

INFLUÊNCIA DO APORTE DE CALOR NA MICROESTRUTURA E NA DUREZA DO AÇO-ESTRUTURAL ASTM A36 SOLDADO POR “ARAME TUBULAR”

Rodrigo Rodrigues Fortes

Graciely de Jesus Cruz

Sérgio Scuotto

Ronaldo Câmara Cozza

CEETEPS – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”, Faculdade de Tecnologia de Mauá – FATEC-Mauá – Departamento de Fabricação Mecânica, Av. Antônia Rosa Fioravante, 804 – 09390-120, Mauá – SP

e-mails: rodrigues.fortes@outlook.com, graciely.jc@outlook.com, sergio.scuotto@fatec.sp.gov.br, ronaldo.cozza@fatec.sp.gov.br

Resumo. O propósito deste trabalho é analisar os efeitos de diferentes magnitudes de calor absorvidos pelo aço-estrutural ASTM A36 durante o processo de soldagem por “arame tubular”. Para isto, diferentes condições de soldagem foram estabelecidas, variando-se a tensão e a corrente elétrica aplicadas, o que ocasionou a variação da temperatura e da taxa de deposição. Durante os processos de deposição dos cordões de solda, reportou-se que, com os aumentos dos valores de tensão e corrente elétrica, foram necessários menores números de passes para os completos preenchimentos das juntas, decorrentes dos aumentos das taxas de deposição. Além disso, a temperatura de deposição aumentou em função da tensão e da corrente elétrica, assim como os tamanhos de grão. Finalmente, os ensaios de dureza mostraram que, independentemente dos valores de tensão e corrente elétrica, a dureza no “metal de base” permaneceu, aproximadamente, com o mesmo valor de dureza que na condição de “como recebido”; por outro lado, no “metal de solda”, os maiores valores de dureza foram registrados para os menores valores de tensão e corrente elétrica.

Palavras chave: Aço-estrutural ASTM A36, soldagem por “arame tubular”, microestrutura, dureza.

1. INTRODUÇÃO

Com base na Norma AWS A3.0 (2010), “soldagem” é um processo de união que produz a coalescência dos materiais pelo aquecimento dos mesmos, “com” ou “sem” a aplicação de pressão, e “com” ou “sem” adição de material.

Atualmente, este processo metalúrgico de fabricação é aplicado em larga escala na indústria metal-mecânica, por ser uma técnica que une materiais metálicos de forma permanente e segura.

Dentre os processos de soldagens existentes e aplicáveis na indústria metal-mecânica, tem-se o “Processo de Soldagem a Arco-Elétrico com Gás de Proteção” (GMAW – Gas Metal Arc Welding, na Língua Inglesa), categoria na qual está incluso o processamento por “arame tubular” (ESAB, 2018; Marques, Modenesi, Bracarense, 2009), que utiliza o “dióxido de carbono – CO₂” como gás de proteção ativo, objetivando prevenções às formações de poros e ataques químicos (Svetsaren, 2018).

O processo de soldagem por “arame tubular” permite flexibilizações nas posições de soldagem, penetração considerada “boa” e taxas de deposição de metal de solda relativamente altas, diminuição de respingos e boa aparência. Tais vantagens fazem com que a soldagem por “arame tubular” seja amplamente utilizada nas indústrias mecânicas, metalúrgica e automobilística, visto sua produtividade e, conseqüentemente, os baixos custos de produção advindos. Adicionalmente, este tipo de soldagem é direcionado a lugares de difícil acesso ou a ambientes relativamente perigosos, como plataformas petrolíferas.

Atualmente, dentre os materiais utilizados em estruturas soldadas, estão os “aços”, um dos materiais metálicos mais utilizados na indústria metal-mecânica, sendo possível controlar suas propriedades mecânicas como rigidez e resistência mecânica, por meio da dosagem calculada de elementos de liga e da aplicação de tratamentos térmicos pré-definidos, de acordo com o seu direcionamento mecânico-metalúrgico de aplicação. Nesta classe de materiais metálicos está incluso o aço-estrutural ASTM A36, material este, amplamente utilizado em aplicações mecânico-metalúrgicas. Entretanto, mesmo sendo um material relativamente versátil, o mesmo sofre relevantes alterações metalúrgicas e mecânicas quando submetido a condições de calor relativamente elevadas.

