

MANUAL DO ALUNO

DISCIPLINA PRÁTICAS OFICINAIS

Módulo 3

República Democrática de Timor-Leste
Ministério da Educação



FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE PRÁTICAS OFICINAIS
Módulo 3

AUTOR

NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA
XXXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



PEDRO VIEGAS, COORDENADOR DO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA
EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

XXXXXX

ISBN

XXX - XXX - X - XXXXX - X

TIRAGEM

XXXXXXX EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE
2014



Índice

Soldadura OA	5
APRESENTAÇÃO	6
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	6
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS	6
SOLDADURA OA	7
PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO	7
TIPOS DE CHAMA E SUA REGULAÇÃO	10
Regulações da chama oxiacetilénica.....	11
Temperatura da chama.....	12
EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS.....	13
Manoredutores.....	13
Maçaricos	15
Classificação dos maçaricos.....	16
Sistemas de mistura.....	18
Comportamento dos maçaricos em serviço	20
Canalizações de distribuição de gás.....	21
Canalizações rígidas.....	22
Regras para a construção de canalizações de gás.....	23
PROPRIEDADE DOS GASES COMBUSTÍVEIS	23
Propano	24
Acetileno.....	25
PROPRIEDADES DOS GASES COMBURENTES	27
Oxigénio.....	27
TÉCNICAS OPERATÓRIAS.....	31
Método de soldadura “à esquerda”	31
Método de soldadura “à direita”	32
Método de soldadura com duplo cordão ascendente.....	33
Soldadura de canto.....	34
PREPARAÇÃO DAS JUNTAS.....	34
APLICAÇÕES.....	36
CONSUMÍVEIS.....	38
EXERCÍCIOS TEÓRICOS	40
BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS	41







Soldadura OA

Módulo 3

APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos básicos dos processos de soldadura mais utilizados na indústria, com destaque para o processo OA.

OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

Identificar e executar a equipamentos e técnicas de soldadura OA e conhecer a importância da segurança no posto de soldadura.

ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Identificar os elementos essenciais para a execução de uma soldadura
- Identificar os campos de aplicação do processos de soldadura oxi-gás
- Identificar os tipos de chanfros utilizados na soldadura, bem como a sua importância no processo de união de peças
- Identificar os tipos de juntas utilizados na soldadura oxi-gás
- Identificar as posições de soldadura oxi-gás
- Descrever as condições necessárias para a execução de uma soldadura oxi-gás
- Identificar os equipamentos, acessórios, ferramentas e consumíveis utilizados nos seguintes processos de soldadura oxi-gás
- Identificar as técnicas operatórias utilizadas nos seguintes processos de soldadura por oxi-gás



SOLDADURA OA

A soldadura OA ou oxiacetilénica é uma variante da soldadura oxigás. O conceito de soldadura oxigás inclui todo e qualquer processo de soldadura que utiliza a chama produzida pela combustão de um gás combustível no seio do oxigénio. Genericamente, trata-se de um processo que utiliza a chama como fonte de calor para fundir o material a soldar e, sempre que necessário, uma vareta como metal de adição. A soldadura oxiacetilénica é uma soldadura oxigás em que o gás combustível é o acetileno.

A razão pela qual se realiza a combustão do gás combustível no oxigénio consiste no facto de a chama resultante ser mais “quente” do que quando a combustão se faz no ar, dado que no ar cada volume de oxigénio é diluído em, aproximadamente, quatro volumes de azoto, o qual, não só, não contribui para a combustão, como ainda proporciona o escoamento de uma grande parte do calor gerado.

Porém, seja qual for o gás combustível utilizado, o soldador pode atuar sobre a entrega térmica e temperatura do material a soldar, independentemente do material de adição. Neste processo de soldadura, o banho de fusão e a sua viscosidade e forma também podem ser facilmente controladas.

A soldadura oxigás é um processo de soldadura adequado para realizar reparações, soldar chapas finas ou tubos de diâmetro muito pequeno.

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO

A chama proveniente da combustão de uma mistura de oxigénio e gás combustível numa proporção bem definida, constitui a fonte de calor do processo de soldadura oxigás. Torna-se assim necessário escolher o gás combustível, tendo em atenção as propriedades da chama.

Uma chama é, geralmente, definida pela sua temperatura de combustão (T_c), energia entálpica (H), resistência térmica e potência específica, isto é, energia disponível por unidade de superfície.



De realçar que uma chama se pode descrever através de um diagrama X-Y, similar àqueles que definem as características estáticas de uma máquina de soldadura estática, em que a ordenada é a temperatura da chama (T) e a abcissa a entalpia (H) (figura 1).

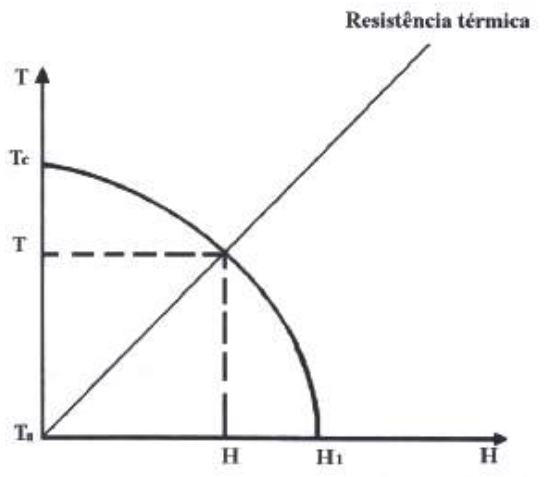


Figura 1 – Diagrama característico de uma chama: T_a - Temperatura ambiente; T_c - Temperatura de combustão; H - Quantidade de energia disponível se a chama existisse à temperatura ambiente.

De salientar que os valores T_c e H , indicados na figura 1, não são obtidos senão teoricamente. Na prática, estes valores não têm sentido.

A escolha do gás far-se-á, deste modo, através da temperatura máxima atingida pela mistura, bem como, pela repartição espacial da temperatura. Na figura 2 indica-se, a título de exemplo, a distribuição espacial qualitativa da temperatura para a combustão de dois gases no seio do oxigénio.

