

COBEF2017-0906 – EFEITO DO ÂNGULO DA TOCHA NA PENETRAÇÃO DO CORDÃO COM TRANSFERÊNCIA METÁLICA POR SPRAY

Priscila Eduarda Kraft Lopes, priscila.kraft@gmail.com¹

Adriano Albino Machado, amachado@ifsc.edu.br¹

Fernando Henrique Gruber Colaço, fernandogruber@ifsc.edu.br¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina, Rua dos Imigrantes 445, Bairro Rau – Jaraguá do Sul – CEP 89254-430.

Resumo: O processo de soldagem GMAW é a opção natural das indústrias quando há necessidade de automatizar um processo de soldagem em razão de sua versatilidade e baixo custo. Geralmente quando se automatiza um processo de soldagem objetiva-se incrementar ao máximo a produção, reduzindo-se os tempos de fabricação. Em razão disto, muitas vezes opta-se por utilizar a transferência por spray, que possibilita maiores taxas de deposição em menores intervalos de tempo. Como inconveniente, em razão da maior potência de soldagem utilizada, pode haver penetração excessiva do cordão resultando em alguns casos em descontinuidades no cordão soldado. A utilização de ângulo de ataque da tocha no sentido empurrando resulta em diminuição na penetração do cordão soldado. Com base no supracitado este trabalho estudou os percentuais obtidos na redução da penetração do cordão na união de chapas planas de aço-carbono com espessura de 4,2 mm, em razão da utilização de inclinação de 0°, 15° e 30°, e distância entre bico de contato - peça de 18 mm e 23 mm. Como principal resultado, houve uma redução na área de penetração do cordão de solda devido ao aumento da inclinação da tocha de soldagem resultando na mudança da morfologia da área de penetração.

Palavras-chave: Geometria do cordão, DBCP, Spray.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é atualmente o método mais utilizado para a união permanente de metais. Mais de cinquenta processos diferentes são empregados atualmente na indústria. A grande diversidade de processos atuais está relacionada com os avanços tecnológicos obtidos nos últimos anos (Uller, 2016).

Os processos de soldagem a arco elétrico (GMAW, TIG e eletrodo revestido) são os mais utilizados e reconhecidos industrialmente. Dentre estes, o GMAW se destaca frente aos outros por apresentar maiores níveis de taxa de deposição e de velocidade de soldagem, consequentemente, maior capacidade de produção (Quites, 2012). Além das características supracitadas, o GMAW é um processo adequado para a automatização (Machado, 1996).

As características geométricas (largura, penetração, reforço, área depositada e área fundida) dos cordões soldados por GMAW tem dependência dos parâmetros dos procedimentos de soldagem. Dentre os parâmetros de soldagem destacam-se: tensão, corrente elétrica, DBCP (distância bico de contato peça), ângulo de inclinação da tocha de soldagem, velocidade de soldagem, tipo e vazão do gás de proteção. A geometria do cordão também tem relação com os parâmetros de oscilação do arco elétrico: amplitude, frequência e direção (Ponomarev e Scotti, 2008).

A tensão e a corrente elétrica de soldagem empregadas para determinada aplicação de soldagem, estão relacionadas com o diâmetro do arame utilizado e também da espessura da chapa que está sendo unida. A razão entre o produto das integrais das tensões e das correntes médias de soldagem pela velocidade média de soldagem compõem a energia de soldagem empregada (Quites, 2012).

Quando se aumenta a velocidade de soldagem visando aumentar a produção, há por consequência aumento também da corrente e da tensão de soldagem, de forma a se manter a energia de soldagem. Conforme Resende et al. (2009) o aumento da corrente elétrica de soldagem propicia um aumento na penetração do cordão de solda, visto que, como consequência há um aumento da pressão exercida pelo arco elétrico sobre a poça fundida em função da maior concentração de campos eletromagnéticos. Além disto, o aumento da corrente resulta no aumento da velocidade das gotas e este fato também influencia no aumento da penetração do cordão.