Com isso, devido a vasta aplicabilidade do processo de soldagem por “arame tubular” e a importância do aço-estrutural ASTM A36 em direcionamentos para setores mecânicos e metalúrgicos, o objetivo deste trabalho é analisar as alterações metalúrgicas e mecânicas do aço-estrutural ASTM A36, após ser submetido sob um aporte de calor gerado durante um processo de soldagem por “arame tubular”.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material analisado

O material estudado neste trabalho foi o aço-estrutural ASTM A36, controlado pela Norma Americana “ASTM – American Society for Testing and Materials” (ASTM, 2018), que define sua composição química nominal, conforme

descriptivo da Tabela 1, cujos valores foram extraídos do “Certificado de Inspeção”, fornecido pelo próprio fabricante – USIMINAS – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (USIMINAS, 2018).

Tabela 1. Composição química nominal – em % Peso – do aço-estrutural ASTM A36 (USIMINAS, 2018; ASTM 2018).

Composição Química – [% Peso]												
C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Cr	Nb	V	Ti	N	Fe
0,14 0,15	1,36 1,40	0,015	0,007	0,262	0,037 0,041	0,015 0,016	0,024 0,026	0,032 0,034	0,003 0,004	0,016	0,0034 0,0040	Balanço

As medidas das juntas foram definidas conforme a normalização “AWS – American Welding Society” (2010) e “ASME – American Society of Mechanical Engineers” (ASME, 2018). A Figura 1 esquematiza a secção transversal das juntas que foram soldadas, sendo, inicialmente, usinadas com chanfro tipo “duplo V”; o comprimento dos corpos-de-prova foi de 140 mm.

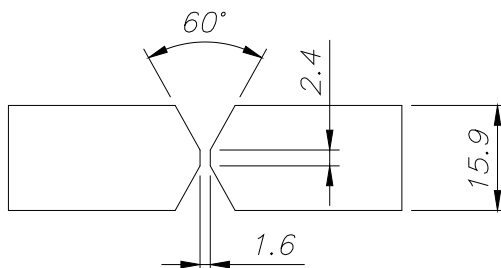


Figura 1. Secção transversal das juntas que foram soldadas – chanfro tipo “duplo V”.

A Figura 2a apresenta a secção transversal de uma junta com chanfro tipo “duplo V” já usinado e, a Figura 2b, a referida junta em posição para os recebimentos dos cordões de solda.

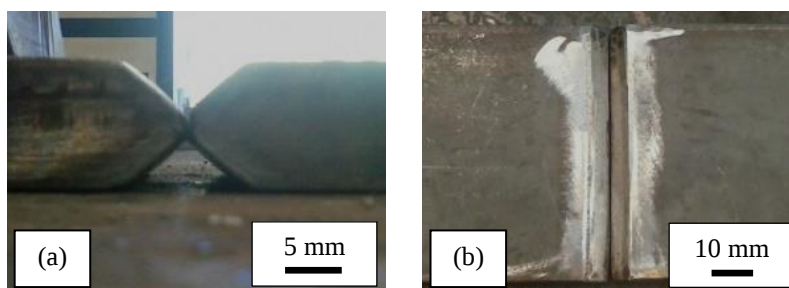


Figura 2. (a) Secção transversal de uma junta com chanfro tipo “duplo V” usinado; (b) junta em posição para os recebimentos dos cordões de solda.

2.2. Parâmetros de soldagem

A Tabela 2 apresenta as informações referentes aos processos de soldagem realizados neste trabalho.

Tabela 2. Dados dos processos de soldagem conduzidos neste trabalho.

Normas de referência		AWS – American Welding Society ASME – American Society of Mechanical Engineers	
Metal de Base		Aço-estrutural ASTM A36	
Processo de soldagem		GMAW – Gas Metal Arc Welding “Arame Tubular”	
Eletrodo		“Arame tubular” – diâmetro Ø1,2 mm AWS A5.20 E71T-1C / ASME SFA-5.20-2013 Ed. E71T-1C	
Gás de Proteção – Especificação e Vazão		100% CO ₂ – 20-24 l/min	
Condição de Soldagem	Tensão – U [V]	Corrente Elétrica – i [A]	Polaridade
I	U ₁ = 24 V	i ₁ = 150 A	DC
II	U ₂ = 28 V	i ₂ = 250 A	DC
III	U ₃ = 33 V	i ₃ = 300 A	DC

Em relação ao eletrodo, foi utilizado o “arame tubular” AWS A5.20 E71T-1C / ASME SFA-5.20-2013 Ed. E71T-1C, de diâmetro Ø1,2 mm. A Tabela 3 exibe a composição química nominal do “arame tubular”, cujos valores foram fornecidos pelo próprio fabricante – HYUNDAI Welding Co., Ltd. (2018), por meio do “Relatório de Material Certificado”.