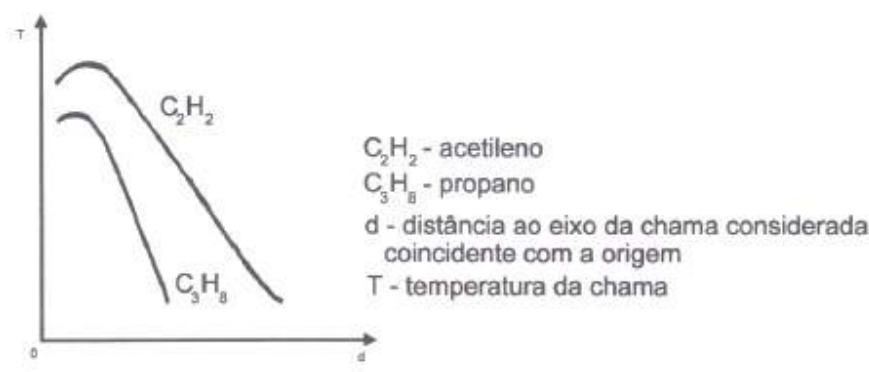


Figura 2 - Distribuição espacial de temperatura na chama de acetileno e propano.



A razão pela qual a cada gás corresponde uma diferente repartição espacial da temperatura resulta do facto de existirem combustões primárias e secundárias do gás no seio do oxigénio.

A combustão completa do acetileno no seio do oxigénio, pode ser descrita pela seguinte formulação:

Combustão primária



Combustão secundária



De realçar ainda que, pelo facto de as velocidades de combustão serem diferentes em cada gás, a razão entre os volumes do gás combustível e do oxigénio, necessário à entrada do queimador para que se dê a combustão total, varia conforme a razão de combustão “a” a seguir indicada, respetivamente, para o acetileno e o propano.

Equação IV

Equação V

Pelas suas características, isto é, maior temperatura máxima e melhor repartição espacial, normalmente, é preferível utilizar o acetileno para a soldadura, pelo que vamos estudar, preferencialmente, a chama oxiacetilénica. O facto de se utilizar este gás, em detrimento de outros, leva a que muitas vezes se fale, apenas, em soldadura oxiacetilénica e não em soldadura oxigás.



TIPOS DE CHAMA E SUA REGULAÇÃO

Qualquer chama apresenta diferentes zonas com características distintas. A chama oxiacetilénica é caracterizada por três zonas (figura 3).

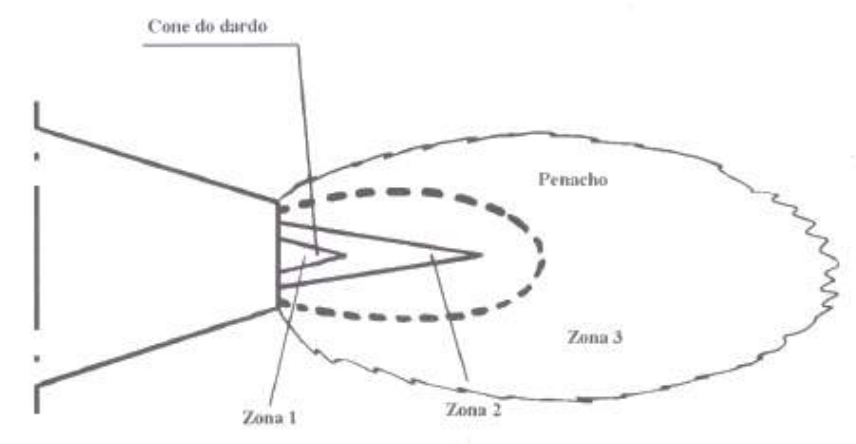


Figura 3 - Zonas de chama oxiacetilénica.

As diferentes zonas na chama correspondem aos diferentes tipos de combustão (primária e secundária). A zona 1 é aquela onde ocorre a reação primária de oxidação, produzida a partir do gás combustível e carburante admitidos no queimador. Esta combustão realiza-se na zona do dardo e tem uma temperatura próxima dos 3.050 °C.

A zona 2 (zona reductora) é aquela onde os produtos da combustão CO e H₂ se concentram e onde se dá a combustão secundária, resultante da ação do ar sobre os produtos de combustão primária, com uma temperatura máxima na ordem dos 3.100 °C.

De salientar que a introdução do ar ambiente na chama provoca dois efeitos inversos sobre a repartição de temperatura nesta chama:

- A absorção de uma importante quantidade de calor pelo ar frio, especialmente pelo azoto;
- A redução de calor produzidas, resultante da combustão secundária com o oxigénio do ar ambiente.

Finalmente, a zona 3, denominada "penacho", rodeia as duas zonas precedentes e prolonga a zona de reação secundária. Efetivamente, as reações de combustão descritas anteriormente (equações II e III) dão-se por toda a zona 2 e 3.



Consoante a razão, “a” (ver equação IV e V) entre o volume de oxigénio e o acetileno, definem-se vários tipos de chamas. Designa-se por chama normal aquela em que a razão “a” é igual a 1, e por chamas **oxidantes** ou **carburantes** aquelas em que a razão “a” é, respetivamente, superior ou inferior a 1.

Regulações da chama oxiacetilénica

O aspeto de uma chama oxiacetilénica é profundamente modificado em função da proporção do gás admitido no queimador, bem como, da sua temperatura. A chama normal ou redutora é muito quente. Sendo fortemente redutora, ela protege o material a soldar da ação do oxigénio e do ar ambiente.

A chama mais quente é, contudo, obtida para valores de “a” entre 1,25 e 1,5.

Um ligeiro excesso de acetileno origina uma chama em que o dardo é rodeado por uma auréola branca que o mascara (figura 4). A sua dimensão e a sua temperatura dependem do excesso de acetileno, sendo bastante inferior à da chama normal.

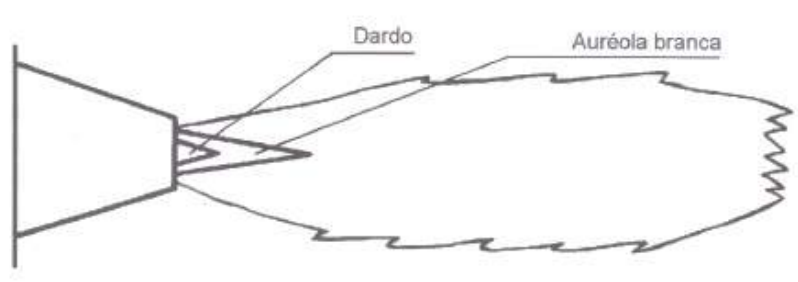


Figura 4 - Chama oxiacetilénica carburante

Um excesso ainda maior de acetileno, baixa ainda mais a temperatura e o dardo é totalmente encoberto por um véu branco.

