

16. Solda à Gás

16.1. *Introdução*

Solda feita por aquecimento das peças com chama obtida de gases oxí combustíveis é chamada de “Solda a gás”. Este processo foi introduzido industrialmente em 1903 e foi usado extensivamente, aproximadamente, por meio século. No entanto, com o desenvolvimento de métodos mais sofisticados é agora largamente usado para unir componentes e reparo de metais ferrosos e não-ferrosos. Como processo não requer eletricidade algumas vezes seu uso é indispensável, principalmente onde não existe eletricidade.

A intensidade do calor gerado na chama depende da mistura gás oxí combustível a uma determinada pressão dos gases. O oxigênio é utilizado para proporcionar combustão do gás mas pode ser usado ar comprimido no lugar do oxigênio, mas isto proporciona uma baixa eficiência térmica e conseqüentemente redução na velocidade de soldagem; a qualidade da solda também é afetada. A escolha do gás, é importante, pois permite obter uma velocidade de soldagem e uma qualidade desejada no cordão de solda.

16.2. *Gases*

O gás geralmente empregado é o acetileno, outros gases além do acetileno podem ser empregados embora os mesmos fornecem menos intensidade de calor e conseqüentemente uma menor temperatura. Estes gases podem utilizar tanto o oxigênio e o ar para manter a combustão (16.1).

Algumas vezes o gás de carvão, vapor de querosene e de petróleo são também usados como gás combustível.

Tabela 16.1 - Temperatura máxima de combustão com diferentes gases

Gás combustível	Temperatura de combustão	
	Com oxigênio	Com ar
Acetileno - (C ₂ H ₂)	3480	2650
Hidrogênio - (H ₂)	2980	2200
Propano - (C ₃ H ₈)	2925	2090
Butano - (C ₄ H ₁₀)	2980	2150
MAPP(Methyl acetylene propadiene)-(C ₃ H ₄)	2925	1470
Gás natural - (CH ₄ e H ₂)	2775	2090

16.2.1. **Propriedades, produção e armazenagem de gases.**

Os gases mais usados em solda de gás oxí-combustível são o oxigênio e o acetileno.

16.2.1.1. *Oxigênio*

É um gás incolor, inodoro, insípido e ligeiramente mais pesado que o ar. Um metro cúbico de oxigênio a 20° C e a uma pressão atmosférica pesa 1,33 Kg. Sobre pressão normal se liquefaz a uma temperatura de -182,9 ° C formando um líquido claro e azulado . Um litro de oxigênio líquido pesa 1,14 Kg e produz 860 litros de oxigênio gasoso na evaporação.

Oxigênio comercial é produzido também por eletrólise da água ou mais usualmente pela liquefação do ar atmosférico. O princípio básico do processo de liquefação é que todos os gases vaporizam a diferentes temperaturas. Então, neste processo o ar será primeiramente forçado a passar através da soda cáustica e com a temperatura baixa de até -194°C na qual se liquefaz todos os componentes do ar. Quando este ar é liquefeito e colocado para evaporar lentamente, o nitrogênio e o argônio vaporizam mais rapidamente deixando para trás oxigênio quase puro que é então evaporado e comprimido dentro de um cilindro de aço a uma pressão de aproximadamente 15 MPa em um recipiente a temperatura de 20°C . O oxigênio está pronto para ser transportado para uso em soldagem ou corte por oxi-acetileno.

Oxigênio comprimido estando em contato com gordura ou óleo oxida-se em uma taxa extremamente rápida, então ocorre auto-ignição e pode explodir. Portanto os cilindros contendo oxigênio devem ser protegidos do contato com lubrificantes.

16.2.1.2. Acetileno.

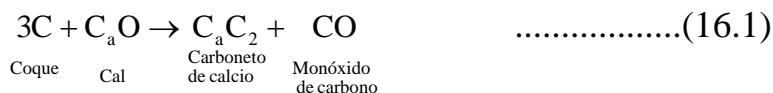
O acetileno industrial é um gás incolor que tem um picante e nauseante odor (cheiro característico de alho) devido a presença de impurezas. Ele é mais leve que o ar por um fator de 1:1 pode ser facilmente dissolve em líquidos.

O gás acetileno a baixas pressões torna-se muito instável, apresenta perigo de explosão; quando comprimido a pressões entre 15 e 20 bar¹ pode detonar por uma simples centelha elétrica, ou uma abertura da chama ou quando aquecido a temperatura de 200°C em uma alta velocidade. O acetileno decompõe de maneira explosiva a uma temperatura abaixo de 530°C .

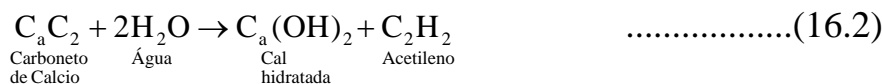
Com apenas pequenas quantidades de mistura de acetileno com oxigênio ou ar, esta mistura pode explodir a pressão atmosférica; isto demonstra o cuidado que se deve ter no manuseio do equipamento de soldagem ou corte por oxi-acetileno.

Se uma mistura oxi-acetileno sai do bocal de uma tocha de gás pode entrar em auto-ignição a uma temperatura de 428°C .

Gás acetileno é produzido por uma reação de água e carboneto de cálcio. Carboneto de cálcio é formado pela fusão de carvão ou antracite com pedra calcária em alta temperatura em um forno elétrico pela seguinte reação:



O carboneto de cálcio produzido será resfriado e comprimido em diferentes tipos de blocos e é reativado com água para produzir acetileno que então purificado pela lavagem com água para limpar dos restos de sulfeto e fósforo.



Na reação acima, dependendo do tamanho do bloco e das impurezas, mas 1 Kg de C_aC_2 gerará 250 a 280 litros de gás acetileno.

Amostras de Carbonato de cálcio menores 2 mm de espessura são classificadas como pó ou talco. Eles podem ser usados apenas em geradores de acetileno especialmente determinados. Se o pó carbonato de cálcio é usado em um simples gerador pode explodir.

¹ 1 bar=10N/cm²=0,1MPa

Acetileno utilizado em solda pode ser acondicionado em cilindro ou gerado diretamente por carbonato de cálcio e água prontos para ser utilizados em soldagem em determinados equipamentos. O acetileno é auto explosivo a pressões abaixo de 2 bar portanto não podem ser comprimidos diretamente dentro de simples cilindros. Cilindros utilizados para estocar acetileno são além de tudo especialmente preparados para armazenar uma emulsão de carvão ou acetona, pedra pomes e terra infusória ou alternativamente silicato de cálcio. Ambos materiais formam aglomerado altamente poroso sendo o último com 92% de porosidade. Esta porosidade é feita para complementar o espaço restante do cilindro mas divide este espaço em pequenas células. O ar é eliminado destas células e os espaços nos poros do material são preenchidos com acetona que é capaz de dissolver 23 vezes seu próprio volume de acetileno para ser comprimido seguramente acima de 17 bar. Acetileno armazenado desta maneira é conhecido como AD (acetileno dissolvido). A pressão do acetileno dissolvido em um cilindro totalmente cheio não deve exceder 1.9 MPa a 20° C.

Quando o acetileno é retirado do cilindro alguma acetona é também levada com ele. Para minimizar a perda de acetona, acetileno não deve ser escoado a uma velocidade maior do que 1700 l/min. Deve deixar no cilindro vazio de acetileno uma pressão positiva de 0,05 a 0,1 MPa a uma temperatura de 20°C, enquanto que em uma temperatura de 35°C a pressão deve ser de 0,3 MPa.

Quando em uso, o cilindro de acetileno deve sempre ficar na posição vertical pois a quantidade excessiva de acetona que pode escapar com acetileno torna a chama com uma cor purpúrea e resulta em uma pobre qualidade de solda.

Embora pode-se usar o acetileno dissolvido, alguns dos usuários preferem produzir o seu próprio suprimento de carbonato de cálcio e água em um equipamento chamado de Gerador de Acetileno. Dois principais métodos podem ser empregados para gerar o acetileno: (i) carbonato com água, e (ii) água com carbonato. O método carbonato com água é mais comum. Ele necessita de pequenas amostras de carbonato para ser adicionado em um reservatório de água como mostrado na figura 16.1. Estes geradores podem ser classificados como unidades de baixa pressão, onde a mesma não deva exceder 10 KPa, unidades de média pressão tem uma pressão de gás 10 -70 KPa e unidades de alta pressão que tem gás de 70 a 150 KPa. Contudo, pressões baixa ou média são mais usadas na prática.

A taxa de produção a baixa pressão de um gerador portátil ultrapassa 850 l/hora. O acetileno produzido em geradores são conhecidos com acetileno gerado.

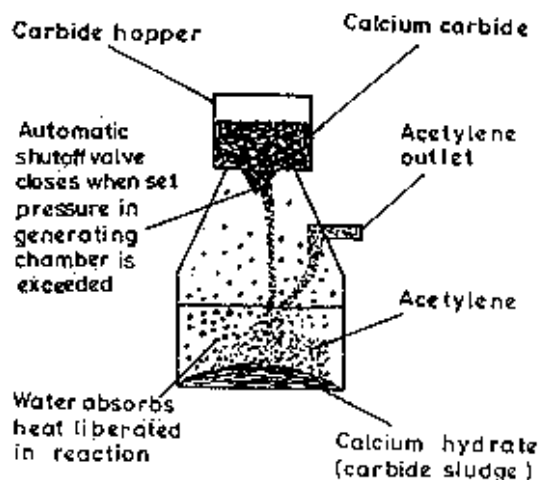


Figura 16.1 – Gerador de acetileno (AWS Handbook)

16.3. *Montagem e Equipamento.*

O tipo de montagem com o mínimo equipamento básico necessário para a solda a gás oxí-acetileno como é mostrado no esquema da figura 16.2 a seguir. Consiste de cilindros de oxigênio e de acetileno, cada um destes cilindros está conectado a uma válvula para regular a saída do gás a uma pressão de trabalho, mangueiras para condução do gás até a tocha de solda com varios tipos de bocais para obtenção de misturas de gases na quantidade e qualidade desejada da chama para solda. Cada unidade destas constituem de partes essenciais no controle e utilização de calor necessário para a solda.