Tabela 3. Composição química nominal do “arame tubular” AWS A5.20 E71T-1C / ASME SFA-5.20-2013 Ed. E71T-1C (HYUNDAI, 2018) utilizado neste trabalho.

Composição Química – [%peso]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Fe
0,05	0,49	1,14	0,024	0,006	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	Balanço

Como “gás de proteção”, utilizou-se 100% CO₂, sob uma vazão compreendida entre 20-24 l/min.

Foram estabelecidos três valores de “Tensão – U”, $U_1 = 24$ V, $U_2 = 28$ V e $U_3 = 33$ V, relacionados, respectivamente, a três valores de “Corrente Elétrica – i”, $i_1 = 150$ A, $i_2 = 250$ A e $i_3 = 300$ A. Após, foram estabelecidas três condições de soldagem junto aos valores de “Tensão – U” e “Corrente Elétrica – i”, nomeados de “Condição de Soldagem I $\Rightarrow U_1 = 24$ V e $i_1 = 150$ A”, “Condição de Soldagem II $\Rightarrow U_2 = 28$ V e $i_2 = 250$ A” e “Condição de Soldagem III $\Rightarrow U_3 = 33$ V e $i_3 = 300$ A”; todas as condições de soldagem foram conduzidas com “Polaridade DC”, conforme mencionou a Tabela 2.

Todos os processos de soldagem foram conduzidos sob a “posição F – plana”, em chapas com comprimento de soldagem de 60 mm, sendo adicionadas “chapas de apêndice” para “início” e “fim” de soldagem. A inserção das “chapas de apêndice” se faz necessário pois, tanto no início, quanto no final dos cordões de solda, os parâmetros de soldagem são instáveis, formando, consequentemente, cordões de solda com propriedades metalúrgicas e mecânicas heterogêneas.

Antecedendo cada processo de soldagem propriamente dito, os corpos-de-prova foram pré-aquecidos sob uma temperatura compreendida entre 100°C e 150°C, com o objetivo de eliminar a umidade das juntas a serem soldadas.

Após, os cordões de solda foram depositados manualmente. Finalmente, a temperatura de cada cordão de solda, após a sua solidificação, que ocorreu sob “ar calmo”, foi medida com o auxílio de um termômetro infravermelho.

2.3. Análise metalográfica

Após a finalização de todos os procedimentos de soldagem, se protagonizou as preparações dos corpos-de-prova provenientes de cada condição de soldagem, assim como para o aço-estrutural ASTM A36, na condição de “como recebido”.

Para as análises metalográficas, as superfícies de verificação dos corpos-de-prova foram preparadas com lixas de granulometrias #400 e #600, precedidos por polimentos conduzidos com mistura de alumina e pasta diamantada. Após, as superfícies polidas foram atacadas, quimicamente, com uma composição formada por 5% de Nital e 95% de Álcool Etílico (Colpaert, 2008).

2.4. Ensaio de dureza

Ensaio de dureza Vickers foram realizados sob uma carga de 10 kgf, em nove pontos demarcados na Figura 3, que representa as secções transversais soldadas. Para efeitos de comparação, a dureza do aço-estrutural ASTM A36 foi medida na condição de “como recebido”, também.