Este tipo de chama utiliza-se, sobretudo, para a execução de enchimentos duros. Neste caso, a auréola deve ter, aproximadamente, 3 vezes o comprimento de um dardo normal. O aumento do débito de oxigénio origina, por seu lado, uma chama mais quente, cuja temperatura decresce à medida que o débito de oxigénio aumenta. A chama torna-se sibilante e o seu penacho azulado (figura 5). Trata-se de um tipo de chama que não deve ser utilizado na soldadura de aço carbono, uma vez que produz uma elevada quantidade de óxido.



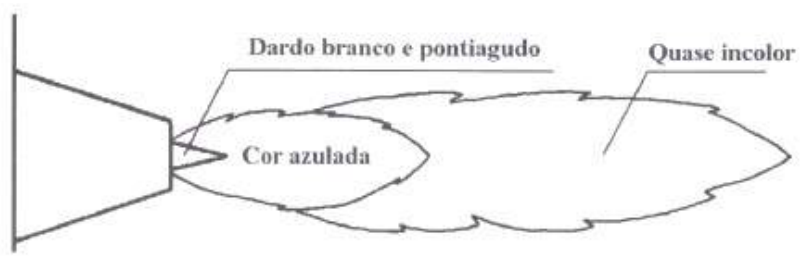


Figura 5 - Chama oxiacetilénica oxidante.

Contudo, esta chama pode ser utilizada na soldadura do latão, de modo a evitar a volatilização do zinco, processo conseguido através da formação do óxido deste metal (que apresenta uma muito mais elevada temperatura de volatilização).

Comparativamente à chama oxiacetilénica, a chama do propano não é tão quente (aproximadamente 2.800 °C) e a sua velocidade de combustão é fraca. É uma chama utilizada, principalmente, para o oxicorte e pré-aquecimento, não sendo, praticamente, utilizada em soldadura. A proporção usual de utilização é de cerca de cinco volumes de oxigénio para um de propano.



Temperatura da chama

Na prática, a proporção teórica de um volume de oxigênio para um volume de acetileno é levada até 1,1. No quadro 1 apresentam-se as temperaturas calculadas e medidas, experimentalmente, por vários autores, para a chama oxiacetilénica.

REAÇÕES	TIPO DE CHAMA	TEMPERATURA DA CHAMA (°C)
$C_2H_2 + 0,75O_2$	Carburante	2.920° 2.980°
$C_2 H_2 + O_2$	Normal	3.016° 3.014°
$C_2H_2 + 1,1 O_2$	Normal	3.080° 3.030°
$C_2H_2 + 1,5 O_2$	Oxidante	3.110°
$C_2 H_2 + 2 O_2$	Oxidante	3.075°
$C_2 H_2 + 2,5 O_2$	Muito Oxidante	3.025°

Quadro 1 - Temperaturas calculadas e medidas da chama oxiacetilénica para diferentes reações.



EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

Manoredutores

Os gases industriais são sempre fornecidos na forma comprimida, liquefeita ou Equipamentos e acessórios dissolvida, variando as pressões de armazenagem consoante o gás seja fornecido para soldadura oxigás na forma comprimida ou dissolvida.

Em qualquer dos casos, as pressões ou forma de utilização no maçarico são sempre diferentes daquela em que o gás é fornecido, à exceção daqueles casos em que o fornecimento do gás é feito a partir de um gasómetro (caso do acetileno), o que é raro hoje em dia.

Assim, torna-se normal, na maioria das aplicações, intercalar um manoredutor à saída da garrafa ou tubo ou entre a canalização de distribuição e o maçarico (figura 6). Trata-se de um aparelho constituído por válvulas e corpos de expansão, capaz de reduzir a pressão do gás para uma pressão de utilização. São também apelidados, frequentemente, “reguladores de pressão”.

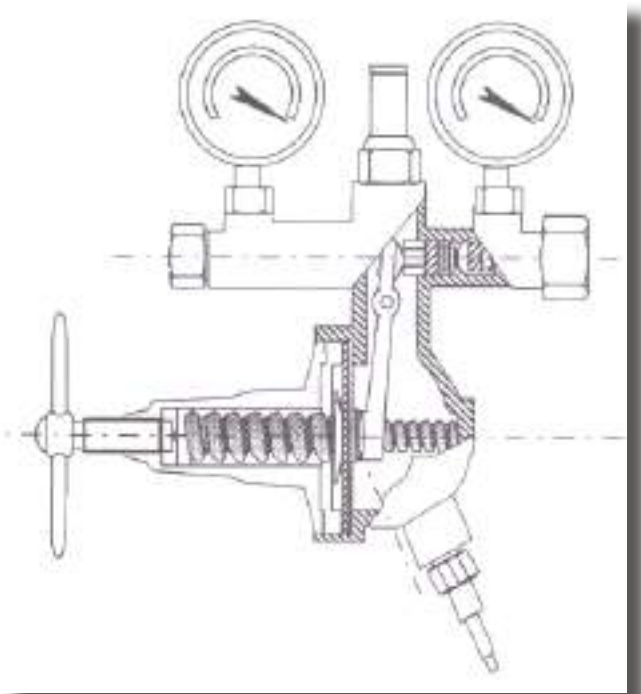


Figura 6 - Manoredutor ou regulador de pressão.

Os reguladores de pressão podem ser classificados de várias formas, nomeadamente, tendo em conta:

- A posição da válvula de expansão, consoante esta se situa na alta ou baixa pressão;
- A natureza ou tipo do gás utilizado, o que necessita de uma determinada identificação, como sejam, diferentes colorações ou diferentes dispositivos de fixação na garrafa.



Por exemplo, no que se refere aos diferentes tipos de fixação, os reguladores de pressão para gases combustíveis possuem roscas de passo à esquerda, enquanto que a rosca de reguladores para gases não combustíveis é à direita.

Deste modo, os reguladores de pressão podem ser de diferentes tipos:

- Com válvula na alta pressão;
- Com válvula na baixa pressão.