Reguladores de Pressão

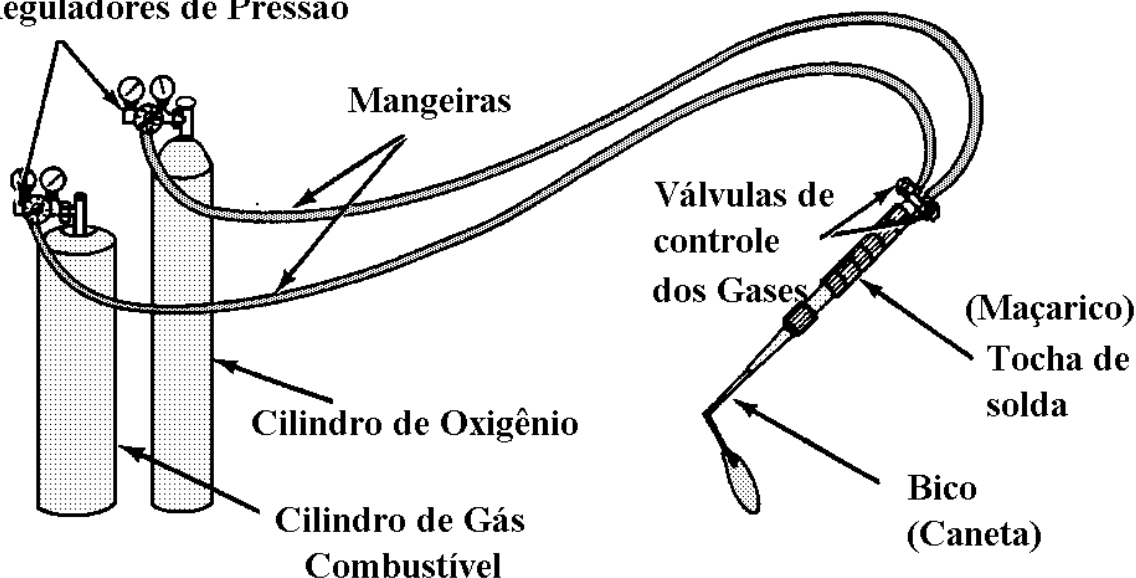


figura 16.2 Montagem padrão para soldagem Oxiacetilética

16.3.1. **Cilindros de Gás comprimido.**

Existe uma variação muito grande dos cilindros de gás comprimido em capacidade, modelo e na cor. Na maioria dos países, no entanto, o tamanho destes cilindros varia entre 6 e 7 m³ e têm cor preta ou verde para oxigênio e marrom para acetileno.

O oxigênio tem que estar armazenado de forma definitiva em cilindros de aço que possa ser usado na soldagem a qualquer instante.

A parte superior do cilindro não é pintada para deixar em evidencia os dados que o fabricante marcou tal como o número de série, peso líquido, data de fabricação, data para próxima inspeção, operação e teste de pressão, capacidade, e inspetor. Por causa da alta pressão nos cilindros de aço e a possibilidade de deterioração das paredes do cilindro de gás comprimido é necessário que sejam testados em intervalos regulares de cinco anos. Cilindros de oxigênio necessitam ser testados periodicamente com pressão de água acima de 2375 N/m².

Logo após o uso, uma pressão positiva de oxigênio deveria ser sempre deixada nos cilindros de forma que possam ser identificados para carga e recarga.

Quando a temperatura ambiente passa de 20⁰C, a pressão dos cilindros aumenta correspondentemente. Então, a pressão pode aumentar demais podendo romper o cilindro, um nipe de segurança é então colocada na válvula como mostrado na figura 16.3.

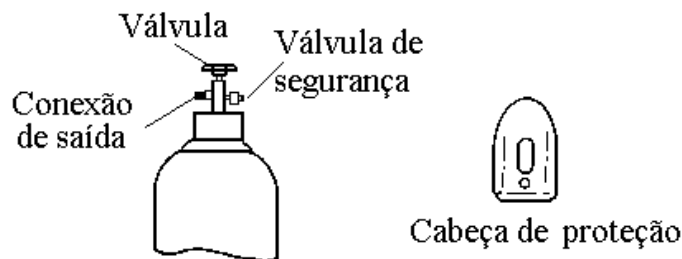


Figura 16.3 – Dispositivo de segurança colocado no cilindro de oxigênio.

O sistema de segurança para o cilindro de oxigênio é conectado uma válvula especial de dupla posição que pode ser operada completamente aberta ou fechada. A posição mais baixa da válvula fecha ou lacra o cilindro durante a carga e a posição mais alta impede a saída de oxigênio do mecanismo de válvula quando a mesma é totalmente aberta. Operando com a válvula parcialmente aberta resulta no vazamento de oxigênio para a atmosfera. Portanto, é importante lembrar-se que o cilindro de oxigênio deve estar com a válvula totalmente aberta ou totalmente fechada.

Cilindros de aço usados para armazenar acetileno dissolvido são providos com *plugs* de segurança em seu topo e em nipe para permitir o escape de acetileno ou acetona em caso de fogo e estes *plugs* derretem em temperaturas baixas como 105° C.

16.3.2. Válvulas

Todas as válvulas são constituídas e operadas no mesmo princípio. A função delas é fechar o ar comprimido ou liquefeito no cilindro. Cada válvula consiste de uma haste que pode ser movida para cima ou para baixo pela rotação de um disco que girado pode levantar ou abaixar a placa da válvula abrindo ou fechando o cilindro.

Válvulas para cilindros de oxigênio são feitas de latão que não é corroída quando exposta ao oxigênio. Reguladores de pressão do oxigênio são conectados às válvulas dos cilindros. Válvulas ajustadoras no cilindro de oxigênio devem ser mantidas limpas e livres de óleo ou graxa. Estas válvulas podem ser usadas em cilindros contendo nitrogênio, argônio, ar comprimido e dióxido de carbono.

Válvulas para cilindros de acetileno são feitas de aço porque ligas contendo mais de 70 % de cobre quando expostas ao acetileno por longo tempo reage com ele para formar acetileno de cobre e formando dentro um gel que pode dissociar violentamente ou explodir até quando for apenas ligeiramente lacrado ou tapado. Reguladores de pressão são conectados às válvulas de cilindro de acetileno por cliques, e a válvula é aberta e fechada com uma chave de boca especial.

Os dutos das válvulas são todos dimensionados para adaptar a uma espécie particular de cilindros para evitar o uso de um tipo errado de válvula em um cilindro.

O maior dano causado às válvulas pode ocorrer durante o transporte dos cilindros. Uma capa protetora, como mostrada na figura 16.3, ou uma capa de segurança deve ser colocada sobre a válvula para garantir contra a possibilidade de dano a mesma e conseqüentemente vazar gás para a atmosfera. Se caso ocorra um acidente com o cilindro de oxigênio o veículo de transporte pode tornar-se uma bomba destruindo qualquer coisa em seu caminho. Qualquer outra eventualidade pode ser evitada pela colocação da capa sobre as válvulas dos cilindros.

Cilindros podem tornar-se um perigo se transportados então todas as precauções devem ser tomadas para evitar qualquer inconveniente. O modelo prático de ligação de um cilindro ao seu porta cilindro ou a uma grade tão rígida quanto uma parede deve ser estritamente adotado.

16.3.3. Reguladores de Pressão

Reguladores de pressão de gases são necessários para reduzir a pressão do gás em um cilindro ou controlar a pressão usada na tocha de solda. O princípio de construção de reguladores para diferentes gases é o mesmo, isto se deve sempre por causa da pressão que eles são submetidos para controlar diferentes soldagens de gás a gás (por exemplo 150 bar para oxigênio e 17 bar para o acetileno) além do mais eles são designados para manter respectivamente diferentes pressões. Isto ocorre porque um regulador de gás é usado apenas para o gás para o qual ele é designado. Para evitar confusão e perigos, a conexão para gases combustíveis e tubos de oxigênio têm roscas diferentes e correspondentes ao filetes das válvulas, um tem rosca direita o outro com rosca esquerda.

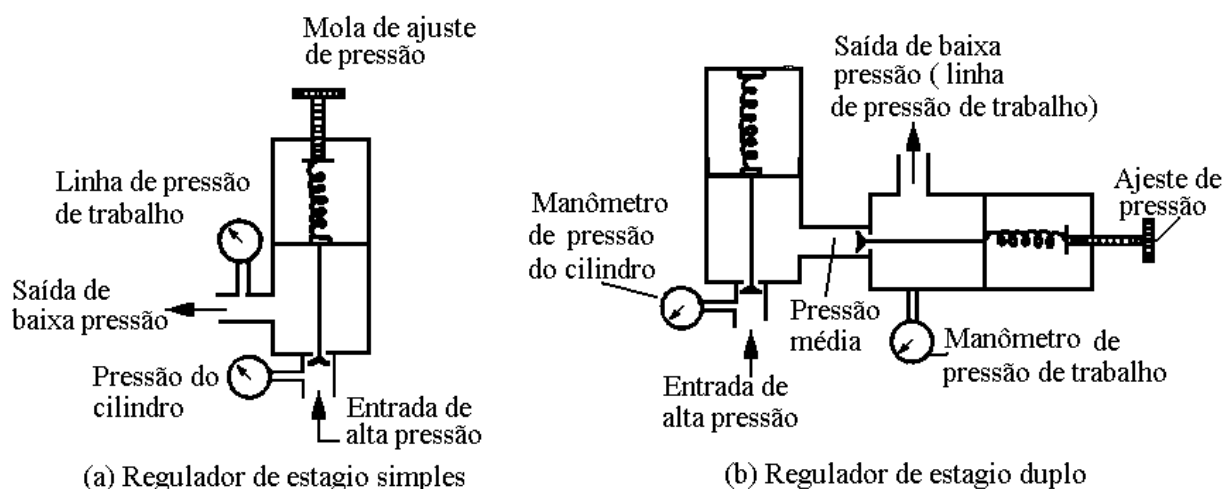


Figura 16.4 – Representação esquemática de um regulador de gás de um estágio e de dois estágios.

Existem dois tipos de reguladores, com um e dois estágios. Esquema representativo para os dois tipos de reguladores são mostrados na figura 16.4. Um regulador de um único estágio reduz a pressão do gás no cilindro para a pressão de trabalho em um único passo. Os reguladores necessitam de calibração de tempo em tempo para garantir a redução de pressão do gás de trabalho.

