

# REPARO POR SOLDAGEM DE MOLDES DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS FABRICADOS EM AÇOS AISI P20 E VP50IM

## **Wilson Tafur Preciado**

Aluno do curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus UFSC- Cx. Postal 476, CEP: 88049-900 - Florianópolis - SC

## **Carlos Enrique Niño Bohorquez., Dr. Eng.**

Professor do Departamento de Eng. Mecânica- UFSC

***Resumo.** Este trabalho foi direcionado ao estudo das melhores condições para realizar a soldagem em aços AISI P20 e VP50IM durante a fabricação de moldes de injeção de plásticos, de modo a obter características similares entre a região de solda e o metal de base, para responder uniformemente aos processos de polimento e texturização. As soldagens foram realizadas pelo processo TIG, utilizando um arame dissimilar, AWS A5.28-96 ER 80S-B2, para o aço P20 e dois arames, similar e dissimilar, AWS A5.28-96 ER 80S-B6, para o aço VP50IM. As soldas depositadas com diferentes energias (3,6 a 9,8 kJ/cm), usando corrente contínua constante, foram avaliadas quanto à qualidade obtida no espelhamento e texturização. Esses resultados foram correlacionados com a composição química, microestrutura e dureza.*

***Palavras-chave:** Soldagem de reparo, moldes de injeção, TIG, polimento, texturização.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Os moldes para injeção de plásticos com frequência requerem alguma forma de reparo por soldagem, seja: a) durante a fabricação, por erros na usinagem ou alguma mudança do design na peça, evitando manufatura de um novo molde; b) durante o serviço, pela ocorrência de trincas.

Para esses reparos, geralmente é utilizado o processo TIG, por permitir a deposição de pequenas quantidades de material, sem respingos, de modo a obter as complexas geometrias do molde. Processos e procedimentos de soldagem especiais são usados devido à alta precisão requerida e o elevado custo do molde.

A qualidade requerida da solda não somente diz respeito a conseguir propriedades mecânicas adequadas, mas também a que o metal de solda e a zona afetada pelo calor (ZAC) tenham comportamento similar ante os processos utilizados para dar acabamento à cavidade (polimento e texturização).

Na atualidade os procedimentos de soldagem aplicados nas empresas para o reparo de moldes são elaborados com base nas recomendações dadas pelos fabricantes dos aços, mas não fica claro quais são os fenômenos metalúrgicos envolvidos cujo conhecimento é necessário para definir criteriosos procedimentos adequados para diversos materiais, tamanhos e geometrias dos moldes a reparar.

A maioria das informações disponíveis na literatura sobre o reparo destes aços enfocam os aspectos das técnicas de soldagem, sem abordar os aspectos metalúrgicos [1,2]. O esforço das empresas fabricantes tem levado ao desenvolvimento de materiais de base e consumíveis de soldagem de modo a aumentar a soldabilidade e a estabilidade dimensional do molde com o tratamento térmico, como é o caso do aço VP50IM estudado neste trabalho. O aço P20, também motivo do estudo, tem uma longa história de sucesso na indústria de moldes de injeção de plásticos, porém com sérios problemas quando recuperados por soldagem.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal foi o de estudar as melhores condições para realizar a soldagem em aços P20 e VP50IM utilizando o processo TIG alimentado, de forma a conseguir que o metal de solda (MS) e a zona afetada pelo calor (ZAC) apresentem comportamento similar como resposta aos processos de polimento e texturização.

## **3. REVISÃO TEÓRICA**

Após realizar a usinagem do molde para atingir a geometria que lhe confira a sua funcionalidade, a cavidade do mesmo é submetida a processos de acabamento de modo que as características de textura que a mesma adquire são aquelas desejadas na peça que vai ser injetada no molde. Os processos de acabamento utilizados são três: polimento, espelhamento e texturização.

### **3.1. Polimento e espelhamento do molde**

Algumas características da cavidade do molde são particularmente importantes: a superfície deve ter uma forma geometricamente correta, sem ondulações; o acabamento espelhado deve estar livre de poros, inclusões e defeitos. A superfície acabada é geralmente avaliada visualmente (a olho nu). Entretanto, como isso apresenta certas dificuldades, em casos mais exigentes o acabamento é avaliado através de técnicas como a interferometria óptica [3].

Segundo [3], para um molde de injeção que tenha que ser polido após a soldagem é essencial que o metal de solda não tenha diferenças significativas na composição ou dureza com respeito ao metal base.

Do contrário, no contorno da solda poderiam permanecer, após o polimento, marcas que seriam reproduzidas na peça plástica injetada.

### **3.2. Texturização de uma superfície soldada**

O tratamento de texturização pode ser aplicado a metais ferrosos e não ferrosos. Consiste num ataque químico seletivo, geralmente conseguido da seguinte forma: a superfície é coberta com uma resina fotosensível; em cima é colocada uma lâmina com o desenho da textura; a peça é exposta a uma luz intensa, que fixa as partes não protegidas da superfície. Com um solvente é removida a resina não exposta à luz (isto é, que não fixou) e então a superfície é submetida ao ataque químico [1,4].