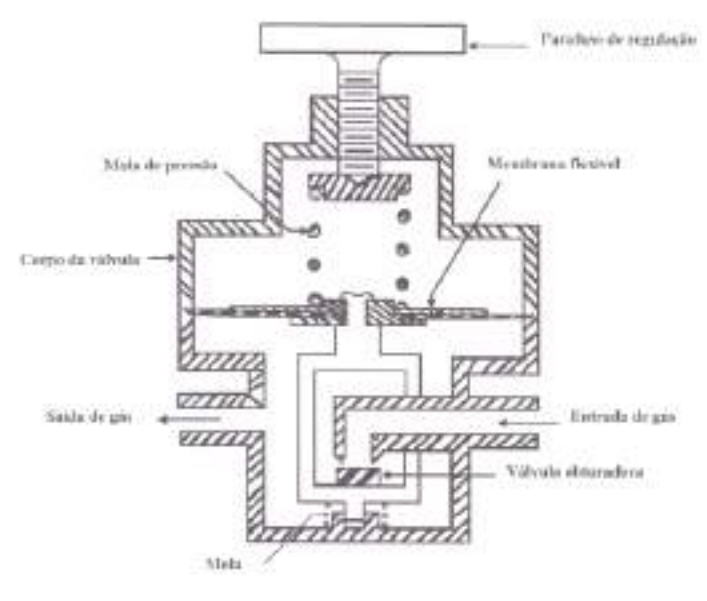


Figura 7 - Válvula de alta pressão.

Estes diferentes tipos de equipamentos, devem apresentar determinadas características de funcionamento, como sejam, a constância da pressão de expansão e a qualidade (aliás, fundamental em qualquer regulador de pressão). Para além destas características, existem outras como a adaptação ao fecho (capacidade de estabilização que o aparelho deve ter a uma determinada pressão, mesmo quando se realiza um fecho repentino do débito de gás), a sensibilidade de regulação e a resistência ao congelamento.

O congelamento pode dar-se sempre que ocorra, de forma contínua, num recipiente fechado, uma grande expansão e o débito de gás elevado, como acontece sempre que se abre a válvula da alta pressão e se deixa sair o gás armazenado na garrafa. O congelamento à saída pode originar perturbações que se traduzem, normalmente, por instabilidades na pressão de expansão, o que prejudica o funcionamento do regulador de pressão.



Maçaricos

Os maçaricos são equipamentos de fabricação que remontam à antiguidade, como é o caso do maçarico de sopro. Este tipo de maçarico ainda hoje é utilizado, por exemplo, pelos artesãos para a transformação do vidro e em ourivesaria. O maçarico oxídrico (mistura de oxigênio e hidrogênio) fez a sua primeira aparição por volta de 1802, sendo a mistura de gases feita antes da sua entrada no aparelho, o que tornava a sua utilização bastante perigosa.

Em 1850, Sainte-Claire Deville fabrica um maçarico oxídrico de alimentação separada, realizando-se, assim, a mistura dentro do próprio equipamento. O primeiro maçarico industrial é, contudo, apresentado apenas em 1901 por Charles Picard, desenvolvendo-se, paralelamente, estudos para a substituição do hidrogênio pelo acetileno, o que se consegue também em 1901, aparecendo assim, o primeiro maçarico oxiacetilénico.

Os maçaricos de soldadura são aparelhos que permitem obter uma mistura conveniente dos gases, dando uma chama estável de forma, de potência e de propriedades definidas, apresentando todas as qualidades referidas para a boa execução das soldaduras.

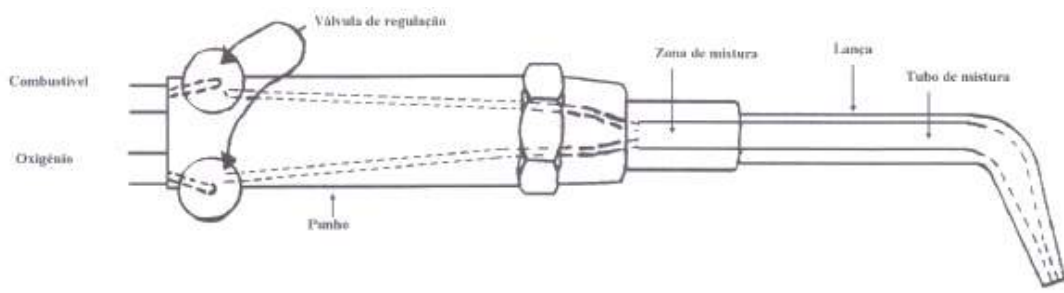


Figura 9 - Esquema de um maçarico.



Classificação dos maçaricos

Os maçaricos são classificados consoante a pressão de alimentação ou os débitos de gás. Assim, temos os seguintes tipos destes aparelhos:

Classificação de acordo com a pressão de alimentação

- a. “Maçaricos de Alta Pressão” são aparelhos em que a pressão de alimentação, de cada um dos gases (combustível e comburente), medida imediatamente antes do orifício de saída, é superior à pressão da mistura gasosa;
- b. “Maçaricos de Baixa Pressão” são aparelhos nos quais a pressão de admissão de um dos gases (acetileno), medida imediatamente antes do orifício de saída, é inferior à pressão da mistura gasosa.

Classificação em função do débito de gás

- a. “Maçaricos de Débito Único” são maçaricos capazes de fornecer um único débito de gás, do qual não se podem afastar, senão em limites muito estreitos;
- b. “Maçaricos de Débito Múltiplo” são maçaricos capazes de fornecer uma gama de débitos de gás bem determinada, correspondente a diferentes 5 orifícios de saída (por substituição da lança ou do bico).

Este último tipo de maçaricos pode ainda ser de débito variável por regulação ou mudança do injetor, e de regulação da pressão.

Os maçaricos onde se faz a variação do débito por mudança do injetor são aparelhos de lança intermutável, enquanto que a regulação do injetor se faz através de uma agulha. Consoante a sua utilização, os maçaricos podem ainda ser maçaricos de soldadura, de corte, de têmpera, de brasagem e de aquecimento.