Em reguladores de dois estágios a pressão do cilindro é reduzida para a pressão de trabalho em dois passos. No primeiro passo o gás do cilindro é reduzido a um valor intermediário e no segundo passo a pressão intermediária é reduzida a pressão de trabalho na tocha de solda. Por exemplo, em reguladores de oxigênio de dois estágios a pressão é reduzida de 15 MPa a 5 MPa no primeiro estágio e de 5 MPa para próximo da pressão atmosférica no segundo estágio.

Reguladores de dois estágios garantem um exato controle de pressão e evita a necessidade de reajustar o regulador com o decaimento da pressão no cilindro. Contudo, o reguladores de dois estágios têm um custo maior.

Todos os reguladores de gás trabalham com o princípio de igualar a pressão em ambos os lados do diafragma de controle como é mostrado na figura 16.5 seguinte.

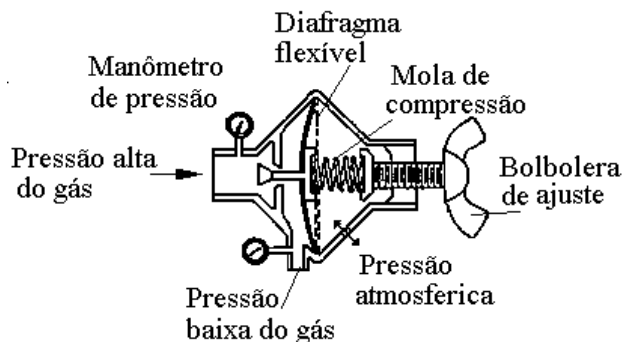


Figura 16.5 – Operação de um regulador de gás de um estágio

16.3.4. Mangueiras

O acetileno e oxigênio são levados do cilindro para tocha de solda por meio de mangueiras feitas de borracha reforçada com as cores vermelha, preta ou verde, capaz de conduzir os gases em linhas com altas pressões a uma temperatura moderada. Mangueiras de cor verdes são destinadas para o oxigênio e as conexões são feitas com nipples de rosca plana e a direita.

Mangueiras vermelhas são usadas para levar gás combustível com porca diferenciada com rosca a esquerda para conectar na saída do regulador de pressão e na conexão com a tocha. Na indústria normalmente usa mangueiras pretas para transportar outro gás combustível.

Estas mangueiras são especificadas pelo diâmetro interno. Os diâmetros nominal interno mais comum são 3.2; 4.8; 6.4; 7.9; 9.5 e 12.7 mm e são comercializadas em comprimentos de 4,5 até 20 metros, mangueiras especiais podem ser utilizadas com comprimentos até 40 metros.

Mangueiras para o acetileno, gás LP, e combustíveis líquidos são projetados para trabalhar a uma pressão de até 0.6 MPa e para o oxigênio para uma pressão de trabalho de até 1.5 MPa.

Devem tomar as devidas precauções de não colocar ou deixar as mangueiras em cima de metais quentes e em temperaturas abaixo de -35°C , é necessário que mesma seja constituída de borracha resistente para suportar baixas temperaturas.

Uma tocha de soldagem tem o propósito de fornecer volumes corretos de gás combustível e de oxigênio, e misturá-los adequadamente para a combustão para atender as especificações da solda projetada. O fluxo de gás na tocha é controlado com a ajuda de duas válvulas localizada no punho da tocha como mostra na figura 16.6.

Existem dois tipos básicos de maçarico de solda: de pressão positiva - Tipo misturador (também chamado de média pressão) e de baixa pressão ou tipo injetor.

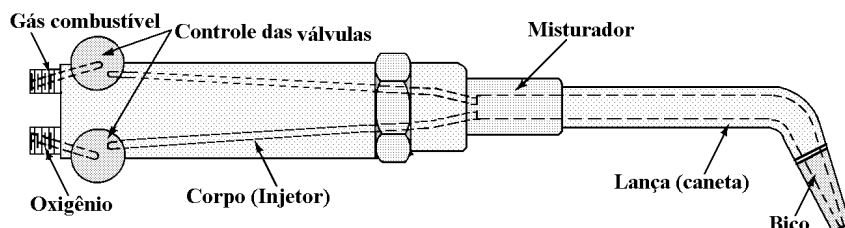


Figura 16.6 – Tocha de soldagem de oxi-acetileno

O maçarico de pressão positiva é o mais comum dos dois tipos. Este tipo requer que os gases sejam conduzidos a chama a uma pressão normalmente acima de 7 KPa. Geralmente a pressão para o acetileno é entre 7 a 105 KPa. O oxigênio é usualmente fornecido a mesma pressão que o acetileno, no entanto não existe restrição referente a pressão do oxigênio que pode ser de até 175 KPa para utilização de maçaricos maiores.

Maçarico Misturador - Média Pressão

O oxigênio entra em ① O gás comb. entra através das portas ② ao redor da porta do Oxig. ③ Os gases se misturam a medida que flue.

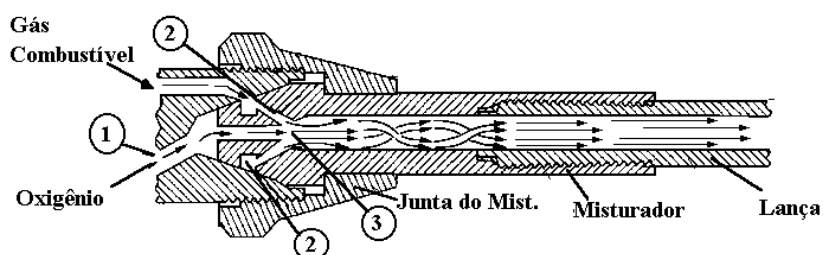


Figura 16.7 – Gás fluindo com pressão positiva em um maçarico para soldagem oxiacetileno

Maçarico Injetor - Baixa Pressão

O oxigênio flui através da passagem ① através do venturi ② e aspira o gás comb. para câmara de mistura. ③

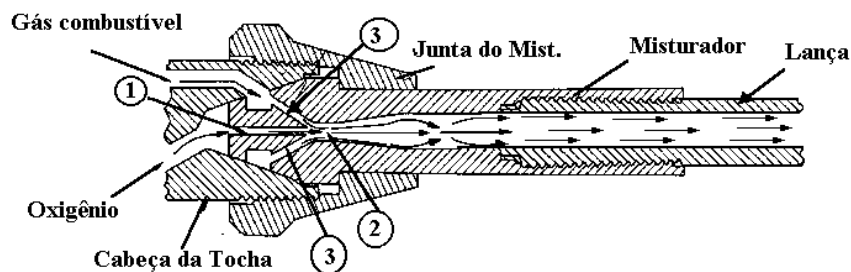


Figura 16.8 – Gás fluindo em um maçarico injetor para soldagem oxiacetileno.

A câmara de mistura no maçarico misturador (pressão positiva) permite que ambos gases escoem juntos na mesma quantidade. A forma de fluxo dentro da câmara de mistura e no orifício do bocal e mostrado de acordo com o esquema da figura 16.7.

Em um maçarico do tipo injetor, o oxigênio é fornecido a uma pressão de 70 a 275 KPa para succionar o acetileno que está a uma pressão de 7 KPa ou menos. A velocidade relativamente alta de oxigênio ajuda na drenagem do gás combustível que poderia então ser fornecido a pressões mais baixas ainda. A baixa pressão do acetileno restante mantém estável e a mistura de gases é mantida constante. A câmara de mistura para uma maçarico do tipo injetor é mostrada na figura 16.8.

A exata localização de uma câmara de mistura em um dado maçarico é normalmente determinado pelo seu tipo; chamas menores têm a câmara de mistura um bocal de seção removível da chama enquanto que tipos maiores têm o corpo fixo.

16.3.5. Bicos

O bico da tocha de solda é a parte na qual se localiza na frente onde ocorre a mistura de gás, esta mistura é feita internamente a tocha antes que de entrar em ignição para dar a chama desejada. Os bicos possibilitam o soldador guiar e direcionar a chama para o trabalho com facilidade e eficiência.

Os bicos de solda são geralmente feitos de ligas a base de cobre de alta condutividade térmica suficiente para reduzir o risco de super aquecimento.

Os bicos de solda são feitos de diferentes tamanhos e podem ser inteiriço, isto é de apenas uma peça ou duas como mostrado na figura 16.9. O tamanho e tipo do bico de solda é determinado pelo diâmetro de seu orifício. O tipo de bico de solda feito para realizar um dado trabalho é determinado pelo metal a ser soldado e sua espessura. A vantagem do bico de solda de duas peças é que ao invés de trocar o bico completo é preciso trocar apenas a cabeça do bico ou encaixar uma pequena parte no seu final.

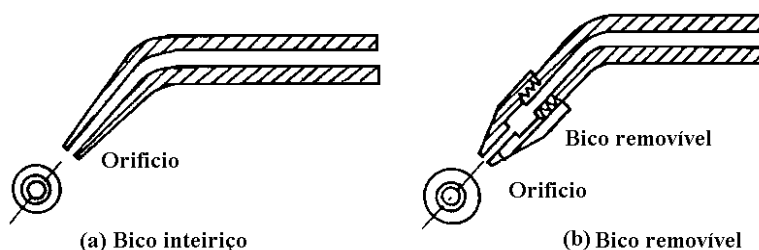


Figura 16.9 - Bicos de Solda tipo inteiriço e outro com duas peças.

O número gravado no bico de um maçarico misturador (pressão positiva) geralmente indica o pressão de trabalho do gás, tanto para oxigênio, como para acetileno, requerida para ter uma solda eficiente enquanto para um maçarico do tipo injetor indica a pressão do oxigênio necessária para a câmara de mistura.

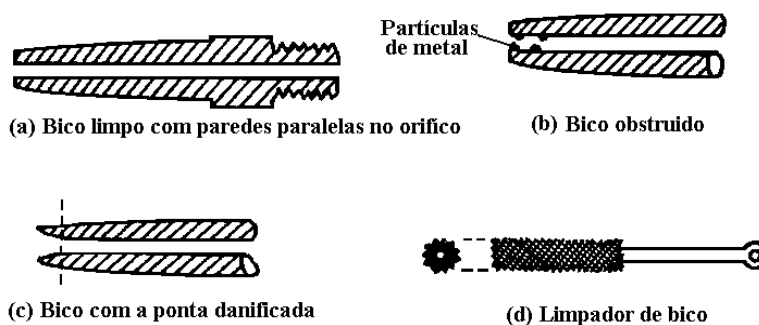


Figura 16.10 - Bicos limpo, sujo e danificado com um limpador de bico.