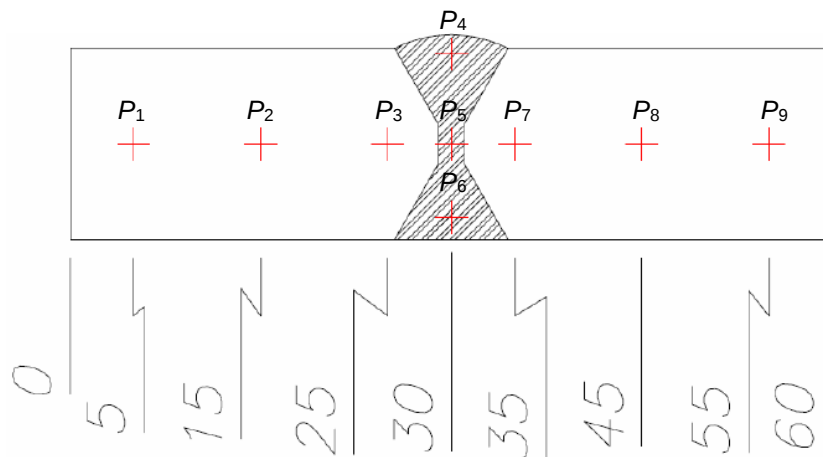


Figura 3. Posições dos ensaios de dureza Vickers conduzidos nos corpos-de-prova. Unidade: [mm].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Juntas soldadas – relação entre temperatura e taxa de deposição

A Figura 4 mostra a junta soldada sob a “*Condição de Soldagem I*”, que empregou valores de Tensão $U_1 = 24$ V e Corrente Elétrica $i_1 = 150$ A, com Polaridade DC. Em cada face foram depositados seis cordões de solda, com um tempo de deposição de $t_1 = 31$ s, para cada cordão de solda. Para as duas faces de soldagem, o tempo líquido total de execução dos cordões de solda foi de, aproximadamente, $t_1 = 6$ min 12 s ($t_1 = 372$ s) – valor nominal, referente a doze cordões de solda realizados.



Figura 4. Junta soldada sob a “*Condição de Soldagem I*” – $U_1 = 24$ V, $i_1 = 150$ A e Polaridade DC.

Na Figura 5 está a junta soldada seguindo-se a “*Condição de Soldagem II*”, definida para uma Tensão $U_2 = 28$ V e Corrente Elétrica $i_2 = 250$ A, mantendo-se, também, Polaridade DC. Aqui, em cada face foram depositados três cordões de solda, sendo que cada um destes foi exigido um tempo $t_2 = 23$ s de produção. Para as duas faces de soldagem, o tempo líquido total de execução dos cordões de solda foi de, aproximadamente, $t_2 = 2$ min 18 s ($t_2 = 138$ s) – valor nominal, referente a seis cordões de solda realizados.



Figura 5. Junta soldada sob a “*Condição de Soldagem II*” – $U_2 = 28$ V, $i_2 = 250$ A e Polaridade DC.

Para a “*Condição de Soldagem III*”, a Figura 6 apresenta a respectiva junta soldada, procedida pela Tensão $U_3 = 33$ V e Corrente Elétrica $i_3 = 300$ A, com Polaridade DC, novamente. Neste caso, foram necessários, apenas, dois cordões de solda em cada face da junta, sendo que cada cordão de solda foi depositado em $t_3 = 37$ s. Para as duas faces de soldagem, o tempo líquido total de execução dos cordões de solda foi de, aproximadamente, $t_3 = 2$ min 28 s ($t_3 = 148$ s) – valor nominal, referente a quatro cordões de solda realizados.



Figura 6. Junta soldada sob a “*Condição de Soldagem III*” – $U_3 = 33$ V, $i_3 = 300$ A e Polaridade DC.

Observa-se que, com o aumento da “*Tensão – U*” e da “*Corrente Elétrica – i*”, o número de passes necessários para obter-se o completo preenchimento das juntas diminuiu, devido à maior taxa de deposição atingida.

Adicionalmente, com o aumento da “*Tensão – U*” e da “*Corrente Elétrica – i*” reportou-se, também, uma maior temperatura do cordão de solda, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Temperatura de deposição atingida nas diferentes condições de soldagem.

Condição de Soldagem			Temperatura de Deposição
Condição de Soldagem I	$U_1 = 24 \text{ V}$	$i_1 = 150 \text{ A}$	$T_1 = 430^\circ\text{C}$
Condição de Soldagem II	$U_2 = 28 \text{ V}$	$i_2 = 250 \text{ A}$	$T_2 = 550^\circ\text{C}$
Condição de Soldagem III	$U_3 = 33 \text{ V}$	$i_3 = 300 \text{ A}$	$T_3 = 738^\circ\text{C}$

Maiores temperaturas de deposição acarretam maior quantidade de calor absorvida pelo material, o que justifica a maior taxa de deposição obtida para os maiores valores de “ U ” e “ i ”.