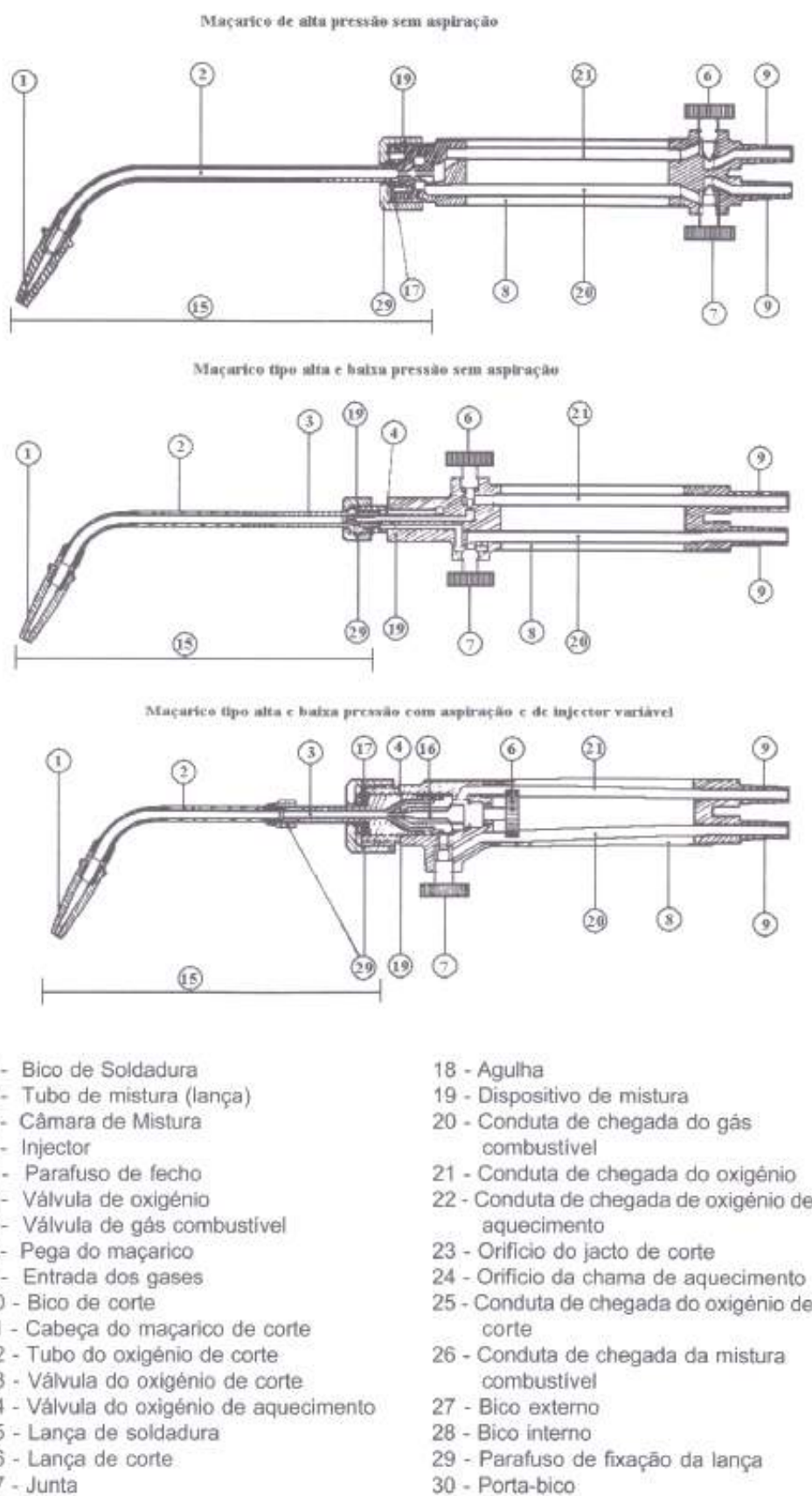


Figura 10 - Maçaricos de soldadura.



Sistemas de mistura

Os sistemas de mistura dos maçaricos são um dos seus componentes essenciais, tendo por função assegurar:

- Uma mistura perfeita dos gases combustível e comburentes;
- Uma pressão suficiente da mistura antes da saída do orifício de saída do bico, de forma a obter uma chama estável.

Deste modo, são utilizados, fundamentalmente, dois tipos de misturadores:

- **Misturadores a pressões iguais** (figura 11): neste caso, as pressões de alimentação são idênticas para o oxigénio e o acetileno, obtidos, geralmente, através de um equilibrador de pressões. As pressões em jogo são baixas e variam, consoante o débito de gás, entre 250 e 750 mbar, a fim de assegurar uma pressão adequada da mistura.

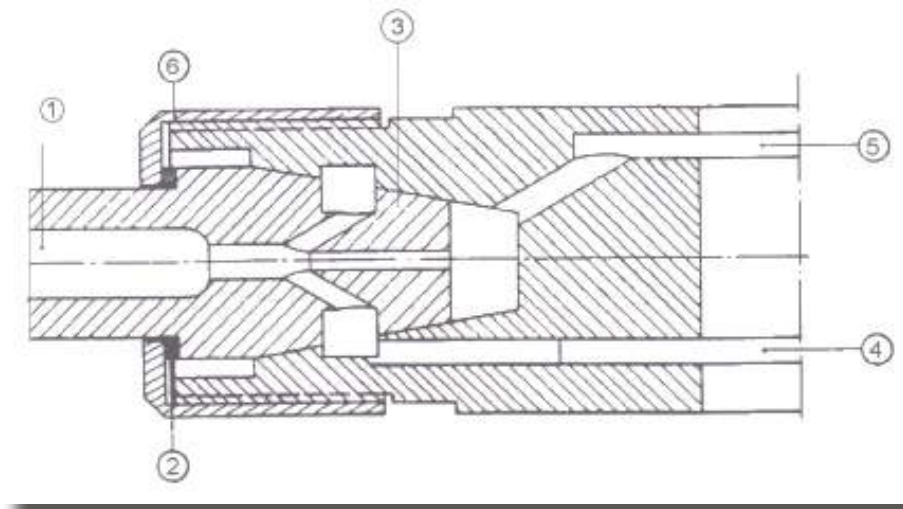


Figura 11 - Misturador a pressões iguais: 1 - Câmara de mistura; 2 - Junta; 3 - Dispositivo de mistura; 4 - Conduto de chegada do gás combustível; 5 - Conduto de chegada do oxigénio; 6 - Parafuso de fixação da lança.

- **Misturadores de aspiração:** Neste caso, as pressões de alimentação são diferentes, sendo a do oxigénio sempre superior à do acetileno.