Segundo [5], a soldagem de uma superfície a ser texturizada deve ser feita usando metal de adição similar ou com conteúdo de C levemente menor que o do MB, e a região soldada deve ficar com dureza similar à do MB. O pré-aquecimento ao redor da área ajuda a minimizar as diferenças de dureza entre o metal de base e o metal de solda.

Arares para a soldagem são especificamente recomendados pelos fabricantes para o processo de texturização, e devem ser usados somente com procedimentos de soldagem apropriados para o aço em particular, com o intuito de minimizar as variações na composição química e/ou dureza que poderiam prejudicar significativamente o processo de texturização [6].

Alguns materiais são mais resistentes ao ataque do que outros, devido às diferenças na composição química, pelo que deve-se escolher um metal de adição de composição química similar

à do metal de base. Desafortunadamente, a composição química não é o único fator que determina a profundidade do ataque ácido. A microestrutura também influi, quanto mais dura seja esta, maior a resistência à ação do ácido [1].

#### 4. MATERIAIS E METODOS

Para atingir os objetivos propostos, foram realizadas soldagens em dois materiais de base, seguidas de tratamentos de polimento e texturização. A qualidade das superfícies obtidas foi correlacionada com a composição química, microestrutura e dureza das diversas regiões da solda.

Os materiais de base utilizados foram o aço P20 e o VP50IM, que são aços Cr-Ni-Mo fabricados por degaseificação a vácuo.

O P20 é um aço temperável bastante utilizado na fabricação de moldes para plásticos. Ele é fornecido no estado temperado e revenido, com dureza na faixa de 30-34 HRC.

O VP50IM é um aço endurecível por precipitação desenvolvido pela Villares Metals [7]. Ele é fornecido no estado solubilizado, com dureza na faixa 30-35 HRC. Para aumentar sua resistência deve ser submetido a tratamento térmico de envelhecimento a 500 °C.

Para a soldagem do aço P20 foi utilizado um metal de adição dissimilar, o AWS A5.28-96 ER 80S-B2, que é um aço ao Cr-Mo utilizado na soldagem de aços de caldeiras, vasos de pressão e tubulações que trabalham a alta temperatura.

Para a soldagem do aço VP50IM foram utilizados dois metais de adição:

- Um similar, desenvolvido pelo próprio fabricante do aço.
- Um dissimilar, o AWS A5.28-96 ER 80S-B6, que é um aço 5Cr-0,5Mo utilizado na soldagem de aços que trabalham em altas temperaturas e em atmosferas contendo H.

Na tabela 1 são mostradas as composições químicas dos materiais de base e de adição utilizados.

Tabela 1. Composição química dos metais base e de adição, e os correspondentes CEiiw calculados.

Elemento	P20		VP50IM		
	MBase P20 <sup>(a)</sup>	MA dissim. AWS A5.28 E 80S-B2 <sup>(b)</sup>	MBase P50 <sup>(a)</sup>	MA Similar <sup>(a)</sup>	MA-dissim. AWS A5.28 E 80S-B6 <sup>(b)</sup>
Carbono	0,37	0,09	0,17	0,14	0,08
Silício	0,39	0,58	0,21	0,10	0,39
Manganês	1,4	0,54	1,4	1	0,53
Cromo	1,89	1,33	0,27	0,24	5,9
Níquel	0,77	0,04	2,95	2,92	0,06
Molibdênio	0,18	0,51	0,28	0,27	0,54
Fósforo	0,03	0,01	0,03	<0	0,004
Enxofre	0,0055	0,006	0,09	0,13	0,013
Cobre	0,12	0,03	0,9	1	0,07
Alumínio	0,002	-	0,85	0,35	-
Nióbio	0,005	-	0,0048	0,0039	-
Cobalto	0,025	-	0,05	0,024	-
Titânio	0,002	-	0,0046	0,0034	-
Vanádio	0,012	-	0,09	0,064	-
Tungstênio	0,011	-	0,01	0,036	-
Ceiiw <sup>(c)</sup>	1,08	0,55	0,79	0,68	1,46

(a) Composições medidas através de espectrometria óptica.

(b) Composições fornecidas com certificado de qualidade do fabricante.

(c) Carbono equivalente do IIW,  $CE_{iiw} = \%C + \%Mn/6 + \%(Cr + Mo + V)/5 + \%(Ni + Cu)/15$ .

Em primeiro lugar, mediante soldagens em chapa de aço ABNT 1020 foram determinadas as condições em que podiam ser depositados cordões pelo processo TIG alimentado livres de defeitos.

Em chapas de 150x150x12 mm dos aços P20 e VP50IM, foram depositados seis cordões selecionados dos ensaios preliminares, com três níveis de corrente média (88, 106 e 124 A). As velocidades de soldagem utilizadas foram 10 e 14 cm/min, de modo a totalizar seis energias selecionadas na faixa de 3,6 a 9,8 kJ/cm. Na tabela 2 são mostradas as condições de soldagem com que foram depositadas estas seis energias.

