; Hoseiny, et. al., 2011; Luz, 2014), controle de diluição, controle de resfriamento e se possível um beneficiamento pós-solda (Marques, et. al., 2009; Jorge, et. al., 2013). Esses procedimentos são vinculados na realização de um reparo de solda: o pré-aquecimento está vinculado na diminuição das tensões residuais deixadas no término da solda e contribui no melhor controle de resfriamento (Preciado et. al., 2006; Marques, et. al., 2009; Ferraz, 2015; Mei, et. al., 2010). A taxa da diluição está vinculada na composição química final do cordão de solda (Preciado et. al., 2006; Marques, et. al., 2009; Dille, et. al., 2016; Hari and Pandey, 2013). Tudo isso é citado na literatura e em códigos de soldagem, por exemplo, o ASME IX. Como esse código é voltado para área de vasos de pressão e chaparias, apenas os cuidados citados acima podem ser acatados do código, pois não foram encontrados nenhum código ou norma de soldagem voltado para área de solda em aços ferramenta, até o momento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras do aço AISI P20 foram cortadas por eletroerosão para a realização de 2 experimentos, com as dimensões de 15x 17,5x 71mm (Experimento nº 1). Em seguida foram levadas para usinagem (fresagem). Após, foi realizado o tratamento de têmpera e revenimento duplo, a uma temperatura de 850°C e 600°C respectivamente. Depois, foi realizado um cordão de solda pelo processo de soldagem GTAW com um metal de adição especial. Em uma amostra foram utilizados os procedimentos desenvolvidos, tais como: pré-aquecimento com gás GLP, controle da taxa de diluição, controle de resfriamento por manta térmica Kevlar® e beneficiamento. Mas, em outra amostra não foram utilizados os procedimentos de soldagem desenvolvidos, para simular os procedimentos inadequados que têm sido realizados na indústria. Após, nas amostras do experimento nº 1, foram realizados cortes na sessão transversal em ambas amostras para a análise macroscópica, com o auxílio de um estereoscópio Olympus com aproximação de 40x. Ambas amostras foram polidas nas lixas de 220µm à 600µm. A análise macroscópica foi útil para simular o processo de texturização realizado em uma cavidade de molde. O reagente utilizado foi o ácido Nital 5%. No experimento nº 2 foram apenas realizados a análise macroscópica.

Uma amostra do aço AISI P20 foi cortada por eletroerosão para a realização do Experimento nº 2, com as dimensões de 17x 50 x 100mm. Na mesma, foi realizada uma usinagem para criar um canal, afim de preenche-lo com solda. Mas, o mesmo foi deixado aproximadamente 5mm em cada borda do canal sem solda, para garantir que no canal havia solda. Assim, se com o procedimento desenvolvido não deixasse mancha e o canal fosse preenchido em toda sua extensão, os observadores não conseguiriam encontrar a solda e poderia afirmar que a amostra não foi soldada. Depois foi realizado o ataque fotoquímico para texturização GTP 3006-10®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados dos 3 experimentos.

3.1 EXPERIMENTO Nº1

A figura 1 apresenta a amostra soldada sem o uso dos procedimentos de pré-aquecimento e resfriamento com o uso da manta térmica. Foram observadas as presenças da ZTA e uma sombra escura na região do metal de solda, tanto quando polida (Fig. 1-a, b) quando atacadas com ácido (Fig. 1-c). Como o aço tem 0,4% de carbono, a alta velocidade de resfriamento causou o aumento de dureza nas regiões da ZTA (aprox. 60HRC) e metal de solda (MS) (aprox. 55HRC) e isso pode ser constatado no gráfico 1. Esse tipo de resultado também foi observado por Preciado (2006) e B. Silva, I. Pires, L. Quintino (2004).

A figura 2 apresenta a amostra soldada com o uso dos procedimentos técnicos, pré-aquecimento, controle de resfriamento e beneficiamentos pós-solda. Não se notou as presenças

da ZTA e do metal de solda, tanto quando polida (Fig. 2-a, b) e quando atacadas com ácido (Fig. 2-c). Isso foi possível devido a recristalização dos grãos, que foi causada com a ajuda do uso do beneficiamento (têmpera e revenimento). Com isso, a dureza na região do metal de solda diminuiu (de 55HRC para aprox. 34HRC) e isso também, pode ser constatado no gráfico 1. Percebeu-se também, a pouca diferença de tonalidade entre a regiões do metal de solda e metal de base (MB “AISI P20”), quando atacada com ácido Nital. Esse tipo de resultado também foi observado por Preciado (2006) e B. Silva, I. Pires, L. Quintino (2004).