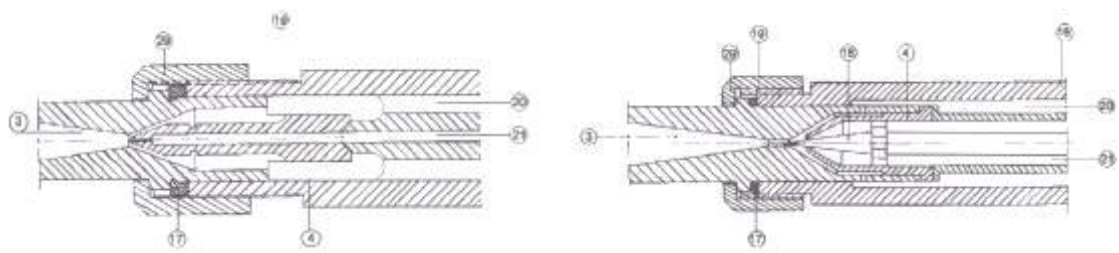


Figura 12 - Misturador de aspiração com injetor regulado por agulha.

O dispositivo utilizado neste caso, é mais complexo que no misturador a pressões iguais, sendo constituído por duas partes:

- Um canal convergente-divergente,
- Um injetor.

A depressão no colo do canal convergente-divergente pode ser importante, sendo função do débito de gás e pode atingir 35 cm de mercúrio (467 mbar).

A razão entre o diâmetro do injetor e o diâmetro do bico é bem determinada, sendo dada pela seguinte relação:

$$D_b \approx 2,4 D_i$$

em que

D_b – Diâmetro do bico

D_i – Diâmetro do injetor

De realçar que num sistema deste tipo, a energia necessária para obter uma pressão de mistura conveniente é inteiramente devida ao oxigénio.

Consoante o tipo de maçarico, estes são mais utilizados num ou noutro processo. Assim, os maçaricos de mistura a pressões iguais (250 a 750 mbar) são fundamentalmente utilizados para a soldadura automatizada e para realizar têmpera superficial, enquanto que os maçaricos de aspiração são aqueles mais utilizados na soldadura normal e no corte. Neste segundo caso, as pressões de funcionamento são na ordem de 1 a 1,5 bar para o oxigénio e cerca de 0,4 bar para o acetileno, sendo a variação do débito obtida por mudança do injetor (lança) ou por regulação do injetor (agulha).

Os maçaricos de baixa pressão são sempre do tipo de mistura por aspiração, utilizados,



exclusivamente, para a soldadura e corte. Neste caso, a variação do débito de gás é conseguida por troca do bico ou da lança ou, ainda, por regulação do injetor (agulha). Contudo, seja qual for o tipo de maçarico a utilizar, estes deverão possuir um determinado número de requisitos, nomeadamente:

- Assegurar uma grande estabilidade da chama;
- Fornecer uma mistura de gases bem definida;
- Ser pouco sensível ao aquecimento devido à presença da chama e do banho de fusão.

Comportamento dos maçaricos em serviço

O comportamento dos maçaricos em serviço está diretamente relacionado com as seguintes qualidades destes aparelhos:

- Resistência ao retorno da chama no injetor ou no misturador;
- Variação da razão de consumo (definida como sendo a razão do volume de oxigénio e o volume de acetileno) com a pressão do oxigénio;
- Variação da razão do consumo com a temperatura.

De realçar que o retorno da chama, isto é, a propagação desta no interior do maçarico, pode acontecer em condições particulares, dando, por vezes, origem a que estes aparelhos fiquem fora de serviço.

A variação do consumo com a pressão do oxigénio tem um comportamento diferente, consoante se trata de um maçarico com ou sem aspiração (figura 13).

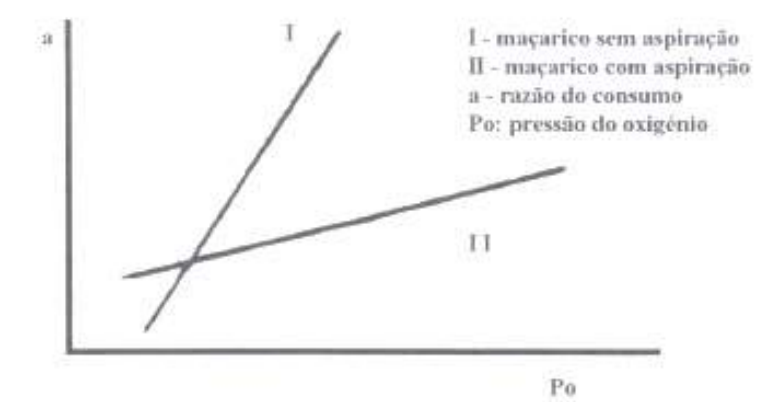


Figura 13 - Variação da razão do consumo (a) com a pressão do oxigénio (P_o).



O diferente comportamento pode ser explicado facilmente se tivermos em conta que, no maçarico com aspiração, a pressão é função do débito de oxigénio - que, por sua vez, é função da pressão de alimentação utilizada por este gás - e se o débito de oxigénio varia, o débito de acetileno varia no mesmo sentido. Existe, portanto, autocompensação e a desregulação é lenta.

No caso dos maçaricos sem aspiração a pressões iguais, é evidente que uma fraca variação da pressão do oxigénio dá origem a uma modificação importante na razão de consumo. Compreende-se, assim, porque é que este tipo de maçaricos é geralmente alimentado por intermédio de um equilibrador de pressão.

No que se refere à variação da razão de consumo com a temperatura, verifica-se que sempre que a temperatura do bico ou da lança sobe, a razão de consumo (a) aumenta também (figura 14).

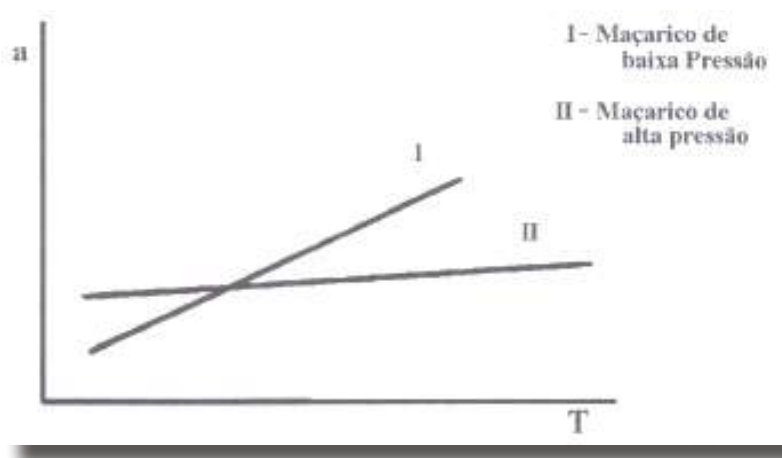


Figura 14 - Variação da razão de consumo (a) com a temperatura (T).