Aplicações de revestimentos através de processos de soldagem requerem uma menor penetração do cordão (Resende e Scotti, 2015). Para estes casos é necessário utilizar de estratégias que contribuam para a redução da penetração do cordão. Uma alternativa comumente utilizada é inclinar a tocha de soldagem no sentido empurrando a poça de fusão.

A inclinação da tocha de soldagem influencia na geometria do cordão. Quando o eletrodo é inclinado contra o sentido da solda, o jato de plasma empurra o metal líquido para trás e desta forma o arco incide de maneira mais direta sobre o material de base, nesta situação há um aumento na penetração. Em contra partida quando o eletrodo está inclinado a favor do sentido de soldagem, o jato de plasma espalha o material líquido, resultando num cordão de menor penetração (Quites, 2012).

O fato supracitado acima foi constatado por meio de experimentos realizados por Resende e Scotti (2015). Neste estudo os autores observaram, utilizando o processo Plasma – MIG, que utilizando o ângulo da tocha no sentido empurrando há uma diminuição na penetração do cordão, quando comparado com a utilização de ângulo da tocha neutro ou no sentido puxando.

A literatura também relata que a distância bico de contato peça (DBCP) está relacionada à intensidade de corrente requerida para fundir um determinado volume de material de adição. Souza e Scotti (2009) comprovaram que aumentando-se a DBCP consegue-se fundir a mesma quantidade de material com menor intensidade de corrente. Segundo os autores foi possível reduzir de 172 A para 150 A apenas incrementando a DBCP em 4 mm. Desta forma, é possível aumentar a velocidade de soldagem com a mesma intensidade de corrente.

Este trabalho busca investigar qual a real contribuição da inclinação da tocha, num intervalo entre 0 e 30°, na redução na penetração do cordão de solda, mantendo-se constantes os demais parâmetros de soldagem e além disso, investigar se a DBCP influencia na penetração do cordão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nestes experimentos foram depositados cordões de solda em chapas de aço ao carbono AISI 1020 com espessura de 4,2 mm utilizando arame sólido ER70S6 com diâmetro de 0,8 mm. As variáveis deste trabalho foram o ângulo de ataque da tocha de soldagem e a distância entre o bico de contato e a peça. Todos os cordões foram depositados com gás de proteção de 98% Ar e 2% O com vazão do gás em 11,3 l/min, o sentido de soldagem dos cordões foi “empurrando” (positivo) a poça de fusão para as soldas realizadas com ângulo maior que 0°. Para a deposição foi utilizada uma fonte de soldagem denominada SIGMA500 ajustada para soldar em modo de tensão constante operando em corrente contínua com o polo positivo na tocha (CC+). Para o deslocamento da tocha de soldagem foi utilizado um sistema tipo robô cartesiano, com possibilidade de variação na velocidade de soldagem, altura do bico de contato e ângulo da tocha, desenvolvido no laboratório do IFSC. Com a tensão, corrente e velocidade de soldagem (V_{sol}), mantidos constantes para todas as deposições em 34 V, 220 A, 560 mm/min, respectivamente, foram depositados 3 cordões para cada condição de soldagem conforme mostra a Tab. (1). O modo de transferência metálica para a obtenção das soldas foi Spray identificado sonoro visualmente.

Tabela 1: Parâmetros de soldagem utilizados nos experimentos.

Condição	Ângulo (°)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	Vel. Soldagem (mm/min)
1	0	23	34	220	560
2	0	18			
3	15	23			
4	15	18			
5	30	23			
6	30	18			

Os valores da diluição “%Dil” foram realizados na seção transversal dos cordões de solda medidos através das áreas de penetração “Apen” e áreas de reforço “Aref”. As imagens foram obtidas, após preparação metalográfica e ataque químico por aplicação de Iodo, utilizando um microscópio estereoscópio Stemi 2000-C. Neste caso, utilizando o software Image Pro Plus, foi realizada a medição da área transversal de material fundido abaixo da linha horizontal da peça, e encontrada a relação com a área transversal total do cordão solidificado. Com isso pôde-se calcular o percentual de diluição dos cordões de solda pela Eq. (1).