Quadro 1 – Composição química das amostras do aço AISI P20 dos três experimentos (W Nr. 1.2738 e do metal de adição. (Espectroscopia por Fotoelétrons Excitados por Raios -X (XPS))

	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	V	P	S
AISI P20	0,39	1,31	0,19	1,82	0,15	0,89	-	0,035	0,015
TIG wire	0,32	0,95	0,63	1,15	0,47	-	-	-	-

Fonte: autoria própria (2016)

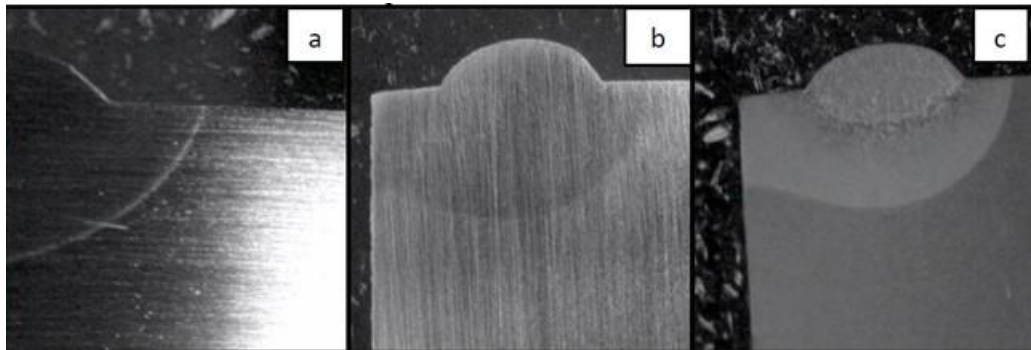


Figura 1 - Amostra polida (“a” e “b”) e atacada com Nital 5% (“c”), com aproximação de 40x. Soldada sem os procedimentos abordados na literatura. Autoria própria (2017)

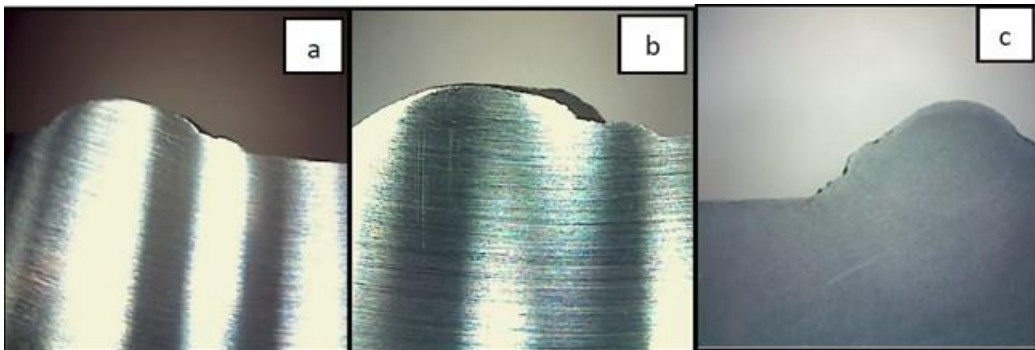


Figura 2 – Amostra polida (“a” e “b”) e atacada com Nital 5% (“c”) com aproximação de 40x. Soldada com os procedimentos abordados na literatura. Autoria própria (2017)

O gráfico a seguir apresenta o efeito da utilização dos procedimentos de soldagem sobre a dureza.