16.3.6. Limpadores de bicos e Acendedores

Para controlar a chama de gás oxí combustível é essencial que o orifício do bico de solda esteja limpo, liso e paralelo como mostrado na figura 16.10-a. Se este orifício estiver sujo, gasto ou obstruído com salpico de metal etc. como mostra a figura 16.10-c, a chama será assimétrica e distorcida que pode ser difícil para usar. Se o bico estiver gasto com formato de um sino, figura 16.10-c, será necessário corrigi-lo e se as partículas de metal forem depositada dentro do orifício o mesmo deve ser removidas com a ajuda de um limpador de bico.

Um limpador de bico usado para a limpeza de tochas é feito de um fio com uma superfície rugosa como mostra do na figura 16.10-d, sendo o diâmetro externo corresponde ao diâmetro interno do bico. Na ausência de um limpador de bicos um parafuso do tamanho do orifício do bico pode ser usado, mas deve ter cuidado no momento da limpeza da sujeira ou pingo de solda que estão obstruindo o orifício. Deve ter cuidado para evitar aumento do orifício do bico ou mandrilamento do mesmo pelo uso de tal parafuso.

Para uma correta limpeza e uso apropriado do limpador de orifício, a válvula de oxigênio deve ser mantida aberta com uma pressão mínima de 35 KPa, de forma que a escória de carvão acumulada possa ser removida. Se o tamanho do limpador escolhido não entrar no bico um tipo menor deverá ser usado. Se a passagem do orifício estiver completamente bloqueada ela pode ser reaberta por furação usando uma broca de tamanho apropriado. Se, no entanto, a passagem não puder ser aberta este bico deve ser substituído por outro.

Acendedor por fricção, como mostra a figura 16.11, é universalmente usado para dar ignição ao gás. O mesmo consiste em um pequeno copo para catar e envolver os gases, uma pedra sílex e uma peça de aço serrado para criar faísca por fricção quando a peça sílex for friccionada na peça de aço. O gás inflamável pega o fogo para fornecer a chama para solda.

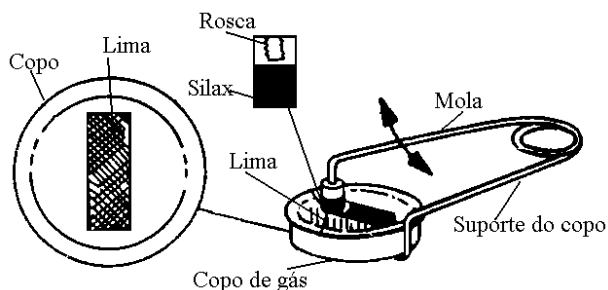


Figura 16.11 Isqueiro por centelhamento

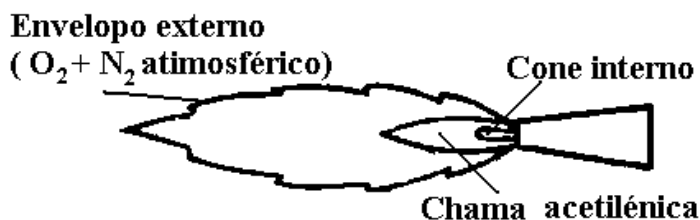


Figura 16.12 - Formato de uma chama oxiacetilênica

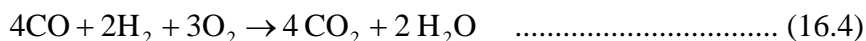
16.4. Chama Oxiacetileno

Estruturalmente como mostrado na figura 16.12, uma chama oxiacetileno consiste de três partes visíveis, uma dentro do cone, uma zona reduzida no meio conhecida como penacho acetileno, uma zona exterior oxidante denominada chama envolvente ou flamejante. Toda a chama é produzida pelo suprimento de aproximadamente volumes iguais de acetileno e oxigênio para a tocha de solda.

O cone interior é uma mistura de oxigênio muito quente e acetileno dissociado e é visto a olho nu pela sua linha exterior aguda e uma luminosidade brilhante. A combustão completa de gases se dá em dois estágios: combustão primária e combustão secundária. A combustão primária começa no limite de fora do cone interno de luminosidade e se estende dentro do penacho de acetileno onde se procede pela seguinte reação.



A distribuição da temperatura ao longo do eixo da chama oxiacetileno é mostrada na figura 16.13, a seguir. A máxima temperatura em torno de 3150°C se encontra entre 2 e 6 mm do começo da zona de combustão, esta distancia cresce com o aumento da taxa de fluxo da mistura de acetileno e oxigênio. Os produtos de monóxido de carbono e hidrogênio produzidos pela reação primária queima na limite exterior da chama que reage com o oxigênio atmosférico que pode ser dado pela seguinte reação:



A combustão completa de um volume de acetileno requer dois volumes e meio de oxigênio; um volume é fornecido pelo cilindro de oxigênio e o restante vem do ar atmosférico.

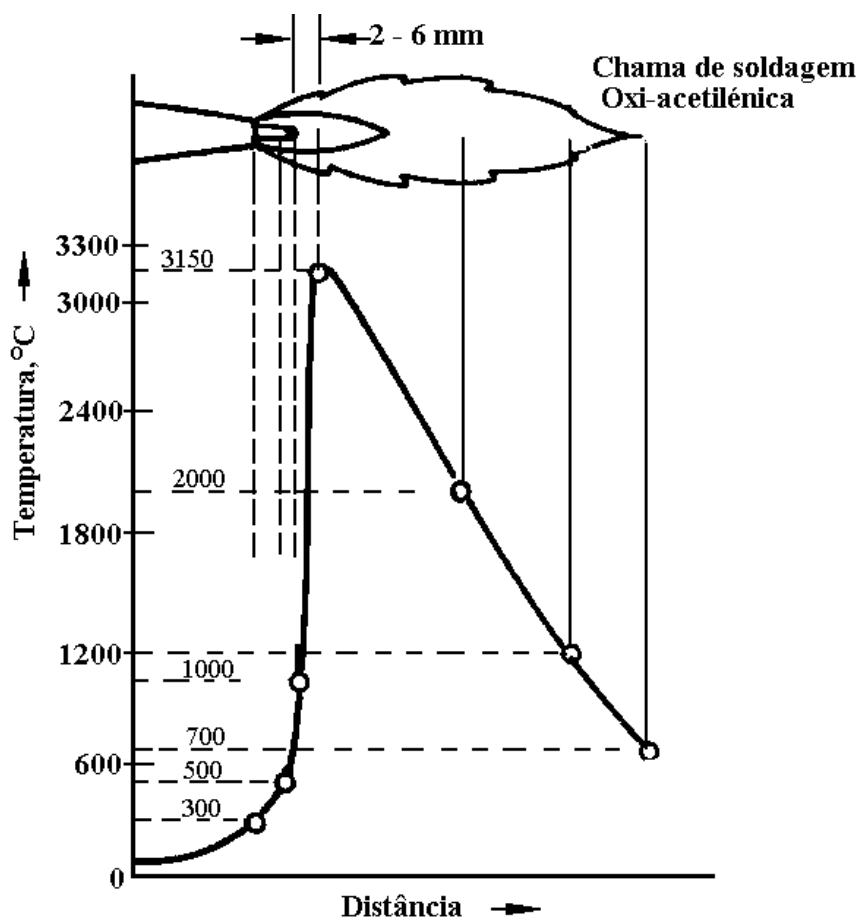


Figura 16.13 - Distribuição de temperatura ao longo do eixo neutro da chama oxiacetilênica.

16.4.1. Tipos de chama

Há três tipos básicos de chama (chama **redutora** ou carburante, chama **neutra** ou balanceada e chama **oxidante**). Além da natureza química, estas chamas também diferem na estrutura e forma.

A chama redutora ou carburante tem excesso de acetileno e é caracterizada por três estágios de combustão ao invés de dois estágios dos outros dois tipos de chama figura 16.14.

O estágio de combustão adicional ocorre no penacho intermediário que pode ser ajustado pelo controle da taxa de fluxo de acetileno. Tal chama é usualmente cotada pelo comprimento do penacho intermediário em termos do comprimento do cone interior. Por exemplo, uma redutora 2X teria o penacho intermediário duas vezes mais comprido que o cone interior.

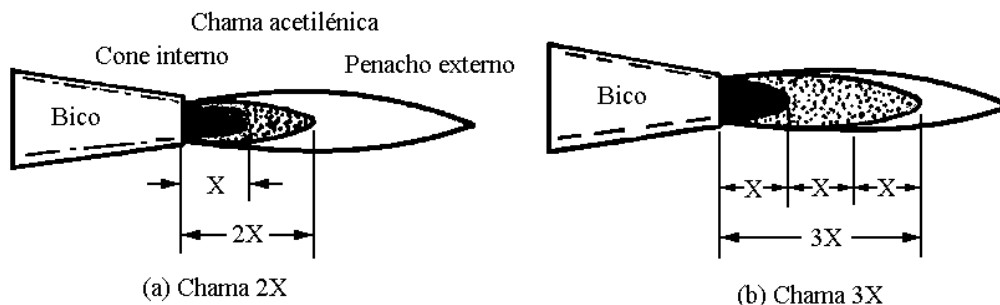


Figura 16.14 - Representação de uma chama redutora em termos do comprimento do cone.

Como uma chama redutora contém carbono não queimado, sua temperatura é mais baixa que numa chama neutra ou oxidante. Se este excesso de carbono encontra a poça de solda fundida, a mesma parece estar fervendo. Na solidificação o carbono terá atingido a superfície e o comprimento da solda ficando cheio de poros e o cordão de solda atinge uma dureza mais alta e torna-se extremamente frágil devido ao carbono excessivo adicionado a ele. Tal chama é recomendada para soldar aços de alto carbono e ferro fundido.

A chama neutra tem, aproximadamente, uma mesma proporção volume de acetileno para um volume de oxigênio. Estruturalmente ela consiste de duas partes chamadas de cone interior e cobertura exterior figura 16.15. Ela apresenta um cone interior claro, bem definido e luminoso indicando que a combustão é completa. Esta chama faz um som característico (um assobio) e é o tipo de chama mais usado para soldar metais. Ela normalmente não afeta a composição química metal soldado e normalmente produz uma solda de boa aparência, tendo propriedades comparáveis ao metal base. É muito usada para soldar aços estruturais de baixo carbono e alumínio.