$$\%Dil = \left(\frac{A_{Penetração}}{A_{Penetração} \times A_{Reforço}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

3. RESULTADOS

Este trabalho apresenta como resultados dados que mostram o efeito da distância entre o bico de contato com a peça e do ângulo de ataque da tocha de soldagem na deposição de cordões de solda utilizando a técnica de transferência por “Spray” com arame sólido ER70S6 de diâmetro 0,8 mm pelo processo de soldagem GMAW.

3.1. Efeito do Ângulo da Tocha de Soldagem

A Figura (1) apresenta os valores da diluição e de áreas de penetração e reforço dos cordões de solda com as distâncias entre o bico de contato e a peça de 18 e 23 mm, pode ser comparados os valores dos ângulos de 0°, 15° e 30°.

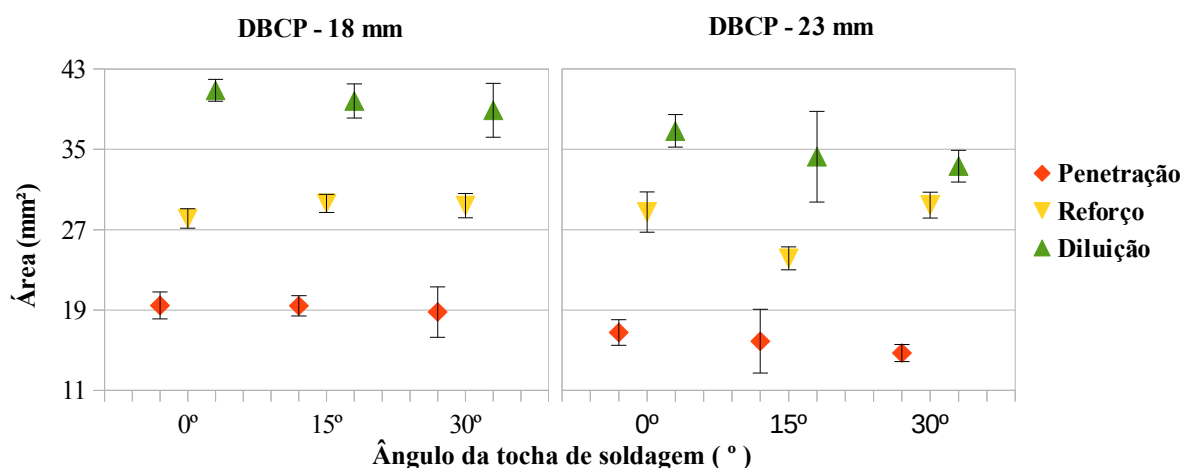


Figura 1: Efeito do ângulo da tocha de soldagem nos valores de diluição e áreas de penetração e reforço dos cordões de solda.

Pode-se observar que há uma tendência de queda no percentual de diluição do cordão de solda com o aumento do ângulo da tocha de soldagem sendo mais relevante com DBCP em 23 mm. Esse comportamento está associado a redução da área de penetração do cordão de solda.

Pode ser visto na Figura (2) o efeito do ângulo da tocha de soldagem nos valores de comprimento de penetração, reforço e largura dos cordões de solda para os valores de distância entre bico de contato – peça de 18 mm e 23 mm.