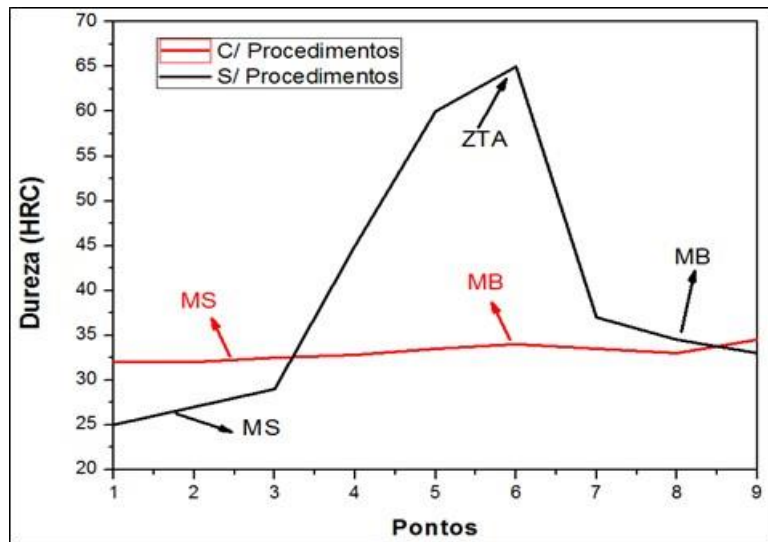


Gráfico 1 – Dureza (HRC) das amostras com e sem a utilização dos procedimentos. Autoria própria (2017)

3.1 EXPERIMENTO n°2

As figuras 3 a 8 a seguir apresentam as etapas dos procedimentos desenvolvidos realizados em uma amostra plana onde foi realizado um canal usinado, depois preenchido com a soldagem com os procedimentos desenvolvidos e texturizada com ácido fotoquímico. Não foi possível encontrar nenhuma marca de solda na amostra com a solda onde foram utilizados os procedimentos desenvolvidos, ou seja, o uso destes mostraram-se eficientes. Foi deixando nas extremidades sem adição de solda, afim de garantir que não houvesse dúvidas da presença dos cordões de solda depositados nos corpos de prova.



Figura 3 – Amostra do AISI P20 usinada e sendo pré-aquecida. Autoria própria (2017)

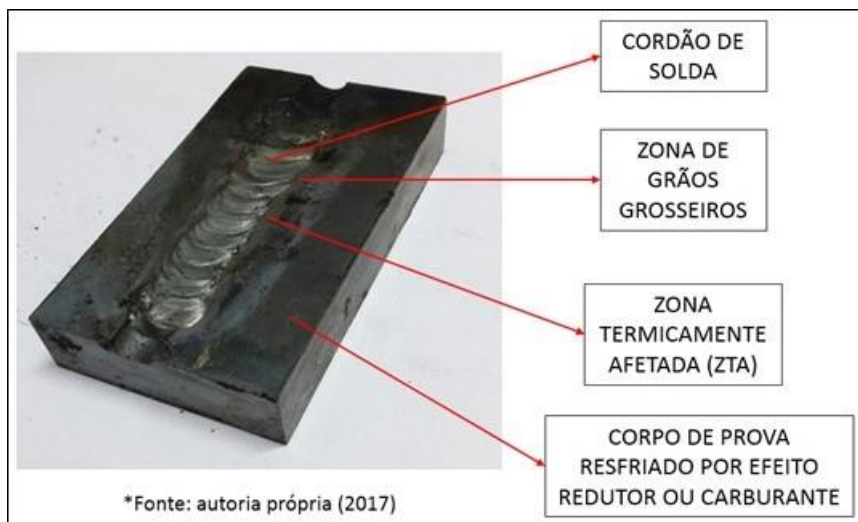


Figura 4 – Amostra de AISI P20 soldada com os procedimentos desenvolvidos. Autoria própria (2017)



Figura 5 – Amostra de AISI P20, já usinada. Autoria própria (2017)



Figura 6 – Amostra de AISI P20 lixada (320 μ m). Autoria própria (2017)



Figura 7 – Amostra de AISI P20 espelhada. Autoria própria (2017)



Figura 8 – Amostra de AISI P20 texturizada por ataque fotoquímico. Autoria própria (2017)

4. CONCLUSÃO

É concluído que o objetivo de se realizar uma solda de reparo sem deixar as marcas de solda (ZTA-zona termicamente afetada e o cordão de solda) foi alcançado, ou seja, foi possível realizar cordões de solda sem deixar as marcas de solda, que geralmente aparecem quando não se utiliza os procedimentos desenvolvidos. Esse resultado abre a possibilidade das ferramentarias ou empresas que injetam plásticos realizarem reparos de solda em cavidades ou peças das matrizes onde haverá ou não texturas e gravações na região soldada. A soldagem pode ser realizada, não importa a fase em que a matriz (macho ou fêmea) se encontram no processo de fabricação e não importa o tipo de aço a ser recuperado, mas para cada tipo de reparo e aço os procedimentos são totalmente diferentes. Por exemplo, em um aço com maior porcentagem de carbono, o pré-aquecimento e controle de resfriamento é maior ao aço AISI P20. O tipo e tempo do beneficiamento também mudam.

5. AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Emerson Augusto Raymundo, Dr. Marcelino Pereira do Nascimento, Carlos Eduardo F. dos Santos, Eng. Carlos Esperança Canetti pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta

monografia. Ao profissional no ramo de moldes de injeção plástica e polimento profissional o Sr. Fabiano Rodrigues pela orientação, incentivo e apoio constante. Ao Sr. Darci Irias, por ter nos ajudado na realização dos cordões de solda.

À FATEC de Pindamonhangaba que colaborou na realização do trabalho.

À UNESP de Guaratinguetá pela colaboração na realização dos cortes dos corpos de prova.

6. REFERÊNCIAS

- BEAUDET, François; BLAIS, Carl; LEHUY, Hoang; VOYZELLE, Benoît; L'ESPÉRANCE, Gilles; MASSE, Jean-Philippe; KRISHNADEV, Madhavarao. Improvement of Hardenability and Static Mechanical Properties of P20 + 0.5Ni Mold Steel through Additions of Vanadium and Boron. Article. ISIJ International, Vol. 52 (2012), No. 3, pp. 424–433.
- CHAIR, J. G. F. ASME IX Boiler and Pressure Vessel Standards Committees, Subgroups, and Working Groups. New York, United States of America, 2013.
- DADFAR, M.; FATHI, M.H.; KARIMZADEH, F.; DADFAR, M.R.; SAATCHI, A. Effect of TIG welding on corrosion behavior of 316L stainless steel. Article. Materials Letters 61 (2007) 2343–2346.
- DILLE, Jean; MINA, Emerson M.; SILVA, SILVA, Cleiton C.; Yuri C. da. The Effect of Dilution on Microsegregation in AWS ER NiCrMo-14 Alloy Welding Claddings. Article. The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International, 2016
- FIRRAO, D.; MATTEIS, P.; RUSSOSPENA, P.; GEROSA, R. Influence of the microstructure on fatigue and fracture toughness properties of large heat-treated mold steels. Article. Materials Science & Engineering A559 (2013) 371–383.
- FERRAZ, N. A. Estudos comparativos das tecnologias de soldagem usadas em reparos em moldes para injeção plástica fabricados com aço AISI P20. Artigo. VII Simpósio de Tecnologia da Fatec Pindamonhangaba, Brasil, 2015.
- HARADA, Júlio. Moldes para Injeção de Termoplásticos, 3ª edição. São Paulo - SP. Editora Artliber LTDA, 2004. Pg. 184.
- HARI, O. M.; PANDEY, Sunil. Effect of heat input on dilution and heat affected zone in submerged arc welding process. Article. Indian Academy of Sciences. Sadhana, Vol. 38, Part 6, December 2013, pp. 1369–1391.
- ESAB. Processo de soldagem TIG. Catálogo. ESAB. São Paulo. 2013.
- HOSEINY, H.; CABALLERO, F. G.; HO'GMAN, B.; SAN MARTIN, D.; CAPDEVILA C.; NORDH, L. G.; ANDRE'N, H. O.. The effect of the martensitic packet size on the machinability of modified AISI P20 prehardened mold steel. Article. Springer Science+Business Media, LLC 2011.
- JORGE, Jorge C. F.; FARAGASSO, Sérgio M.; SOUZA, Luís F. G.; BOTT, Ivaní de S. Efeito do Tratamento Térmico Pós-Soldagem nas Propriedades Mecânicas e Microestruturais de Metal de Solda de Aço de Extra Alta Resistência para Utilização em Equipamentos de Ancoragem. Artigo. Soldag. Insp. São Paulo, Vol. 18, Nº. 02, p.137-148, Abr/Jun 2013.
- KUMAR A; SUNDARRAJAN, S. Effect of welding parameters on mechanical properties and optimization of pulsed TIG welding of Al-Mg-Si alloy. Article. Springer-Verlag London Limited, 2008
- LAN, L. Y.; QIU, C. L.; ZHAO, D. W.; GAO, X. H.; DU, L. X. Effect of single pass welding heat input on microstructure and hardness of submerged arc welded high strength low carbon bainitic steel. Article. Science and Technology of Welding and Joining, 2012 Vol. 17, Nº 7.
- LUZ, Jackson M. Efeitos do pré-aquecimento e parâmetros de pulso sobre a microestrutura e propriedades mecânicas de solda em aço ARBL. Dissertação. Universidade Estadual Paulista, Bauru -SP, 2014.
- MARQUES, Paulo V.; MODENESI, Paulo J.; BRACARENSE, Alexandre Q. Processo de Soldagem GTAW. In: Soldagem GTAW. 3ª edição, Editora UFMG, Belo Horizonte. 2009.
- MEGID, Marcelo B.C; GRASSI, Murilo F. Caracterização microestrutural de uma estrutura tubular aeronáutica submetida a sucessivos reparos de solda TIG. Conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, Brasil, 2013.
- MEI, Roberto P.; SILVA, André V. da C. Elementos de liga e suas influências. In: Aços e Ligas especiais, Cap. 5, pg. 215. 3ª edição. Editora Blucher, São Paulo. 2010.
- MODENESI, Paulo J. The chemistry of TIG weld bead formation. Artigo. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2013.
- NAYEBPASHAE, N.; VAFAEENEZHAD, H.; KHEIRANDISH, Sh.; SOLTANIEH, M. Experimental and numerical study on plasma nitriding of AISI P20 mold steel. Article. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, Volume 23, Number 9, September 2016, Page 1065.
- PRECIADO, W. T. Reparo por soldagem de moldes de injeção de plásticos fabricados em aços AISI P20 e VP50IM. Dissertação. Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2006.
- RAJEEV, G. P.; KAMARAJ, M.; SRINIVASA, R. Bakshi. Hardfacing of AISI H13 tool steel with Stellite 21 alloy using cold metal transfer welding process. Surface & Coating Technology, 326 (2017) 63-71.
- RIMING, W; JUNWAN, L.; YU, S.; SHUMEI, L.; ZHISHUI, Y. Improved uniformity of hardness by continuous low temperature bainitic transformation in prehardened mold steel with large section. Article. Materials Science & Engineering A 706 (2017) 15–21
- VEDANI, M.; PREVITALI, B.; VIMERCATI, G.M.; SANVITO, A.; SOMASCHINI, G.. Problems in laser repair-welding a surface-treated tool steel. Article. Surface & Coatings Technology 201 (2007) 4518–4525