Os seguintes parâmetros foram mantidos constantes nos ensaios:

- Temperatura de pré-aquecimento=  $225 \pm 25$  °C
- Gás de proteção: Argônio, 12 l/min.
- Eletrodo: W+ 2%ThO<sub>2</sub>, diâmetro 2,4 mm, ângulo da ponta 60°
- Comprimento do arco = 4 mm
- Diâmetro do arame= 1,2 mm
- Diâmetro do bocal= 10 mm
- Ângulo de alimentação do arame= 25° em relação à superfície da peça
- Ângulo de incidência da pistola= 15 ° em relação à normal à superfície

Dos 6 cordões depositados com cada metal de adição, foram retiradas duas amostras, como mostra a figura 1. Um CP foi reservado para os processos de retífica e polimento, e partes dessa superfície foram submetidas a texturização e a espelhamento. O outro CP destinou-se à análise da microestrutura e medição de dureza no plano transversal ao cordão. Com base em critérios de uniformidade na textura e no polimento, foi selecionada uma energia para realizar o espelhamento (que é muito demorado) usando cada metal de adição.

Os CPs para metalografia e dureza foram polidos com lixa de 13 µm e pasta de diamante de 3 µm. Depois foram atacados com solução de Nital ao 2%. Foram levantados perfis de dureza Vickers, com carga de 1 kg e espaçamento entre impressões de 0,2 mm, na direção transversal ao cordão, abrangendo o MS, ZAC e MB.

Para avaliar de forma mais objetiva os resultados do polimento e da texturização, foram feitas medidas num rugosímetro óptico.

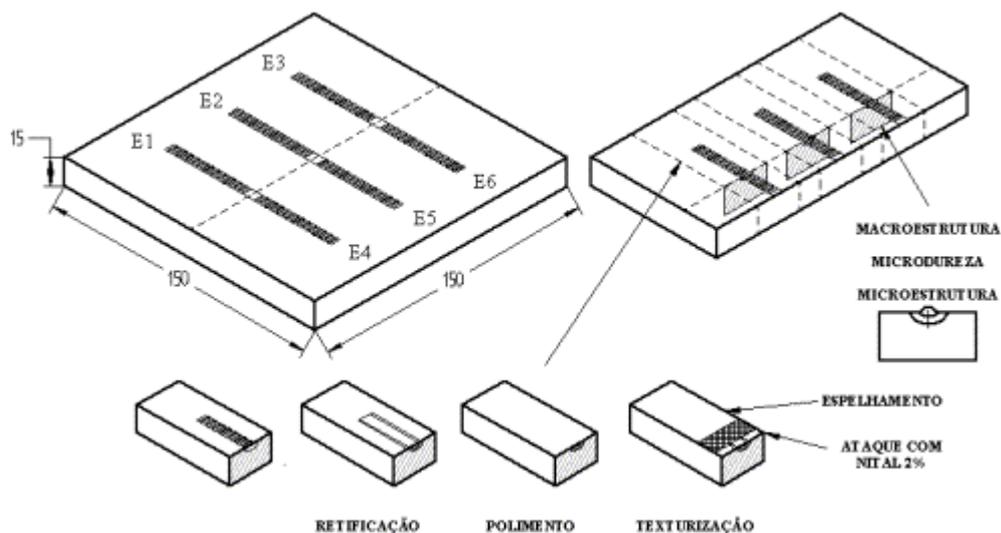


Figura 1. Esquema de remoção dos corpos de prova e dos ensaios realizados.

O espelhamento foi feito sobre os corpos de prova do material VP50IM soldado e foi levantado o perfil de dureza sobre as superfícies espelhadas, na direção transversal ao cordão de solda. Foi feita a análise das superfícies espelhadas por exame visual e por microscopia óptica. Estes resultados foram correlacionados com a microestrutura e a composição química nas três regiões (MS, ZAC e MB). Na tabela 3 são descritas as condições utilizadas nos processos de retífica, polimento, texturização e espelhamento.

Tabela 2- Condições de soldagem utilizadas no processo TIG alimentado

Nível de energia	Im <sup>(a)</sup> (A)	Um (V)	Vs (cm/min)	Energia (kJ/cm)	Potência (W)	Va (m/min)
E1	88	10	14	3,78	880	0,4
E2	106	10	14	4,5	1060	0,4
E3	124	10	14	5,25	1240	0,5
E4	106	10	10	6,4	1060	0,4
E5	124	10	10	7,54	1240	0,4
E6	106	10	7	9,08	1060	0,4

(a) Todas as soldagens foram com corrente contínua de valor constante (CCC)