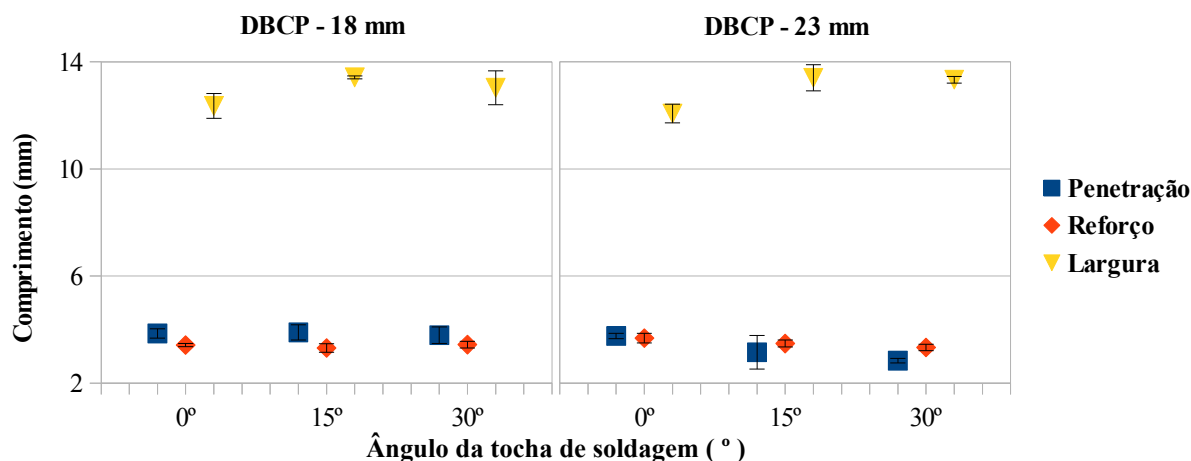


Figura 2: Efeito do ângulo da tocha de soldagem nos valores de comprimentos de penetração, reforço e largura dos cordões de solda.

Os resultados mais relevantes de comprimento foram verificados na largura do cordão de solda, onde houve um aumento destes valores principalmente com o aumento do ângulo da tocha de soldagem. Percebeu-se uma tendência de diminuição dos valores de penetração para a distância entre o bico de contato – peça de 23 mm. Os resultados de reforço do cordão de solda não foram significativos podendo ser confirmado visualmente antes da preparação da seção transversal dos corpos de prova. Os valores de comprimento medidos na seção transversal do cordão de solda não representam confiabilidade na determinação da geometria da solda, sendo que para uma mesma penetração, pode-se ter diferentes áreas do cordão penetrado. Os dados lineares de largura do cordão de solda são importantes para determinar a diluição, onde em menores valores de corrente de soldagem, a área do reforço aumenta com o aumento da largura do corão de solda reduzindo os valores de diluição. Para elevados valores de corrente de soldagem há mais penetração do cordão e o aumento da largura do cordão intensifica a área de penetração, consequentemente aumentando os valores de percentual de diluição dos cordões de solda.

3.2. Efeito da Distância entre o Bico de Contato e a Peça

Na Figura (3) pode ser visto os resultados da diluição e de áreas de penetração e reforço dos cordões de solda nos ângulos de 0°, 15° e 30°, pode ser comparados os valores de 18 e 23 mm de distância entre o bico de contato e a peça.