Canalizações de distribuição de gás

As canalizações de distribuição de gás de soldadura, em particular oxigénio e acetileno, são elementos essenciais de qualquer instalação, quer seja de soldadura, corte ou aquecimento. A forma como essas canalizações estão instaladas é de relevante importância para uma boa soldadura, assim como, para energia consumida.

As canalizações de distribuição de oxigénio e de acetileno podem ser rígidas ou flexíveis. As canalizações rígidas são utilizadas para a distribuição dos gases a partir de uma fonte determinada, até aos postos de utilização. As canalizações flexíveis permitem ligar os maçaricos ao posto de distribuição.



Canalizações rígidas

Os materiais a utilizar nas canalizações rígidas dependem da natureza do gás e da pressão de distribuição.

Para o oxigénio, utilizam-se tubos em aço ou aço galvanizado, sempre que a pressão é inferior a 30 bar, sendo utilizado o cobre ou o latão para pressões superiores.

Para transportar o acetileno, os tubos são sempre em aço carbono normal ou aço galvanizado. Utilização do cobre ou ligas de alto teor em cobre (mais de 70%) com o acetileno é proibida, para evitar a formação de um composto de cobre que é explosivo. As ligações das tubuladuras são, geralmente, executadas por soldadura, soldobrasagem ou brasagem, não se devendo esquecer que, no caso do oxigénio, é proibido o contacto deste com qualquer matéria gordurosa, dado o risco de explosão.

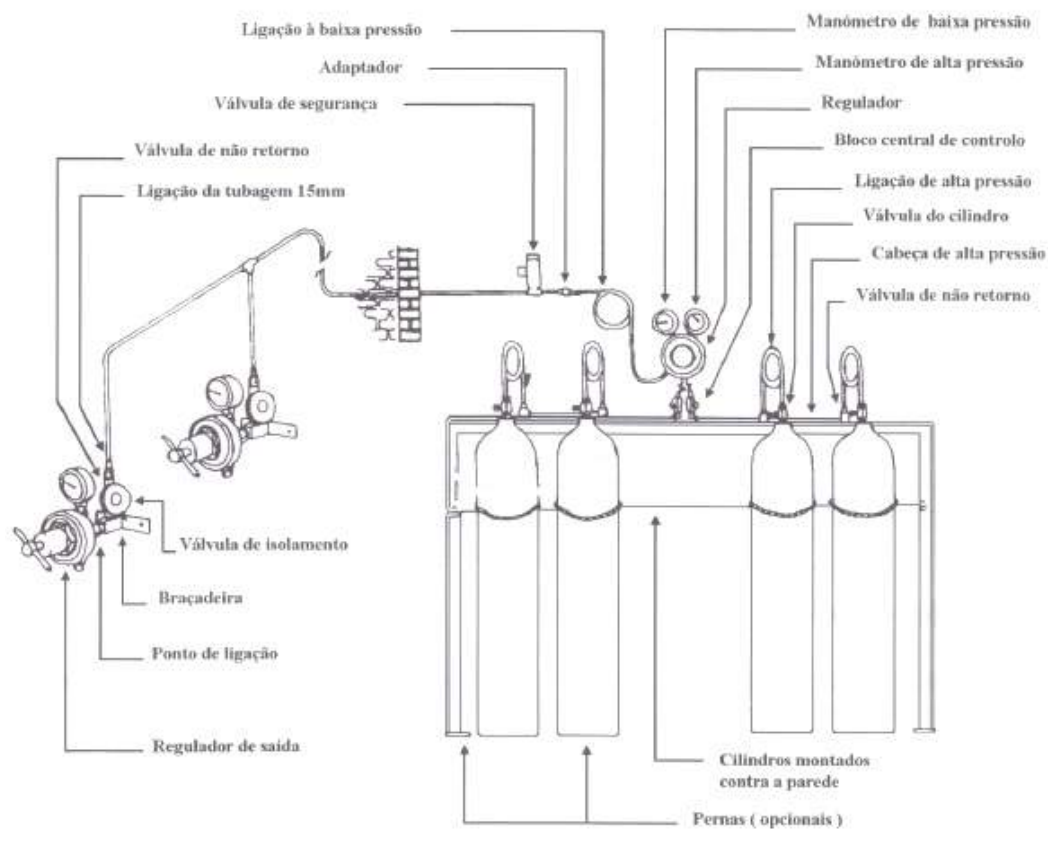


Figura 15 - Sistema de alimentação de gases para soldadura e corte.



Regras para a construção de canalizações de gás

- As canalizações para gases húmidos (caso do acetileno) devem ter uma inclinação uniforme de aproximadamente de 2,5 mm por metro, de forma a evacuarem as águas de condensação. No caso de tal não ser possível, deve prever-se a colocação de purgas;
- Devem evitar-se raios de curvatura pequenos, os quais podem provocar perdas de carga importantes. Em geral, utiliza-se um raio de curvatura mínimo $R = 5d$, em que d é o diâmetro do tubo. Da mesma forma, as mudanças de secção devem ser progressivas;
- As válvulas devem ser criteriosamente colocadas, para permitir o seccionamento da instalação, de forma a isolar, rapidamente, qualquer porção em caso de acidente;
- Cada posto individual deve ser munido a montante de aparelhos de expansão e segurança, de uma válvula de segurança (válvula de não retorno da chama) para cada um dos gases;
- As canalizações devem, tanto quanto possível, ser colocadas fora das paredes e em relevo, devendo ser pintadas com cores convencionais (NP 181).

O cálculo das canalizações fixas deve ser feito recorrendo a regras específicas e bem definidas, por razões de segurança, operação e poupança de energia.

PROPRIEDADE DOS GASES COMBUSTÍVEIS

Embora o acetileno seja o gás combustível mais utilizado em soldadura oxigás, outros gases podem ser, igualmente, utilizados, como o propano ou o butano. Veremos a seguir as propriedades dos dois gases mais utilizados em soldadura oxigás.