Tabela 3- Condições de processo utilizadas para o acabamento da superfície

Processo	Condições
<b>Retífica</b>	
Rebolo	Norton 3SGK46 KVSP (ABNT NB33)
Velocidade da peça	10 m/min
Velocidade de rotação do rebolo	2500 rpm
Avanço	0,25 mm/passe
<b>Polimento</b>	
Pedra de desbaste grosseiro	# 150
Lixas de desbaste fino (aço VP50IM)	# 320, 400, 600
Pedra de desbaste fino (aço VP20ISO)	# 320, 400, 600
<b>Texturização</b>	
Tempo de ataque	7 min
Método	“strip”
Tipo de Banho	chuveiro
<b>Espelhamento</b>	
Tempo de polimento	1 h sobre 8 cm <sup>2</sup>
Lixas de desbaste fino	# 600, 800, 1000, 1200, 2000
Remoção a máquina	pasta diamantada 2 - 4 µm, 7000 rpm
Remoção manual com algodão	pasta diamantada ¼ µm

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação da resposta ao polimento e espelhamento

Após fazer a retífica da superfície (para remoção do reforço da solda e diminuição da rugosidade), o polimento teve que ser feito de forma diferente nos dois materiais: enquanto que no aço VP50IM foi possível usar lixas, no aço P20 o uso das mesmas resultava em remoção não uniforme de material nas três regiões, devido à muito maior dureza da ZAC (650 HV) em relação ao MB (300 HV). Portanto optou-se por fazer a remoção com pedras abrasivas que permitiram obter o mesmo acabamento produzido pelas lixas.

Para avaliar as superfícies produzidas por polimento foi feita uma varredura no sentido transversal ao cordão, num comprimento de 5,6 mm, indo do centro do cordão até o metal de base.

Em todos os CPs a distância entre picos e vales foi similar nas três zonas avaliadas (MS, ZAC e MB), como ilustra a figura 2a.

Em função disso, foi calculada a rugosidade Ra em todo o comprimento de medida, e esse valor foi relacionado com os materiais utilizados e o nível de energia de soldagem, como mostra a figura 2b. Pode-se perceber que o valor de Ra não variou significativamente com a energia utilizada, ficando no intervalo entre 0,45 e 0,80 µm, satisfatório para um polimento feito antes da texturização ou o espelhamento.

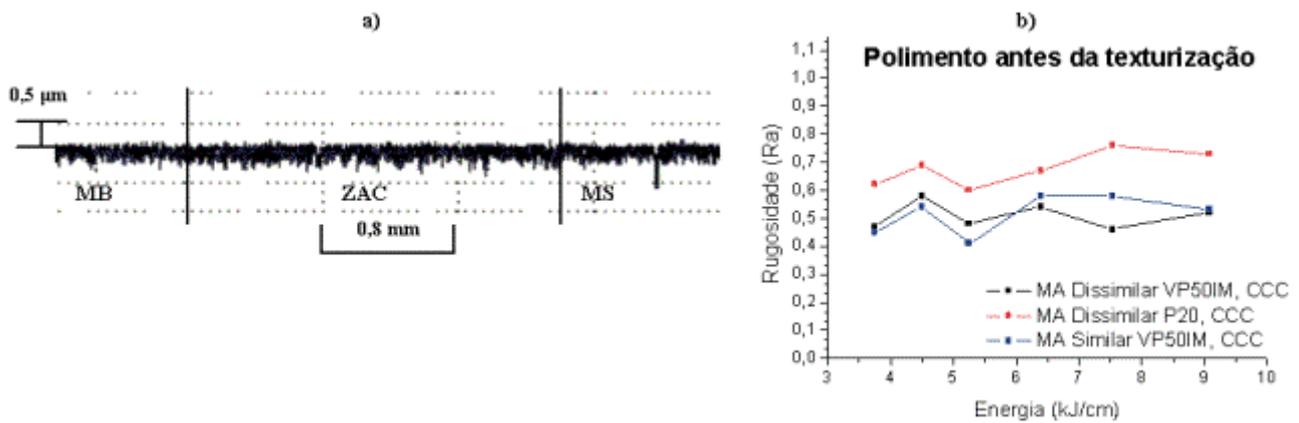


Figura 2. a) Perfil de rugosidade característico obtido após polimento b) Valores médios da rugosidade Ra medida na direção transversal aos cordões de solda, para diferentes energias.

No lado esquerdo da figura 3 pode ser constatado que no estado como soldado, o MS e a ZAC das soldas em aço VP50IM usando os dois tipos de metal de adição (similar e dissimilar) apresentaram igual dureza (430 HV), menor do que aquelas do MS e ZAC da solda do aço P20 (450 e 650 HV), e levemente maior que a do MB VP50IM e P20 (305 HV).

No caso do aço P20, as elevadas diferenças de dureza entre MS, ZAC e MB dificultaram o polimento e, em função disso, não foi feito espelhamento (que é um processo demorado).

As grandes diferenças de dureza tornam necessário o uso de feltros mais rígidos, que possam conservar a sua forma e permitam a remoção uniforme nas regiões da solda e o MB; este fator foi determinante para não aplicar o espelhamento do P20 ao se formar relevos na região da ZAC.