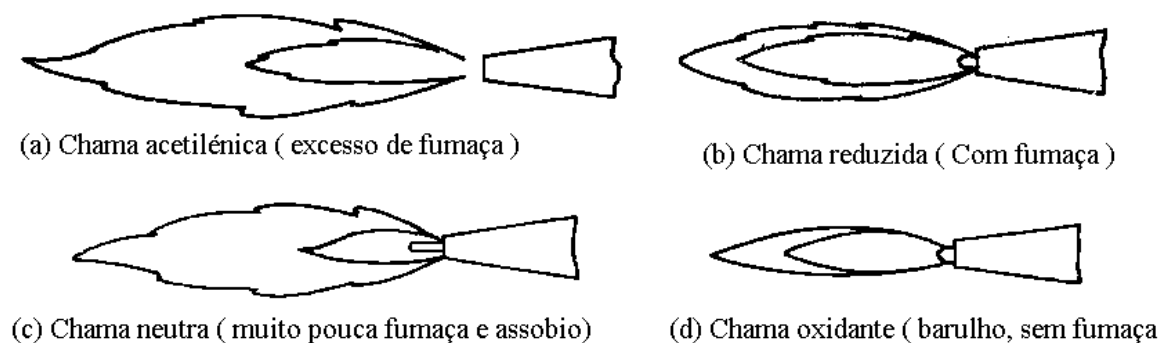


Figura 16.15 - Estrutura de diferentes tipos de chamas oxiacetilénica

A chama oxidante apresenta um excesso de oxigênio. Ela consiste de um cone interior branco muito curto e uma cobertura exterior mais curta. Esta chama tem um som característico tipo um ronco ruidoso. A redução do cone interior é um sinal do excesso de oxigênio. Ela é a chama mais quente produzida por uma fonte de gás combustível e oxigênio. Tal chama pode oxidar o metal na poça de solda produzindo um cordão de solda com aparência suja. A chama oxidante é usada para soldar ligas a base de cobre, ligas a base de zinco e alguns metais ferrosos como aço manganês e alguns ferros fundidos. Nestes metais,

durante a soldagem a chama oxidante produz uma base de metal oxidado que protege a evaporação de elementos de liga. Por exemplo, na soldagem latão amarelo o zinco pode evaporar, contudo a formação de uma camada de óxido de cobre na poça de solda previne a perda do zinco por evaporação.

16.5. Ignição e Ajuste da Chama

Uma vez montado e ajustado adequadamente os equipamentos figura 16.2 a execução da solda requer a ignição da chama oxiacetileno, a manipulação do maçarico conduz a chama no movimento desejado, aplicação de material de adição na poça de solda e o uso de fluxos para obter a solda com a qualidade desejada.

O primeiro passo na ignição da chama é abrir a válvula de acetileno no maçarico de solda e dar ignição neste gás, afastado do bico, pelo uso de um acendedor. O acetileno pega fogo e queima utilizando o oxigênio do ar. O procedimento usual para ajustar o gás acetileno consiste em abrir o acetileno até a chama separar do bico e então fechar lentamente até a chama juntar-se ao bico. Tal chama tem cor laranja com muita fumaça vinda dela devido ao excesso de carbono liberado na atmosfera. A válvula de oxigênio no maçarico é então aberta para obter a chama desejada (reductora, neutra ou oxidante).

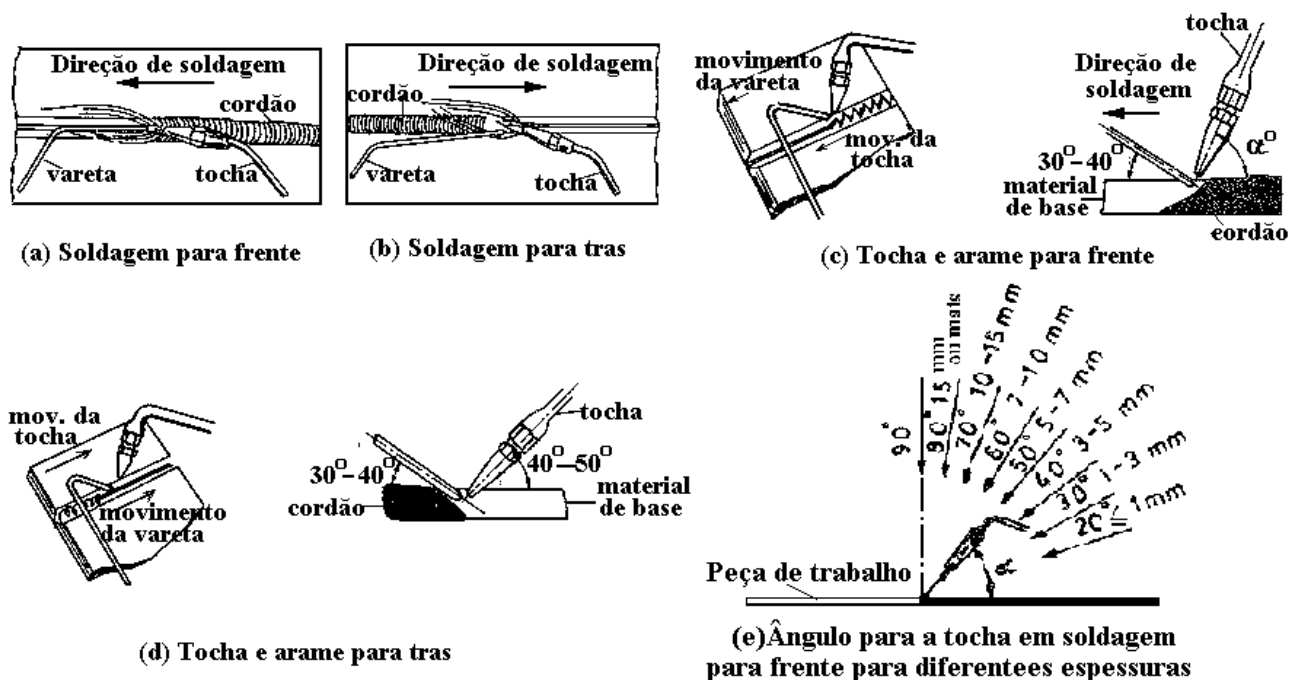


Figura 16.16 - Técnicas de soldagem à gás

16.5.1. Técnica de Soldagem a Gás

Há duas técnicas básicas de soldagem a gás dependendo da direção do maçarico de solda: soldagem para frente e soldagem para trás figura 16.16. Na soldagem para frente a vareta vai a frente da chama enquanto que na soldagem para trás a vareta segue a chama.

Na soldagem para frente a chama é direcionada para frente da solda feita o que leva a um calor mais uniforme nas margens e melhor mistura do metal na poça de solda. Na soldagem para frente, tanto a vareta como a tocha tecem os padrões como alguns exemplos deste podem ser vistos na figura 16.17.

A solda para frente fornece uma altura e largura mais uniformes do cordão de solda, uma velocidade de solda maior e custo mais baixo quando usada para soldar peças com espessuras abaixo de 5 mm.

A taxa de fluxo de acetileno na solda para frente em aço devem ser 100-120 l/hora para cada mm de espessura da peça de trabalho. Esta técnica é também freqüentemente usada para metais de baixo ponto de fusão.

Para materiais mais espessos acima de 5 mm, a solda para trás é mais usada. Na soldagem para trás, a chama é direcionada para trás contra a solda e não é necessário nenhum movimento de costura, embora a vareta possa ser movimentada em movimento helicoidal mas com amplitudes menores que na soldagem para frente.

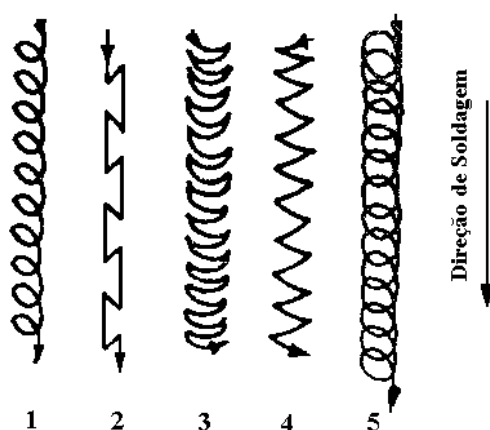


Figura 16.17 - Movimentos padrões da tocha e para vareta de alimentação

A soldagem para trás é mais rápida para materiais mais espessos porque o operador pode manter o cone interior da chama mais concentrado na superfície da poça de solda dando deste modo mais calor para o metal fundido do que na soldagem para frente. Na solda para trás a chama aquece todo o metal depositado e isto serve para tratar termicamente tanto o metal da solda como a zona termicamente afetada. A taxa de fluxo de acetileno na soldagem para trás é normalmente de 120-150 l/hora para cada mm de espessura trabalhada.

16.5.2. Posição e inclinação da solda

A chama oxiacetilênica é posicionada de modo que as faces da junta fiquem de 2 a 6 mm do cone interno da chama que se localiza dentro do penacho de acetileno. O cone interior nunca deve tocar o material que está sendo soldado ou a vareta, se isto ocorrer poderá haver carburação da poça de solda e poderá haver aderência ou “pipocos”.

O ângulo do maçarico de solda controla o fluxo de calor sobre a região de solda; ela é normalmente de 60° a 70° na soldagem para frente e de 40° a 50° na soldagem para trás. O ângulo de trabalho da vareta é geralmente mantida entre 30° e 40° para ambas as técnicas de soldagem; entretanto isto pode variar de acordo com a posição de solda e dos passos de solda.

É pertinente manter a ponta da vareta imersa na poça de solda todo o tempo durante a solda para evitar o contato com o ar pela parte redutora da chama.

16.5.3. Vareta de adição

Tanto a soldagem para frente como para trás pode ser feita com ou sem material de adição. A solda feita sem material de adição em posição plana, o ângulo do maçarico de solda é mantido entre 35° e 45° . A penetração da solda pode ser alcançada observando a depressão do metal. A depressão deve ficar visível, figura 16.18. A solda feita sem material de adição deve ser usada para espessuras de metais abaixo de 3 mm.