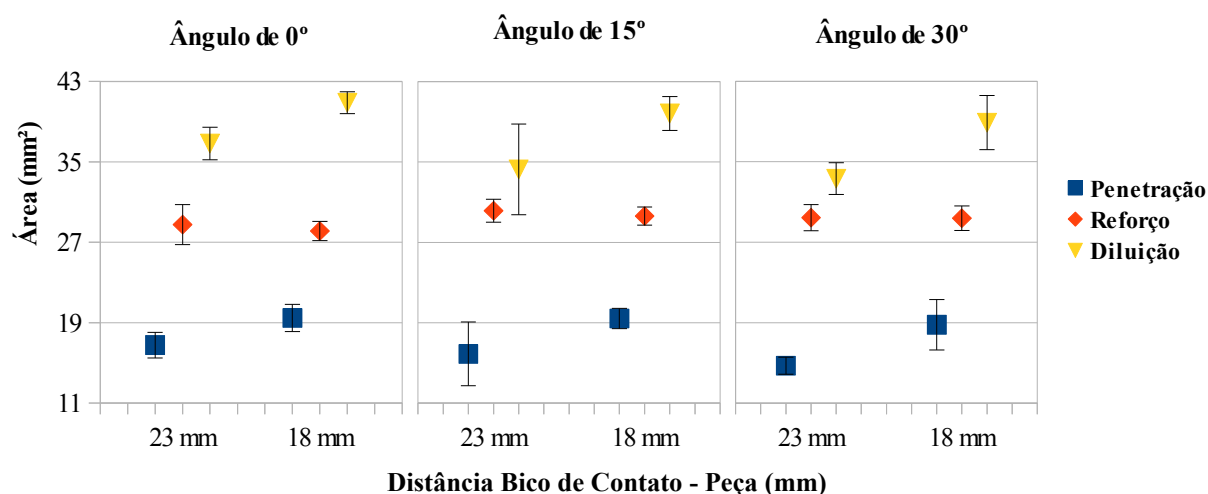


Figura 3: Efeito da BDCP nos valores de diluição e áreas de penetração e reforço dos cordões de solda.

É possível verificar que a área de reforço não apresentou relevantes variações aumentando a importância da área de penetração influenciando nos valores de diluição dos cordões de solda. Independente do ângulo da tocha, a condição de soldagem de DBCP 18 mm apresentou maiores valores de área de penetração. Desta forma, justifica-se os menores valores percentuais de diluição para as soldas realizadas com bico de contato distante da peça em 23 mm para os três ângulos de tocha testados.

Na Figura (4) é possível visualizar os valores de penetração reforço e largura dos cordões de solda, pode-se avaliar a diferença entre BDCP de 18 mm e 23 mm para os ângulos de tocha de 0°, 15° e 30°.

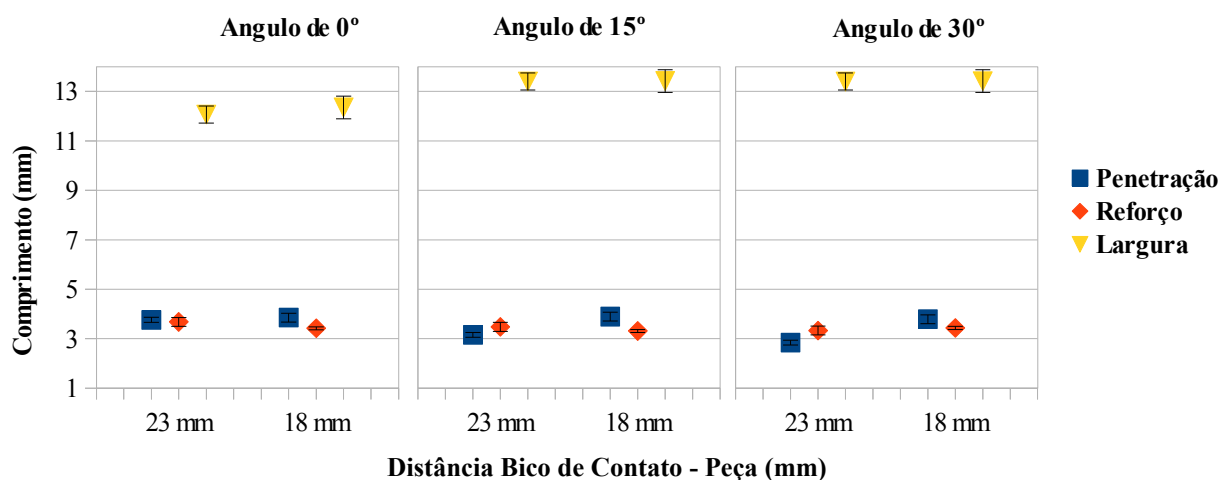


Figura 4: Efeito da BDCP nos valores de comprimentos de penetração, reforço e largura dos cordões de solda.

Como mencionado anteriormente, a geometria do reforço não apresentou variações significativas independente da distância entre o bico de contato – peça e ângulo da tocha de soldagem. O comprimento de penetração apresenta um aumento da tendência de variação significativa com o aumento do ângulo da tocha para 30°, ou seja, neste valor é apresentado a maior diferença, sendo o menor comprimento com DBCP de 23 mm com valor menor que 3 mm. Já a largura dos cordões, também, não apresentaram diferenças significativas com os valores dos ângulos da tocha utilizados.