Portanto, é importante diminuir a dureza da solda num aço de alta temperabilidade como o VP20IM, sendo necessário reduzi-la com o tratamento térmico após a soldagem, ou aproveitar o efeito dos ciclos térmicos numa soldagem multipasses, como é feito pelas técnicas da dupla-camada e passe de revenido [7].

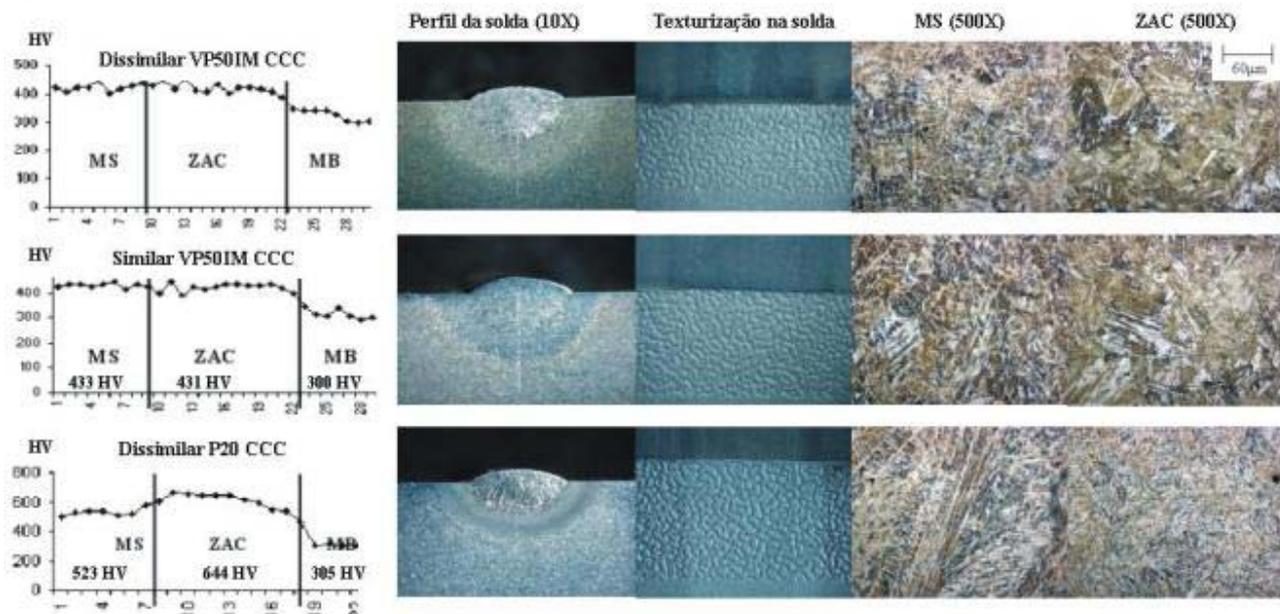


Figura 3- Perfis de dureza, macrografias, superfícies texturizadas e micrografias (do MB, MS e ZAC-GG), de CPs soldados com energia de 7,54 kJ/cm.

Nos cordões de solda do aço VP50IM, foi feito o espelhamento após o tratamento térmico de envelhecimento. Foram selecionados para este fim dois corpos de prova soldados com material similar e dissimilar, utilizando a mesma energia de soldagem ( $E_5=7,54$  kJ/cm da tabela 2, que apresentou a maior diluição, conforme a figura 7b).

Na figura 4 são mostrados os perfis de dureza levantados dos corpos de prova espelhados. Ao comparar os resultados mostrados nas figuras 3 e 4, pode-se verificar que as diferenças de dureza entre o MS e o MB nos corpos de prova espelhados foram menores (55 HV e 40 HV) que as observadas antes do tratamento térmico de envelhecimento (130 HV), reforçando desta maneira a recomendação dada pelos fabricantes que consiste em realizar o espelhamento após o tratamento térmico de envelhecimento do aço VP50IM soldado.

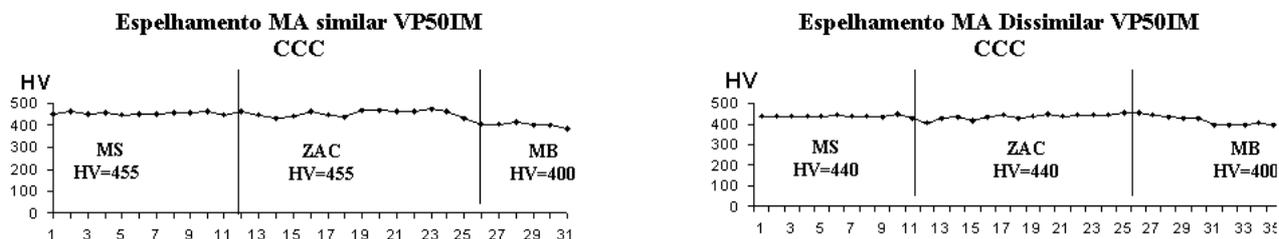


Figura 4. Perfis de microdureza de superfícies espelhadas em corpos de prova soldados e envelhecidos ( $E=7,54$  kJ/cm,  $I_m=124$  A,  $U_m=10$  v,  $V_s=10$  cm/min,  $V_a=0,4$  m/min).