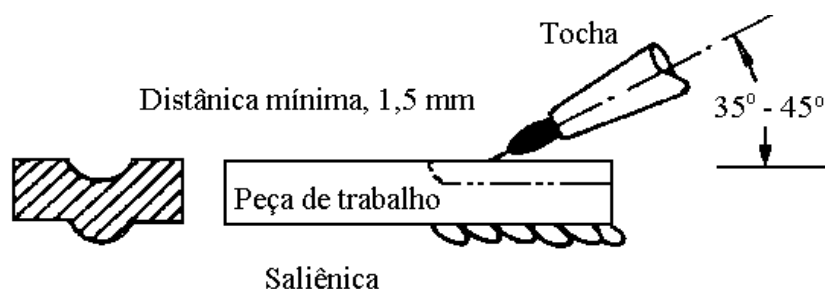


Figura 16.18 - Soldagem à gás sem material de adição

Quando a solda for com vareta, ela deve ser mantida a aproximadamente 90° com o bico de solda enquanto o ângulo do bico de solda ser mantido a 45° .

As propriedades metalúrgicas da solda depositada podem ser controladas pela escolha adequada da vareta (material de adição). A maioria das varetas para soldagem a gás contêm anti-oxidantes para controlar o oxigênio da poça de solda, geralmente silicone é usado para este propósito embora manganês também possa ser empregado. A escória formada pela reação de desoxidação forma uma camada fina sobre a superfície do metal fundido que tem um controle determinante sobre a estabilidade e fluidez do cordão de solda. Fluidez excessiva da escória pode dificultar a posição de soldagem. Varetas usadas para solda de aços de baixo e médio carbono normalmente tem a seguinte composição:

$$C = 0,25 - 0,30 \% \quad F_e = \text{o restante}$$

$$M_n = 1,2 - 1,5 \%$$

$$S_i = 0,30 - 0,50\%$$

Varetas são normalmente especificadas em três classes, RG 45, RG 60, e RG 65, tendo uma resistência a tração mínima de 315, 420 e 470 MPa, respectivamente. Normalmente nenhuma restrição sobre composição química é especificada.

16.5.4. Fluxo

Um fluxo ou pasta de solda é necessário para remover o filme de óxido e manter uma superfície limpa. O fluxo funde no ponto de fusão do metal de base e promove uma camada protetora contra reações com os gases atmosféricos. Fluxo normalmente penetra abaixo do filme de óxido e separa e muitas vezes o dissolve. Fluxos são comercializados na forma de pó seco, pasta ou soluções espessas.

Fluxos na forma de pó são freqüentemente usados para mergulhar a vareta de adição. Na forma de pasta são normalmente pincelados sobre a vareta ou sobre a peças a serem soldadas. Varetas comercialmente pre-revestidas estão também disponíveis para alguns metais. Fluxos são normalmente empregadas para soldagem de alumínio, aço inoxidável, ferro fundido e latão.

16.5.5. Procedimento de solda

Tendo obtido a chama desejada, ela é aplicada no local desejado e a solda é iniciada usando a técnica para frente ou para trás dependendo sobretudo da espessura do material.

A penetração do cordão de solda assim como o ajuste (seleção da chama), manejo e movimentos estão relacionados com as características da poça de solda. A penetração do cordão é normalmente um terço da largura da solda para metais finos enquanto é igual a largura para metais de maior espessura, particularmente com soldagem para trás.

Se a poça de solda tem uma aparência lisa e lustrosa com um ponto flutuante em torno de sua periferia externa, se a tocha está bem ajustada para chama neutra. Este ponto neutro figura 16.19 está associado com a presença de óxido na solda e flutua continuamente ao longo da margem exterior da poça de solda. Se o ponto aumenta de tamanho, isto é uma indicação do excesso de carbono. Quando isto acontece a poça de solda torna-se suja e com fuligem com aparência carregada indicando que a chama é do tipo redutora. Se o cordão apresenta-se espumoso isto é uma indicação do excesso de oxigênio, isto é, a chama é do tipo oxidante.

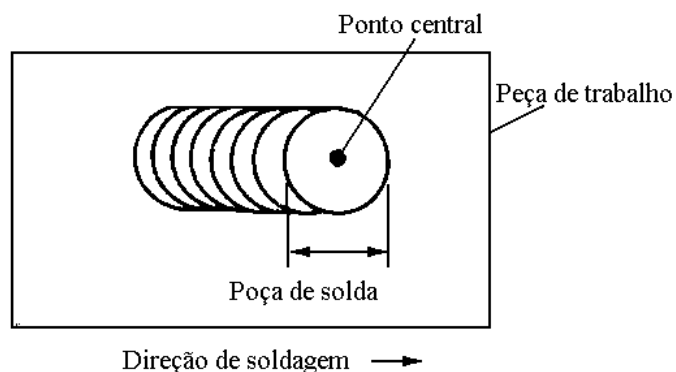


Figura 16.19 - Ponto central na poça de solda

É mais difícil a manipulação da poça de solda durante o início ou fim da soldagem. Para reiniciar a operação de solda após uma interrupção é necessário reaquecer o metal base aproximadamente 15mm na frente do cordão ao longo do eixo axial. Tão logo o metal torne-se lustroso pelo aquecimento e o ponto neutro possa ser visto, a chama é movimentada lentamente para trás para posição onde a solda deve ser recomeçada. Uma vez realocado o ponto desejado a direção da inclinação da tocha é revertida e a solda começada em uma velocidade mais alta devido ao calor extra já colocado naquela seção de trabalho. Se a velocidade normal é mantida isto resultará em um cordão mais largo.

A tocha e a vareta são normalmente movimentados de forma a costurar o material de base. O ponto principal, que se deve ter em mente, em todos estes movimentos é que o bico de solda não deve deixar a poça de metal fundido. O metal base deve ser pré-aquecido e a poça de solda estabilizada antes de começar os movimentos. A linha reta parece ser a mais fácil, entretanto ela não é tão fácil e a poça de solda ou cordão de solda de largura igual é difícil de

manter com ela. Este movimento é, entretanto, adotado somente por soldadores experientes ou por um processo de solda automático.

A solda oxiacetilênica pode ser empregada para soldagem plana, horizontal, vertical, sobre-cabeça, entretanto as duas primeiras destas posições são as mais usadas. Soldagem horizontal e sobre-cabeça são normalmente usadas com a técnica de solda para trás, enquanto as soldas vertical e inclinada são feitas arduamente usando a técnica de soldagem para frente.

Na soldagem para trás a vareta deve ter um diâmetro igual a metade da largura da peça, com um máximo de 6mm; enquanto que na soldagem para frente o diâmetro da vareta deve ter 1mm a mais que na soldagem para trás.

A tabela 16.2 a seguir dá uma orientação em relação a material de adição, chama e tipos de fluxo recomendados para soldar diferentes metais e ligas.

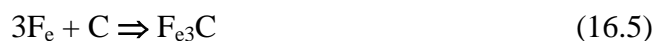
Tabela 16.2 - Arame de adição para diferentes materiais

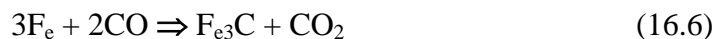
Metal	Material de adição	Tipo de chama	Fluxo
Alumínio	fósforo	Levemente redutora	Fluxo de alumínio
Latão	Latão amarelo	Levemente oxidante	Fluxo de Bórax
Bronze	Cobre-estanho	Levemente oxidante	Fluxo de Bórax
Cobre	Cobre	Neutra	-
Níquel-cobre	Níquel-cobre	Redutora	-
“inconel” 76%Ni + 15%Cr + 9%Fe	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de flúor
Ferro-fundido	Ferro-fundido	Neutra	Fluxo de bórax
Ferro trabalhado	Aço	Neutra	-
Chumbo	Chumbo	levemente redutora	-
“Monel” 60-70%Ni, 25-35%Cu, Fe, C	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de Monel
Níquel	Níquel	Levemente redutora	-
Níquel-prata	Níquel-prata	Redutora	-
Aço baixa liga	Aço	Levemente redutora	-
Aço de alto carbono	Aço	Redutora	-
Aço de baixo carbono	Aço	Neutra	-
Aço de médio carbono	Aço	Levemente redutora	-
Aço inoxidável	Fósforo	Levemente redutora	Fluxo de aço inoxidável

16.6. *Qualidade da Solda*

Comparado com a solda a arco, na soldagem a gás o material é aquecido e resfriado numa velocidade mais baixa o que normalmente leva a um crescimento dos grãos.

Na solda com chama redutora a poça de solda entra em contato com o monóxido de carbono, hidrogênio e carbono o que pode levar à formação de carbureto de ferro de acordo com a reação:





O metal pode assim ser carbonizado.

No caso de chama neutra a poça de solda e a vareta entram em contato com CO e H₂ no penacho de acetileno. Como é formado muito pouco CO dificilmente há alguma influência tal como uma reação. Se a chama neutra é usada para soldar aços de baixo carbono CO e H₂ não tem muito efeito sobre as propriedades mecânicas da soldagem obtida, isto ocorre devido ao resfriamento lento. Entretanto, H₂ formado na chama neutra pode ser danoso para soldagem de cobre, alumínio e alguns aços de alta liga quando ele causa endurecimento por hidrogênio, levando a trincamento e porosidade.

Se uma chama oxidante é usada, isto pode levar a forte oxidação de Fe, Si, Mn, C e outros elementos do aço. Óxidos como MnO e SiO₂ aparecem no metal soldado sob resfriamento. A chama oxidante além de formar óxidos de Si e Mn pode oxidar o ferro com conseqüente prejuízo das propriedades mecânicas da solda. Em tal caso a ductilidade do metal soldado é especialmente reduzida e pode ter uma redução de vida à fadiga. Uma chama oxidante pode também levar a salpicamento excessivo.

Na solda oxiacetileno a zona termicamente afetada normalmente se estende de 8 a 25 mm sobre cada lado do eixo de solda.