A Figura (5) mostra as imagens da seção transversal dos cordões depositados com ângulos de tocha de soldagem de 0°, 15° e 30°, além das distâncias entre o bico de contato – peça de 18 mm e 23 mm. Pode-se verificar uma tendência de diminuição da área de penetração dos cordões de solda com o aumento do ângulo de inclinação da tocha de soldagem para as duas distâncias entre o bico de contato e a peça utilizadas neste trabalho, resultados semelhantes aos de Resende e Scotti (2015). Quites (2012) descreve que esse comportamento é explicado pela incidência do jato de plasma para a frente do cordão de solda espalhando o metal líquido, resultando em um cordão com menor penetração.

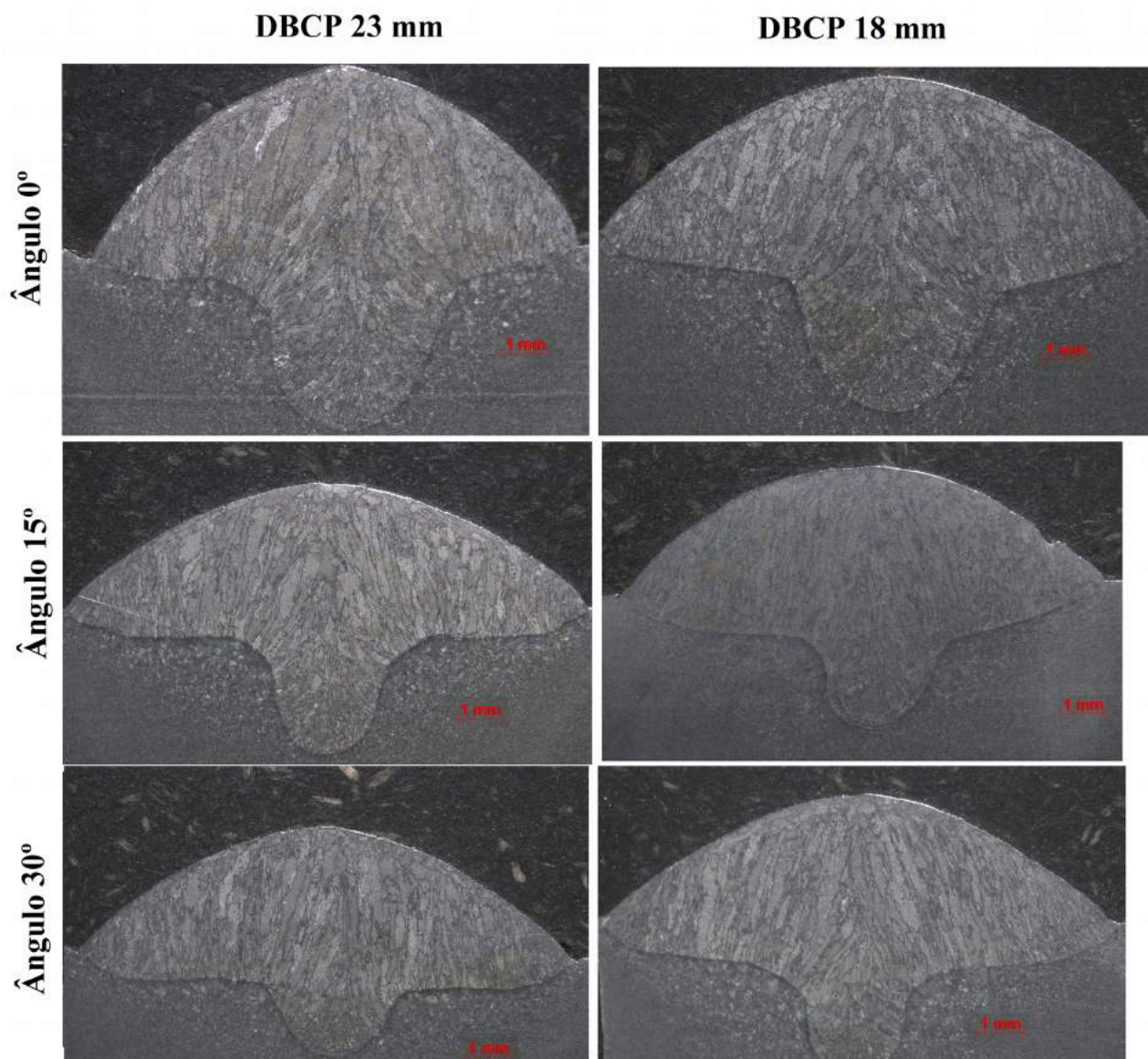


Figura 5: Seção transversal dos cordões de solda.

4. Conclusões

Com a realização deste trabalho pode se concluir que:

- O aumento do ângulo da tocha de soldagem é significativo na redução da área de penetração do cordão de solda e consequentemente na diluição, visto que a área de reforço do cordão não apresentou relevantes variações. Valores de largura do cordão tendem a aumentar com a inclinação da tocha de soldagem.
- A variável distância entre o bico de contato – peça influenciou somente nos valores comprimento e de área de penetração no cordão de solda. Valores de largura e reforço não foram influenciados pela DBCP. Maiores valores de penetração foram obtidos com menores valores de DBCP, ou seja, 18 mm.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina pela oportunidade da realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Quites, A.M., 2012, “Introdução à soldagem a arco voltaico”, 2º edição, São Paulo, Brasil, pp. 345.
Machado, I.G., 1996, “Soldagem e Técnicas Conexas”, Vol. 1, pp. 477.

- Ponomarev, V. e Scotti, A., 2008, “Soldagem MIG/MAG Melhor Entendimento Melhor desempenho”, São Paulo, Brasil, pp.284.