A avaliação visual da superfície através da refletância com a luz permitiu constatar o excelente comportamento do aço VP50IM soldado com metal de adição similar não sendo igual no caso da soldagem dissimilar. Embora as diferenças de dureza entre a solda e o MB tenham sido praticamente iguais (55 HV e 40 HV para os materiais similar e dissimilar, respectivamente), na solda com material dissimilar formou-se um degrau entre o MS e ZAC que é mostrado na figura 5. Isso pode ser devido ao menor teor de enxofre do metal de adição dissimilar e, portanto, do MS obtido com ele.



Figura 5. Relevo na região do MS na soldagem do aço VP50IM, observado através da refletância da luz: a) soldagem com MA dissimilar; b) soldagem com MA similar.

## 5.2- Avaliação da superfície texturizada

Depois do polimento, uma parte da superfície foi submetida a texturização. Como foi relatado no item anterior, em todos os CPs a superfície polida apresentava uma rugosidade uniforme nas três zonas (MS, ZAC e MB), o que significa que não houve influência do polimento sobre os resultados da texturização.

A figura 6 mostra perfis de rugosidade típicos levantados sobre as superfícies texturizadas, ao longo de um comprimento de 12,5 mm, abrangendo o MS, ZAC e MB. Visualmente é fácil constatar que nas soldas em aço P20 o MB foi mais atacado que o MS e ZAC (os vales correspondem às zonas dissolvidas pelo ácido). Ao tentar caracterizar isso de forma objetiva através de medidas de rugosidade, verifica-se que o valor  $R_a$  não é um bom indicador da qualidade da superfície texturizada, pois depende em grande medida do padrão de textura que esteja sendo utilizado ( $R_a$  corresponde à média dos desvios quadráticos em relação a uma linha de referencia). Um melhor indicador é o valor  $R_z$ , que corresponde à média de 5 distâncias pico-vale.

Então, para caracterizar a superfície texturizada foram levantados perfis de rugosidade sobre o MS, ZAC e MB em separado, em direções paralelas ao cordão de solda, com comprimentos de medição de 5,6 mm.

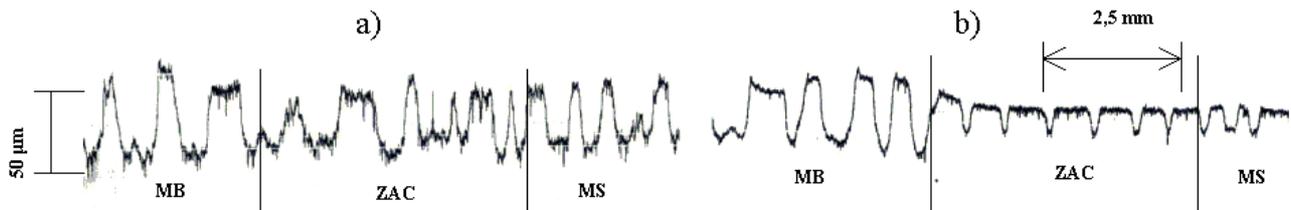


Figura 6- Perfis de rugosidade na direção transversal ao cordão de solda, em CPs texturizados: a) Ataque químico uniforme no aço VP50IM; b) Ataque químico não uniforme no aço P20.

Na figura 7 são mostrados os valores de rugosidade Rz e durezas medidas no MS, ZAC e MB. Pode-se observar que para o aço VP50IM, os valores de rugosidade Rz do MS, ZAC e MB foram sempre similares entre si, apesar de que o MS e ZAC apresentaram dureza maior que a do MB (ao redor de 400 HV e 300 HV, respectivamente).