Para a “Condição de Soldagem I”, foi medida uma temperatura de deposição $T_1 = 430^\circ\text{C}$. Com os aumentos dos valores da “Tensão – U ” e da “Corrente Elétrica – i ” definidos para a “Condição de Soldagem II”, reportou-se uma temperatura de deposição $T_2 = 550^\circ\text{C}$. Finalmente, sob o patamar de $U_3 = 33 \text{ V}$ e $i_3 = 300 \text{ A}$, estabelecido para a “Condição de Soldagem III”, registrou-se a maior temperatura de deposição: $T_3 = 738^\circ\text{C}$.

3.2. Análises metalográficas – microestruturas dos corpos-de-prova

A Figura 7 apresenta os corpos-de-prova finalizados, preparados para a análises metalográficas. Estes corpos-de-prova referem-se à condição de “como recebido” do aço-estrutural ASTM A36 e às “Condições de Soldagem I, II e III”.

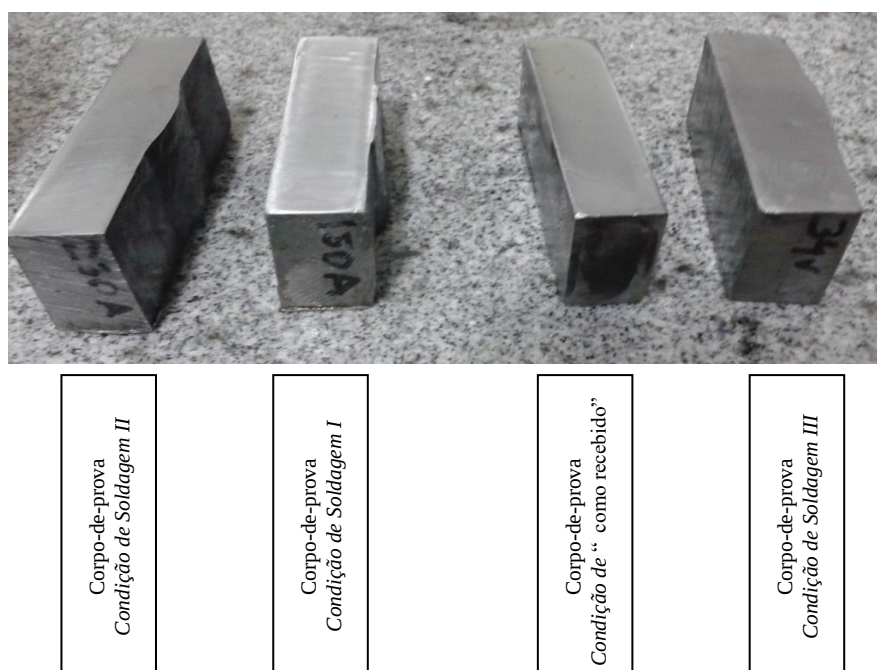


Figura 7. Corpos-de-prova preparados a partir da condição de “como recebido” do aço-estrutural ASTM A36 e das “Condições de Soldagem I, II e III”, submetidos às análises metalográficas.

Todas as micrografias foram obtidas sob um aumento de 100 vezes, por meio de Microscopia Óptica. A Figura 8 apresenta uma imagem do aço-estrutural ASTM A36 na condição de “como recibo”.

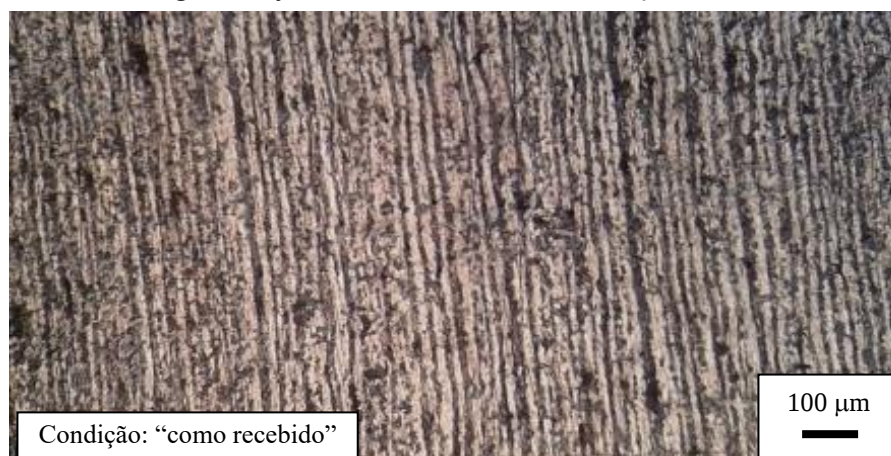


Figura 8. Microestrutura do aço-estrutural ASTM A36, na condição de “como recebido”.