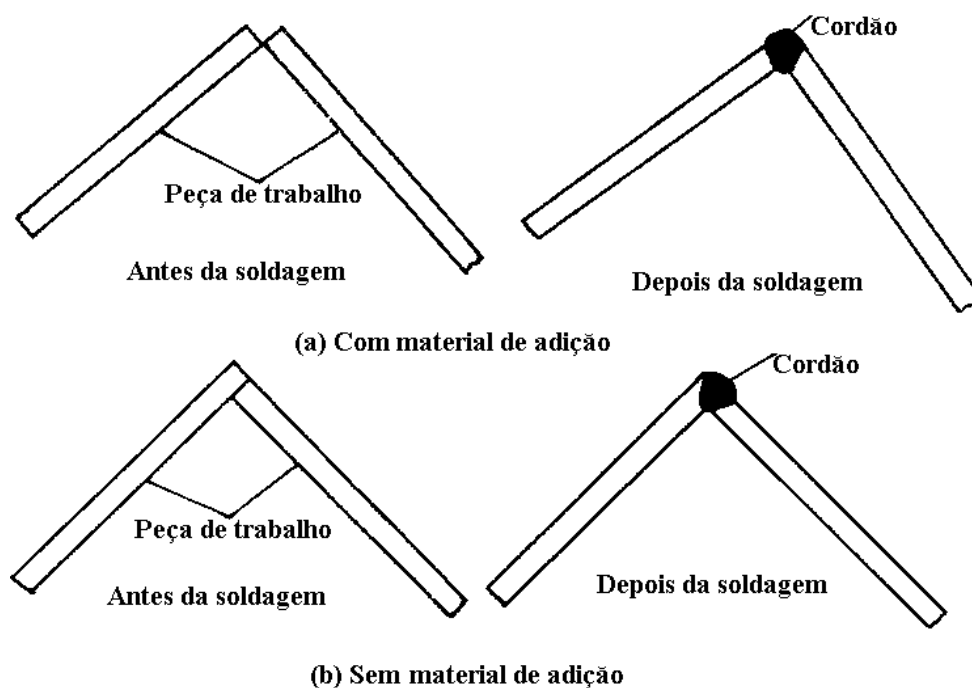


Figura 16.20 - Junta de canto com e sem adição de material

16.7. Projeto das Juntas de Solda

A preparação da borda da junta depende de como a solda oxiacetilênica é feita com ou sem material de adição. Quando a vareta é usada seu diâmetro geralmente se aproxima da metade da espessura da peça trabalhada com um limite máximo de 6 mm. Para soldar sem vareta de material de adição, a quantidade sobreposta do metal base é igual a espessura trabalhada, como mostra a figura 16.20.

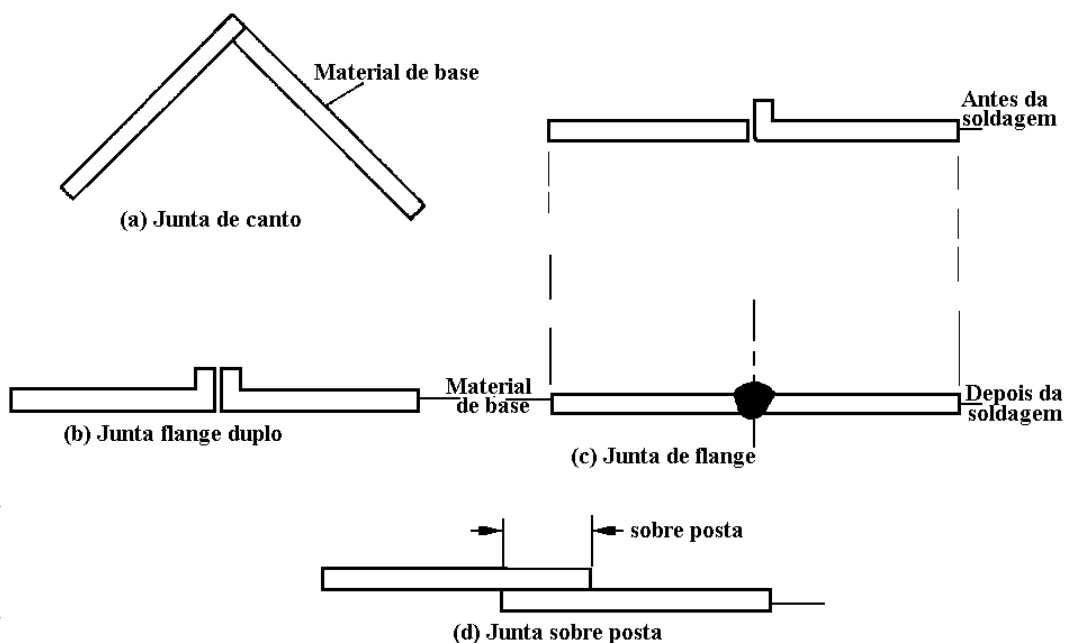


Figura 16.21 - Diferentes tipos de juntas sem material de adição

As formas de juntas normalmente usadas para soldagem oxiacetilênica sem vareta pode citar a junta de canto, com flange, com dupla flange e a sobreposta, como mostra a figura 16.21. As soldas acabadas destes tipos são comparáveis àquelas produzidas com vareta de material de adição com mesma penetração.

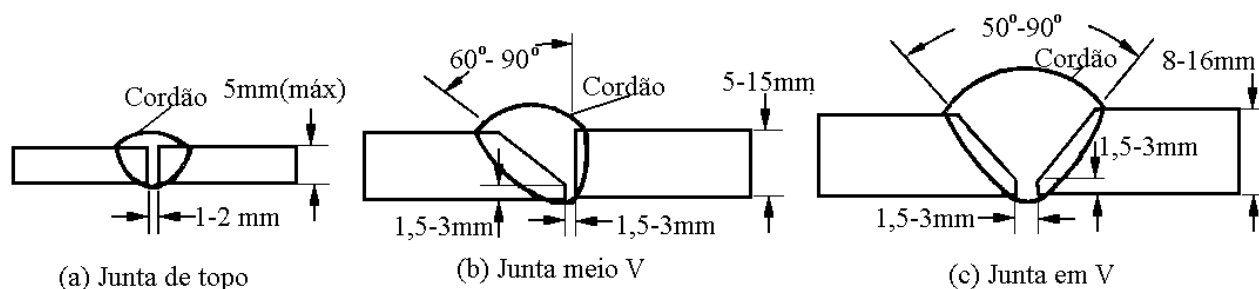


Figura 16.22 - Juntas de canto, Bicol e em V

A solda oxiacetilênica com vareta é bem mais usada que a solda sem material de adição. A penetração máxima neste processo é, entretanto, limitada para cerca de 6 mm. Materiais mais espessos do que 12 mm devem, entretanto, ser soldados com preparação das bordas desta forma permite a penetração e atingir a resistência máxima. Preparação dos chanfros, figura 16.22, são normalmente empregadas com ângulo de entalhe de 60° a 90° embora ângulos de entalhe de 65° a 70° sejam mais comuns. A abertura da raiz nestas soldas é normalmente mantida de 1,5 a 4 mm enquanto a face da raiz, quando usada, fica entre 1,5 e 3 mm.

Para soldar materiais com espessura maior do que 12 mm de espessura, figura 16.23, é necessário a preparação dupla V ou dupla U, como mostrado na figura 16.23, para evitar distorção angular.

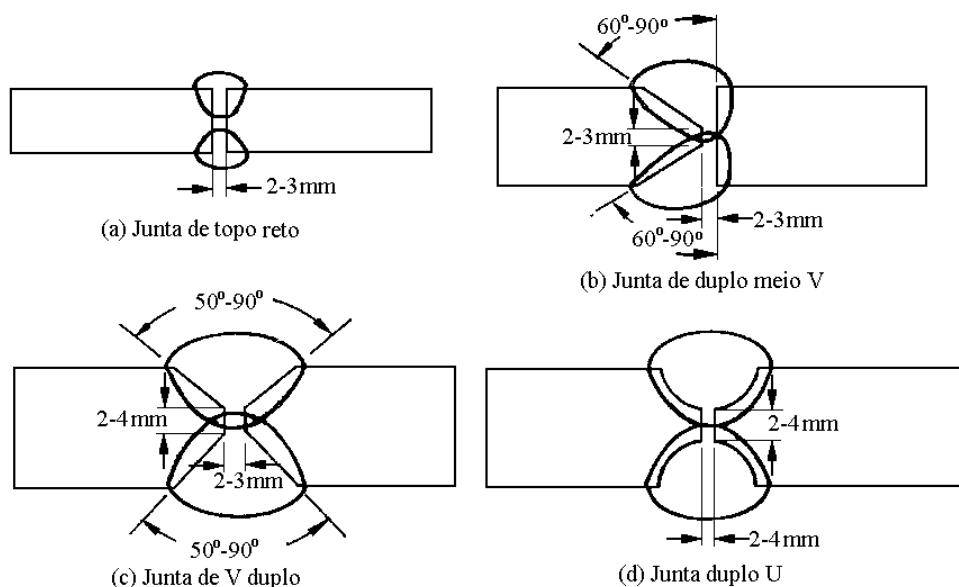


Figura 16.23 - Preparação de junta para chapas grossas

Para soldagem em tubos em posição horizontal, é comum que a solda seja feita com igual espaçamento de 3 a 6 pontos que depende do diâmetro de tubo. A soldagem é feita em blocos independente do tubo estar fixo ou rotatório. Para soldar tubo com rotação é mantido os blocos na parte superior e distanciados simetricamente considerando a posição vertical. Nos tubos fixos a solda tem que ser realizada nas posições downhand, inclinado e sobre-cabeça, usando a técnica de passo para trás para controlar distorções.

16.8. Aplicações

A solda a gás oxi acetilênica é indispensável no reparo de peças ferrosas e não ferrosas, manutenção e reparo, solda de tubos de pequeno diâmetro (até 50 mm) e para pequenas industrias.

Devido a menor intensidade de calor e ciclo menos severos comparado com o arco de solda, a solda a gás é largamente usada para soldar metais duros como aço carbono e algumas ligas de aço.

A solda a gás para metais espessos é lenta comparada com ao arco de solda, no entanto, a taxa de penetração é melhor controlada pela a solda a gás, isto se deve ao fato de o processo é freqüentemente usado para a solda profunda de juntas de tubos que são seguidos pelo cordão ao arco de solda.

Um micro forma de solda oxi acetilênica emprega um pequena tocha com uma broca de safira apropriada no esguicho para fornecer um fino jato de mistura de gases. Estas tochas são muitas usadas para trabalhos delicados como em joalheria.

16.9. Variantes da Soldagem à Gás de Oxi-Combustível

Há duas principais variantes na soldagem Oxi - combustível. (i) Soldagem a quente sob pressão, (ii) Soldagem com Água.

16.9.1. Soldagem a quente sob pressão

Na soldagem a quente sob pressão a superfície inteira de cada uma das peças deve ser aquecida antes da aplicação de pressão adequada para efetuar a solda na superfície inteira. Existe duas sub-variantes do processo chamadas métodos de 'Junta fechada' e 'Junta aberta'.