VEDANI, M.; PREVITALI, B.; VIMERCATI, G. M.; SANVITO, A.; SOMASCHINI G. Problems in laser repair-welding a surface-treated tool steel. Article. Surface & Coatings Technology 201 (2007) 4518–4525.

Y.D. Hana; H.Y. Jing; L.Y. Xua. Welding heat input effect on the hydrogen permeation in the X80 steel welded joints. Article. Materials Chemistry and Physics 132 (2012) 216– 222

WAINER, Emílio et. Al. Processo de soldagem GTAW e consumíveis. In____: Processos de Soldagem e Metalurgia. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 1992. Pg. 60 a 87.

EFFECT OF THE USE OF WELDING PROCEDURES ABOUT AISI P20 STEEL (2738) UTILIZED IN PLASTIC INJECTION MATRIXES

Nilson Aneas Ferraz, nilson.ferraz2@fatec.sp.gov.br, nilsonaneas23@gmail.com1

Fabiano Rodrigues, rodriguesfabiano747@gmail.com3

Marcelino Pereira do Nascimento, marcelino.nascimento@gmail.com2

Emerson Augusto Raymundo, emersonaugustoray@gmail.com.br1

Carlos Eduard Figueiredo dos Santos, carlos.santos52@fatec.sp.gov.br1

1FATEC, Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba - SP

2Universidade Estadual Paulista - Campus de Guaratinguetá - SP

3Ferramenteiro e Polidor profissional - Joinville – SC

Abstract: *This paper presents the results of the influences of the welding procedures developed on the welding repair in the AISI P20 tool steel used in the manufacture of plastic injection molds. The case studied addresses the problems in the companies, when welding repairs are performed not following the advice of the literature. The lack of technical knowledge, in view of the objective of reducing defects in a mold cavity, causes mold buyers to refuse the product, because if a cavity is repaired without the knowledge and procedures developed, the cavity presents marks and stains which can influence the poor quality of the plastic to be injected. In this work, 2 experiments were used, the welding procedures, metallurgically required, in a welding of weld beads in AISI P20 steel samples. For comparison purposes, weld beads were performed in other test pieces without the procedures applied in the previous one. Also, in one of the experiments the texturing process was carried out in one of the samples, in order to understand the behavior of the weld before a chemical attack. However the results indicate that the uses of such procedures may decrease, or depending on the type of steel, to eliminate such weld marks.*

Keywords: Welding procedures, GTAW welding process, welding repair, mold steel..