A Figura 9 mostra a microestrutura do corpo-de-prova soldado pela “*Condição de Soldagem I*”, em que foi atingida a temperatura de $T_1 = 430^\circ\text{C}$. Tanto na ZTA – Zona Termicamente Afetada, quanto no próprio cordão de solda, observa-se a existência de grãos refinados e agrupados, com contornos de grãos pouco visíveis.

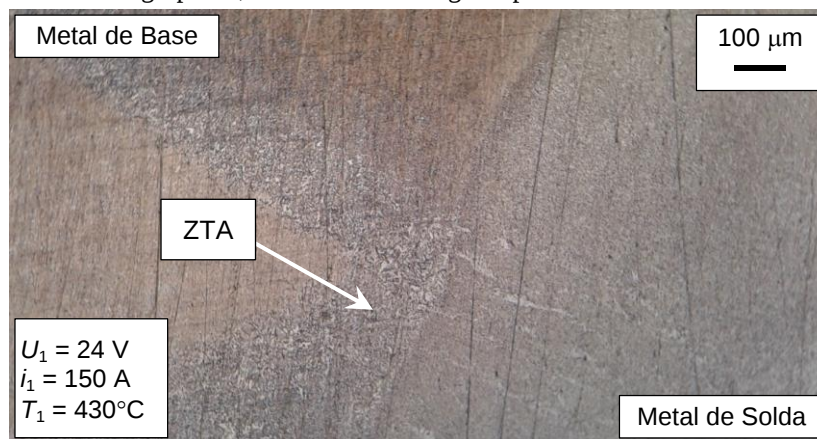


Figura 9. Microestrutura do corpo-de-prova soldado pela “*Condição de Soldagem I*”, em que foi atingida a temperatura de $T_1 = 430^\circ\text{C}$.

Na Figura 10, referente à “*Condição de Soldagem II*”, está a microestrutura do corpo-de-prova em que a temperatura dos cordões de solda atingiu $T_2 = 550^\circ\text{C}$. Comparando-se ao corpo-de-prova provindo da “*Condição de Soldagem I*”, é possível notar um aumento significativo do tamanho de grão na Zona Termicamente Afetada (ZTA), assim como no próprio cordão de solda, que apresentou, também, uma granulação visivelmente mais grosseira.

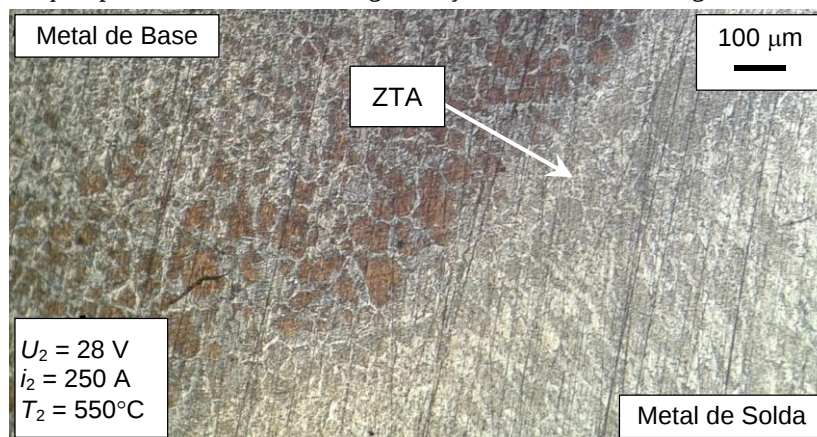


Figura 10. Microestrutura do corpo-de-prova soldado pela “*Condição de Soldagem II*”, em que foi atingida a temperatura de $T_2 = 550^\circ\text{C}$.