- Resende, A. A. D. e Scotti, A., 2015, “Influência dos Níveis das Correntes, Ângulo de Inclinação da Tocha e Distância entre a Tocha e a Peça sobre a Geometria do Cordão de Solda Usando “Plasma-MIG” com Arcos Concêntricos”. Soldagem e Inspeção, Uberlândia, Brasil, pp. 501-514.
- Souza, D., Resende, A. A. D. e Scotti, A., 2009, “Um Modelo Qualitativo para Explicar a Influência da Polaridade na Taxa de Fusão no Processo MIG/MAG”, Vol. 14, Soldagem e Inspeção, São Paulo, Brasil, pp. 6.
- Uller, J.C., Bonacorso, N.G., Machado, A.A., F. C.S., Romani, D.P., Laiño, F.R., 2016, “Processo GMAW com CO2 Aquecido”, Florianópolis, Brasil.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

COBEF2017-0906 - APPLICATION A TORCH ATTACK ANGLE TO DECREASE BEAD PENETRATION IN THE GMAW SPRAY

Summary: *The GMAW process is the natural choice of industries when there is a need to automate a welding process because of its versatility and low cost. Generally when automating a process of objective welding is to maximize the production, reducing manufacturing times. Because of this, it is often chosen to use spray transfer, which allows for higher rates of deposition in shorter intervals of time. As an inconvenience, because of the higher welding power used, there may be excessive penetration of the cord resulting in some cases in discontinuities in the welded cord. The use of the angle of attack of the torch in the pushing direction results in a decrease in the penetration of the welded bead. Based on the aforementioned, this work studied the percentages obtained in the reduction of bead penetration in the union of flat plates of carbon steel with a thickness of 4.2 mm, due to the use of inclination of 0°, 15° and 30°, and distance between nozzle of contact - piece of 18 mm and 23 mm. As a main result, there was a reduction in the area of penetration of the weld bead due to the increase of the welding torch inclination resulting in a change in the morphology of the penetration area.*

Key-Words: *Geometry of bead, DBCP, Spray.*