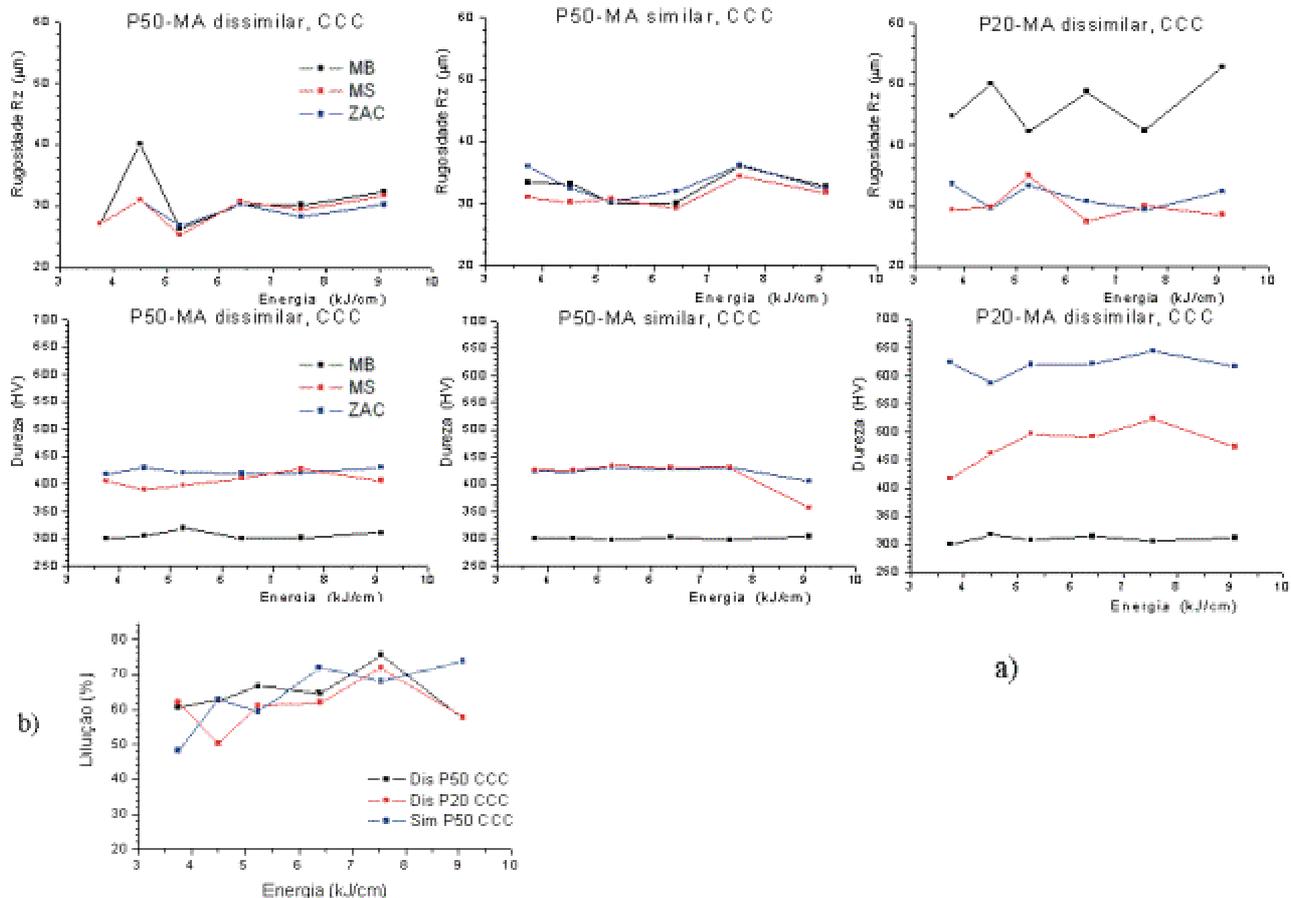


Figura 7. a) Rugosidade média (Rz) e dureza Vickers na ZAC, o MS e o MB para cada energia de soldagem; b) Valores de diluição para cada material e energia.

Desses resultados, obtidos com os dois aços, pode-se concluir que a profundidade da textura não tem relação direta com a dureza do material. Assim, no caso do aço VP50IM, mesmo havendo diferenças significativas de dureza, a textura obtida foi uniforme. No caso do aço P20, mesmo a ZAC sendo mais dura que o MS, a textura foi similar.

Para explicar isto, pelo menos em parte, há que lembrar que o MB do aço P20 é temperado e revenido. Ao sofrer um ciclo térmico de soldagem, o material tempera totalmente (a dureza de 600 HV corresponde à da martensita contendo 0,37 %C) e torna-se mais resistente ao ataque [8].

Para avaliar o comportamento do MS, foi determinada a diluição através das medidas das áreas adicionada e fundida obtidas na seção transversal. A diluição sempre foi elevada (entre 50 e 70 %), o que não era de se esperar ao se aplicar o processo TIG (de baixa eficiência térmica) com relativamente baixas correntes. Então, grande parte do MS é formado por MB fundido.

Na tabela 1 pode-se observar que o metal de adição usado para soldar o aço P20 tem menor teor de C e menor CE<sub>iiw</sub> que o MB. Isso diminui a temperabilidade (mas não ao ponto de evitar a formação de 100% martensita nas condições de soldagem utilizadas) e reduz a dureza da martensita formada. Esse efeito pode ser verificado pela maior dureza obtida com maiores diluições (p.ex. 530 HV para diluição de 71,5%, 400 HV para diluição de 62%). Por outro lado, as diferenças de dureza não tiveram efeito sobre a rugosidade Rz da superfície texturizada. Isso leva a pensar que a resposta ao ataque químico depende da condição em que se encontram os elementos de liga (em solução sólida ou na forma de precipitados).