Finalmente, a Figura 11 exibe a microestrutura do corpo-de-prova soldado pela “*Condição de Soldagem III*”, no qual a temperatura dos cordões de solda atingiu $T_3 = 738^\circ\text{C}$. Aqui, novamente reportou-se uma granulação ainda maior do que a reportada para as “*Condições de Soldagem I e II*”, tanto na Zona Termicamente Afetada (ZTA) quanto no próprio cordão de solda.

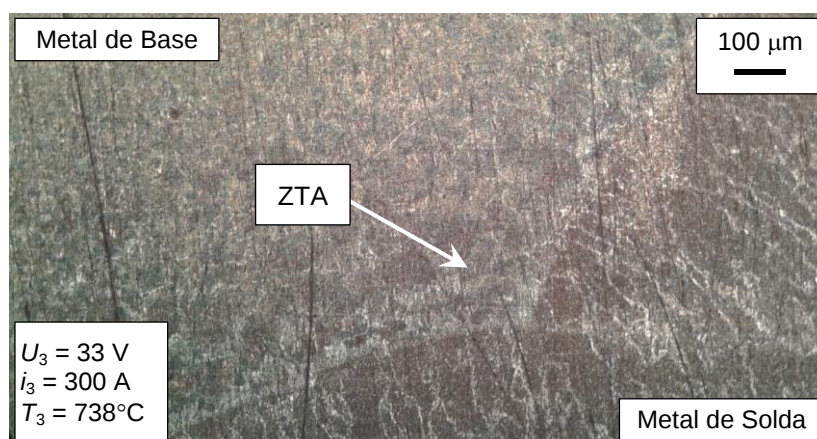


Figura 11. Microestrutura do corpo-de-prova soldado pela “*Condição de Soldagem III*”, em que foi atingida a temperatura de $T_3 = 738^\circ\text{C}$.

De forma geral, observou-se um aumento gradativo do tamanho de grão com o aumento da temperatura.

3.3. Durezas dos corpos-de-prova

A dureza medida do aço-estrutural ASTM A36 na condição de “como recebido” foi de 176 HV.

A Tabela 5 expõe, para cada ponto de medição de dureza, o seu respectivo valor.

Tabela 5. Valores de dureza medidos nos corpos-de-prova obtidos pelas “Condição de Soldagem I”, “Condição de Soldagem II” e “Condição de Soldagem III”.

Pontos	Localização dos pontos [mm] Conforme Figura 3.	Região	Dureza [HV]	Dureza [HV]	Dureza [HV]
			Condição de Soldagem I	Condição de Soldagem II	Condição de Soldagem III
P_1	5	Metal de Base	176	175	176
P_2	15		180	180	152
P_3	25	ZTA – Zona Termicamente Afetada	221	245	175
P_4	30 (acima)	Metal de Solda	208	195	200
P_5	30 (centro)		214	164	179
P_6	30 (abaixo)		201	166	188
P_7	35	ZTA – Zona Termicamente Afetada	185	216	210
P_8	45	Metal de Base	188	160	189
P_9	55		196	163	204

Em relação à “Condição de Soldagem I”, analisando-se o “Ponto P_3 ”, pertencente à ZTA – Zona Termicamente Afetada, reporta-se que o mesmo apresentou o maior valor de dureza, enquanto as regiões mais afastadas da região da solda mantiveram valores próximos de suas durezas originais, correspondente à dureza do aço-estrutural ASTM A36 na condição de “como recebido”.

Pelos dados provenientes da “Condição de Soldagem II”, também se verificou que as zonas termicamente afetadas, assim como regiões de metal de solda, apresentaram maior dureza. Por outro lado, as áreas relativamente mais afastadas da região de solda mantiveram suas durezas iniciais.

Finalmente, para a “Condição de Soldagem III”, nota-se que as zonas termicamente afetadas apresentaram maior dureza do que as áreas restantes.

De uma forma geral, observa-se que, no “metal de base”, definido para as distâncias de 5 mm (Ponto P_1), 15 mm (Ponto P_2), 45 mm (Ponto P_8) e 55 mm (Ponto P_9), os valores de dureza mantiveram-se, aproximadamente, dentro da mesma magnitude, independentemente da “Condição de Soldagem”. Para as “Zonas Termicamente Afetadas – ZTA”, definidas pelas distâncias de 25 mm (Ponto P_3) e 35 mm (Ponto P_7), os valores de dureza foram ligeiramente maiores para a “Condição de Soldagem II”. Finalmente, reportou-se que, para o “metal de solda”, os maiores valores de dureza foram registrados para a “Condição de Soldagem I”, que gerou a menor temperatura dos cordões de solda.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, pôde-se concluir que:

- Juntas soldadas – relação entre temperatura e taxa de deposição.