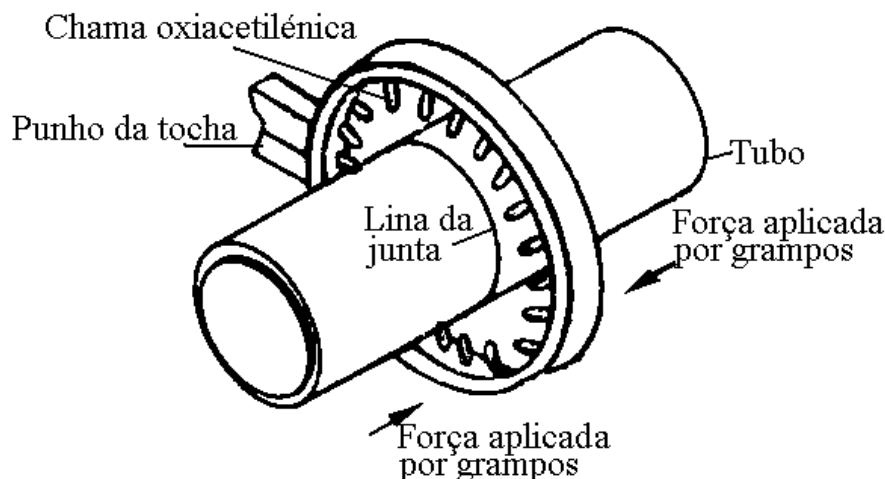


Fig. 16.24 -Multi-chama dividida tocha de tipo usada para soldagem de pressão quente.

16.9.1.1. Método de Junta fechada

As faces a ser soldadas são usinadas ou esmerilhado para limpar e deixar lisas as superfícies que serão solicitadas sob pressão. O metal será aquecido perto da interface da junta com a ajuda da tocha multi-chama oxiacetilênica resfriada a água para alcançar o aquecimento uniforme ao redor do tubo. Para facilitar o trabalho de manipulação na soldagem de seções redondas sólidas ou ocas como eixos ou tubos são utilizado tochas tipo anel circulares do tipo partido como mostra na figura 16.24. Tendo alcançada a temperatura exigida que normalmente é de aproximadamente 1200 °C para aços de baixo carbono, é aplicada uma pressão axial adequada para executar a solda.

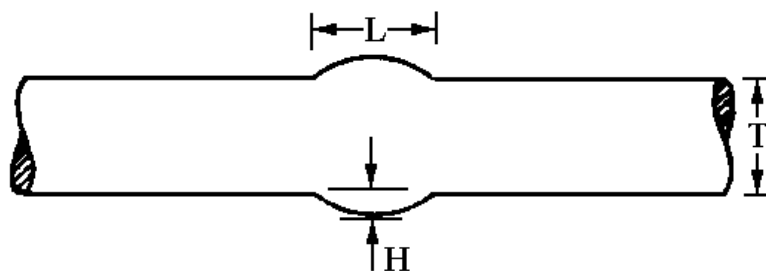
Para soldar tubos aço com 125 mm de diâmetro e cerca de 6 mm de espessura é necessário manter a junta sob uma pressão inicial de 10.5 MPa e depois que o tubo for aquecido para soldagem esta pressão deverá ser elevada aproximadamente a 28 MPa. O níveis de pressão são diferentes para diferentes metais como mostrado na tabela 16.3.

Tabela 16.3 Níveis de Pressão para Soldagem de Pressão à Quente

Metal	Método	Pressão axial, MPa		
		Inicial	Intermediário	Final
Aço baixo carbono	Junta fechada	3,5-10,5	-	28
Aço alto carbono	Junta fechada	19	-	19
Aço inoxidável	Junta fechada	70	35	70
Monel	Junta fechada	45,5	-	45,5
Aço (Carbono & ligas)	Junta aberta	-	-	28-35

O tipo e as dimensões da junta e sua extensão sobreposta necessária para soldagem a quente sob pressão para diferentes espessuras de metal são mostrados na tabela 16.4.

Tabela 16.4 Dimensões para soldagem à quente sob Pressão para juntas fechadas com preparação das extremidade retas.



Espessura do Metal (T) (mm)	Comprimento da sobreposição (mm)	Largura aproximada da sobreposição (mm)	Sobreposição total (mm)
3	5-6,5	1,5	3
6	8-12,5	2,5	6,5
10	14,5-16,0	3	8
12,5	19-22	5	9,5
19	27-30	6	12,5
25	32-38	9,5	16

16.9.1.2. Método de Junta aberta

As máquinas para junta aberta de soldagem a quente por pressão são semelhantes às máquinas de soldagem de topo por centelhamento que permite melhor alinhamento e são de construção robusta que possa resistir as forças rápidas que são aplicadas.

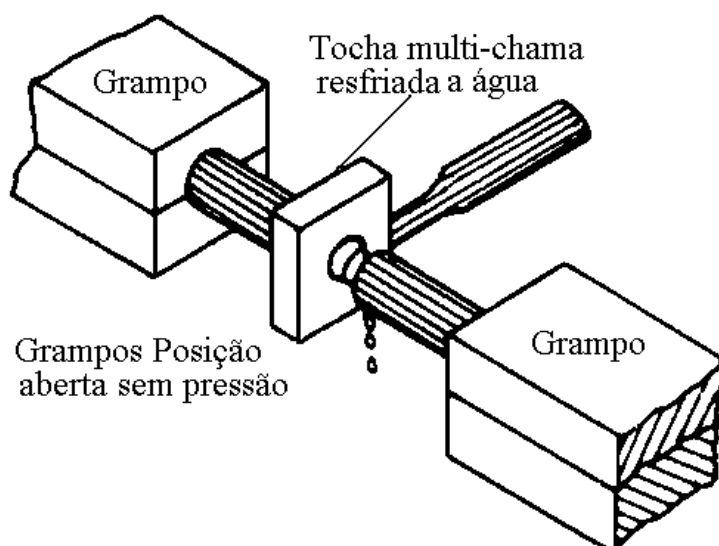
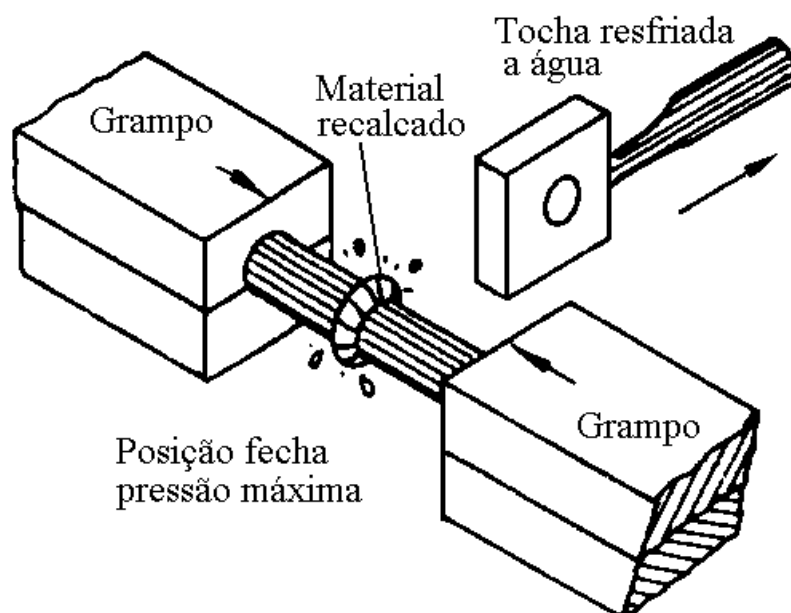


Figura. 10-25 Esquema de montagem de uma máquina para junta aberta de soldagem a quente por pressão.

Geralmente a cabeça de aquecimento é um queimador de tipo múltiplo plano, como mostrado em Figura 16.25. O bom alinhamento da cabeça de aquecimento com a configuração em comum é importante para minimizar oxidação para obter aquecimento uniforme e montagens subsequentes. O alinhamento da peça de trabalho pode ser feito com ajuda de um bloco removível espacial. Superfícies cortadas por cerra podem ser soldadas quando a ponta estiver completamente derretida antes de executar a solda.

O procedimento geral para soldar a quente junta aberta pressão é alinhar as partes e colocar a cabeça entre elas para aquecimento uniforme das superfícies da ponta. Depois que as pontas estejam devidamente aquecidas à uma temperatura necessária, verificada por camadas fundidas que cobrem ambas as faces, em seguida a tocha deverá ser retirada e as pontas serão unidas rapidamente sob uma pressão constante de 28 a 35 MPa, como mostrado na figura 16.26. Esta pressão é mantida até ocorrer a solda. O tamanho da solda depende da pressão e da temperatura aplicada ao metal quente.



Figo. 16.26 - Montagem em junta aberta para solda a quente sob pressão.

16.9.1.3. Aplicações

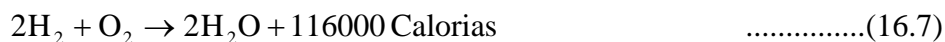
Soldagem à gás quente sob pressão podem ser usada para aços de baixo, alto carbono e aços liga, vários metais não ferrosos e inclusive ligas de níquel-cobre, níquel-cromo e ligas de cobre-silício. Também pode ser empregado para soldar outros metais.

Aplicações específicas de soldagem à gás a quente sob pressão incluem a soldagem de trilhos, barras de aço estruturais, tubos, canos e eixos sólidos. Este processo está, porém, sendo substituído rapidamente por solda por processo de centelhamento e fricção.

16.9.2. Soldagem usando água

A soldagem usando água é um micro processo hidrogênio - oxigênio que é usado para trabalho delicado e em comércio de jóias.

Hidrogênio e oxigênio para este processo são gerados pela eletrólise da água e as misturas de gases são fornecidas por uma tocha em miniatura a qual é agulha hipodérmica. O hidrogênio queima em oxigênio de acordo com a reação seguinte.



A chama assim produzida é oxidante, porém pode ser reduzida passando os produtos da eletrólise sobre o álcool que irá enriquecer a chama mas que reduzirá sua temperatura. O poder da chama pode ser controlado variando a corrente usada para eletrólise.



Figura 16.27 Uma montagem de solda usando água.

O equipamento para este processo consiste em uma unidade compacta que é operada por uma fonte elétrica. Porque água é usada como a fonte de combustível, o processo é popularmente conhecido por um título enganoso de 'Água que Solda". Figura 16.27 mostra uma fotografia de montagem desta tal unidade.