No MS e ZAC tem-se o material no estado temperado, com a martensita supersaturada em C e outros elementos de liga. No MB, devido ao tratamento de revenimento, ocorre a formação de carbonetos. Em função disso, para obter uniformidade na superfície texturizada, seria necessário promover o revenimento do MS e ZAC, o que poderia ser feito mediante um tratamento térmico convencional (com efeitos negativos sobre o acabamento superficial e a estabilidade dimensional) ou, então, mediante as técnicas de soldagem da dupla camada e do passe de revenido [8].

### 5.3 Macroestrutura, distribuição de dureza e microestrutura

Para completar a análise, no lado direito da figura 3 são mostradas macrografias, superfícies texturizadas e micrografias (abrangendo o MS, ZAC e MB). Podem ser feitos os seguintes comentários:

a) Em relação ao aço P20:

- O metal de base tem uma microestrutura de martensita revenida.
- A microestrutura do MS é martensítica, com traços de austenita retida.
- A microestrutura do ZAC é martensita de alta dureza (650 HV) passando de martensita de grãos grosseiros para martensita fina.
- A dureza do MS e ZAC foi muito mais elevada que aquela do MB.
- Tanto o MS como a ZAC apresentam relevo da textura muito menor que o do MB.

b) Em relação ao aço VP50IM:

- O metal de base tem uma microestrutura martensítica refinada, com os elementos de liga solubilizados.
- A microestrutura da ZAC e MS foi martensítica, mas com durezas menores às obtidas no VP20ISO, em função do baixo teor de carbono.
- A dureza do MS e ZAC foi um pouco superior àquela do MB.

## 6. CONCLUSÕES

Dos ensaios e análises realizadas, pode ser afirmado o seguinte:

a) Em relação ao aço P20:

- O polimento só pode ser realizado usando pedra, em vez de lixa, para garantir a planicidade.
- O espelhamento não é aconselhável no estado como soldado, a menos que possa ser promovido o revenimento da ZAC e MS temperados mediante as técnicas da dupla camada e passe de revenido.
- A texturização não foi uniforme, sendo muito maior a profundidade de ataque químico no MB, por estar temperado e revenido.

b) Em relação ao aço VP50IM:

- É possível conseguir um polimento uniforme, mesmo com o uso de lixas.
- No espelhamento da solda realizada com metal de adição similar foi conseguida total planicidade. Entretanto, na solda com material dissimilar foi possível perceber diferenças de relevo.
- A texturização foi uniforme em todas as condições ensaiadas.

c) Em geral, para os dois tipos de materiais:

- A uniformidade conseguida no polimento e espelhamento depende, principalmente, da uniformidade na dureza das regiões da solda.

- A uniformidade na textura não depende da dureza, mas da composição química local e o estado dos elementos de liga (em solução sólida ou na forma de precipitados).

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais à CNPq pela bolsa de pesquisa concedida; às empresas Villares Metals, Krisma Ferramentaria, Böelher Thyssen Welding, Gravatoools gravação em metal, Pyropolimentos e Desio Soldas, todas elas vinculadas ao setor ferramenteiro, pelo apoio na forma de prestação de serviços de usinagem, preparação de corpos de prova, realização de tratamentos de polimento e texturização, e fornecimento de metais de base e consumíveis de soldagem.

## REFERÊNCIAS

1. THOMPSON, Steve. **Handbook of mould, tool and die repair welding**. 1. ed. Abington Publishing Limited.1999.224p.
2. VEDANI, M. **Microstructural evolution of tool steels after Nd-YAG laser repair welding**. Journal of materials science, Milan, v. 39, p. 241-249, 2004.
3. UDDEHOLM. **Polishing Mold Steel**. Treatment of Tool Steel. Disponível em: <<http://www.bucorp.com/pdfs/UddeholmPolishingmoldsteel.pdf>>. Acesso em 21 de setembro de 2004.
4. SCHAUF, Dieter. **Reproducing textures from the cavity surface to the surface of the thermoplastic moulding**. Application technology information. Disponível em: <<http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/docguard/A0584.pdf?docId=3001>>. Acesso em 21 de setembro de 2004.
5. THE AKRON METAL ETCHING. **Mold Texturing**. Disponível em: <<http://www.textureame.com/moldtexture.html>>. Acesso em 21 de setembro de 2004.
6. MOLD-TECH. Pre-Texturing Mold Finishes Required. **About texturizing**. Disponível em: <<http://www.mold-tech.com/tex/weld.shtml>>. Acesso em 21 de setembro de 2004.
7. MESQUITA, R. A. e BARBOSA, C. A. **Aços para moldes de plástico com melhores propriedades de manufatura**. Anais do Usinagem 2004, CD ROM, São Paulo, SP, 27 a 29 de Outubro de 2004).
8. NIÑO, C. E. **Especificação de procedimentos de reparo por soldagem sem tratamento térmico posterior: efeito de revenimento produzido pelos ciclos térmicos**.2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,2001.