Com os aumentos dos valores de “Tensão – U ” e “Corrente Elétrica – i ”, foram necessários menores números de passes para os completos preenchimentos das juntas submetidas às “Condições de Soldagem I, II e III”.

Adicionalmente, juntos aos aumentos dos valores de “Tensão – U ” e “Corrente Elétrica – i ”, reportou-se, também, maiores temperaturas de deposição.

- Microestruturas dos corpos-de-prova.

As análises metalográficas dos corpos-de-prova mostraram que, com os aumentos dos valores de “Tensão – U ” e “Corrente Elétrica – i ”, ocorreram aumentos significativos nos tamanhos de grão dos materiais, visto o aumento da temperatura durante o processo de soldagem.

- *Durezas dos corpos-de-prova.*

Os ensaios de dureza mostraram que, após os processos de soldagem, independentemente dos valores de “*Tensão – U*” e “*Corrente Elétrica – i*”, a dureza do “metal de base” permaneceu, aproximadamente, com o mesmo valor de dureza reportado na condição de “como recebido”. Por outro lado, no “metal de solda”, os maiores valores de dureza foram registrados para os menores valores de “*Tensão – U*” e “*Corrente Elétrica – i*”, que geraram a menor temperatura de deposição.

- *Produtividade.*

Em termos de produtividade, a melhor condição estabelecida foi a “*Condição de Soldagem II* $\Rightarrow U_2 = 28 \text{ V}$ e $i_2 = 250 \text{ A}$ ”, pois ocasionou o menor o tempo líquido total de execução dos cordões de solda, com o valor de $t_2 = 2 \text{ min } 18 \text{ s}$ ($t_2 = 138 \text{ s}$) – valor nominal, referente a seis cordões de solda.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Welding Society – AWS A3.0M/A3.0:2010 – Standard Welding Terms and Definitions – Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying, 2010. <www.aws.org>.
- ASME – American Society of Mechanical Engineers, 2018. <<https://www.asme.org/>>.
- ASTM – American Society for Testing and Materials, 2018. <<https://www.astm.org/>>.
- Colpaert H., 2008. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. 4ª Edição. São Paulo: Editora Blucher. ISBN: 978-85-212-0449-7.
- ESAB – Apostila de Eletrodos Revestidos, 2018. <www.esab.com.br>.
- HYUNDAI Welding Co., Ltd., 2018. <<https://www.hyundaiwelding.com/>>.
- Marques P. V., Modenesi P. J., Bracarense A. Q., 2009. Soldagem – Fundamentos e Tecnologia. 3ª Edição. Minas Gerais: Editora UFMG.
- Svetsaren – The ESAB Welding and Cutting Journal. MIG/MAG Welding and Related Processes, 2003. Vol. 58, Nº 2. <www.esab.com.br>.
- USIMINAS – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A., 2018. <www.usiminas.com>.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os Autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

HEAT SUPPLY INFLUENCE ON THE MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF THE STRUCTURAL-STEEL ASTM A36 SUBMITTED TO “TUBULAR WIRE” WELDING PROCESS

Abstract. As a function of the heat conditions observed in welding, the purpose of this work is to analyze the effects of different heat magnitudes absorbed by structural-steel ASTM A36 during the “tubular wire” welding process. Then, for this research objective, different welding conditions have been established, varying the electric tension and the electric current, which caused the variation of the temperature and deposition rate. During the deposition processes of the weld beads, it has been reported that with the increase of the values of the electric tension and electric current were necessary fewer passes for the full fill of the weld beads, due to increase of the deposition rates. Besides, the deposition temperature increases as a function of the electric tension and electric current, like the grain sizes. Finally, the hardness tests showed that, independently of the electric tension and electric current values, the hardness of the “base metal” remained, approximately, with the same hardness value compared with the condition of “as received”; in other hand, in the “welding metal”, the higher hardness values have been registered for the lower values of electric tension and electric current.

Key-words: Structural-steel ASTM A36, “tubular wire” welding, microstructure, hardness.