Propano

O propano (C_3H_8) é um gás combustível inodoro e não tóxico, perfumado de forma a torná-lo voluntariamente desagradável ao olfato, por razões de segurança.

A massa específica do propano é igual a $1,968 \text{ g/dm}^3$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e à pressão atmosférica. Trata-se, portanto, de um gás mais pesado do que o ar, pelo que, em caso de fuga, se acumula nos locais baixos. É ainda um gás sem qualquer efeito sobre os metais, que queima em mistura com o oxigénio do ar, sendo o seu poder calorífico de 12.000 Kcal para 1 kg de líquido. Os limites de inflamação no ar variam entre 2,37 e 9,5%.

O propano é extraído do petróleo bruto a partir de operações de refinação, podendo também ser extraído do gás natural. O seu armazenamento faz-se no estado líquido em garrafas soldadas, constituídas por um fundo inferior e superior, um corpo cilíndrico, um pé e um bocal onde se coloca a respetiva válvula de abertura e fecho.

Existem, fundamentalmente, dois tipos de garrafas de gás propano:

- Pequenas garrafas, que contêm entre 11 a 13 kg de propano com um peso total de 25 Kg;
- Grandes garrafas, contendo 30 a 35 Kg de propano e pesando, aproximadamente, 70 Kg.

Quando o consumo atinge valores importantes, existe vantagem em utilizar reservatórios de armazenagem, os quais podem conter 500 a 1000 Kg de gás, e ser abastecidos por camiões cisternas.

Em instalações industriais de grandes dimensões, as cisternas podem ter uma capacidade até 80 ton.

Do ponto de vista de segurança, devem observar-se os seguintes cuidados fundamentais:

- Não armazenar as garrafas ou recipientes em caves de edifícios;
- As garrafas não se devem encontrar próximo de aberturas que dêem acesso a caves de edifícios;
- As garrafas devem ser utilizadas ao alto;
- As garrafas não devem ser transportadas, senão com as válvulas fechadas e a tampa de fecho colocada;
- A procura de fugas só pode ser feita com água de sabão.



Acetileno

O acetileno é um hidrocarboneto não saturado, de fórmula C_2H_2 e massa molecular igual a 26,063 g. É menos denso que o ar, tendo uma densidade, relativamente a este último, igual a 0,9.

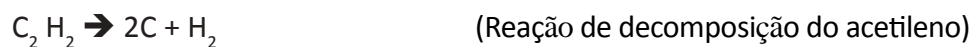
Um outro aspeto importante a ter em conta neste gás é o facto de o acetileno ser um composto endotérmico, isto é, formar-se de acordo com a reação seguinte, com absorção de calor:



Trata-se, conseqüentemente, de um gás que se encontra à temperatura ambiente num estado de falso equilíbrio, tendo tendência a voltar a um estado mais estável, correspondente a compostos menos endotérmicos ou mesmo exotérmicos. Esta possibilidade traduz-se por reações complexas que podem conduzir a misturas de hidrocarbonetos pesadas, leves, voláteis, ou mesmo, gasosas com a presença eventual de carbono e hidrogénio. Estas reações são conhecidas como reações de “polimerização”.

Estas reações de polimerização podem escorvar-se por elevação de temperatura, o que é tanto mais fácil quanto a pressão for mais elevada. Como estas reações são acompanhadas de libertação de calor, elas podem prosseguir espontaneamente, ou até ser aceleradas se o calor produzido não for escoado.

Em casos particulares, a instabilidade do acetileno pode mesmo dar origem à sua decomposição brutal nos seus elementos constituintes (o carbono e o hidrogénio), através da seguinte reação química:



Por outro lado, o acetileno no estado sólido, bem como no estado líquido sob pressão é explosivo, pelo que não pode ser utilizado. Resta, assim, a possibilidade para a sua utilização, dissolvido sob pressão na acetona, o que assegura uma margem de segurança satisfatória, sendo esta a forma de utilização industrial deste gás.

De salientar que a solubilidade, definida como sendo a razão entre o volume de gás dissolvido e o volume inicial do solvente, varia em função da temperatura e da pressão. Verifica-se, assim, que a solubilidade diminui quando a temperatura aumenta. Por outro



lado, a presença de impurezas na acetona, como, por exemplo, a água, faz também diminuir, rapidamente, a solubilidade.

Com implicações importantes do ponto de vista da segurança, é o facto de a dissolução do acetileno na acetona se efetuar com libertação de calor, na ordem das 160 cal/grama de acetileno dissolvido, por litro de acetona. Esta libertação de calor é, aproximadamente, proporcional ao peso de acetileno dissolvido.

Atendendo à sua relativa perigosidade, o acetileno está sujeito a regras de utilização relativamente severas, que variam de país para país. Assim, o armazenamento do acetileno não é, normalmente, permitido a uma pressão efetiva superior a 1,5 bar, senão, dissolvido na acetona.

Trata-se de um gás que pode ser dissolvido, nomeadamente, em acetona, acetato de metilo ou mesmo em outros solventes.

O coeficiente de solubilidade a , ou coeficiente de Bunsen, pode ser definido, a uma determinada temperatura T , pela seguinte expressão:

em que

V - volume de gás dissolvido;

b - volume inicial do solvente à temperatura T ;

p - pressão parcial do gás expressa em atm.

O acetileno, sendo um gás solúvel em inúmeros solventes apresenta, contudo, coeficientes de solubilidade muito diferentes, conforme se poderá verificar no quadro 2.

SOLVENTE	COEFICIENTE DE SOLUBILIDADE (a)
Benzeno	5,6 a 15°C
Álcool	6 a 18°C
Acetona	26,6 a 15°C
	20,9 a 25°C
Acetato de metilo	14,4 a 40°C
	23,8 a 20°C

Quadro 2 - Coeficientes de solubilidade do acetileno em diferentes solventes e a diferentes temperaturas.



Os recipientes de acetileno são, assim, preenchidos com uma matéria porosa, embebida em acetona, onde o gás é dissolvido.

Apesar das condições de segurança impostas, dever ter-se sempre em atenção que o acetileno é um gás inflamável, o qual, dentro de certos limites de pressão e temperatura e em mistura com o ar, pode dar origem a misturas explosivas. Assim, a uma temperatura e pressão determinadas, uma mistura explosiva não pode originar fenómenos de deflagração ou de detonação, senão, dentro de dois limites extremos de composição, os quais variam para misturas acetileno - ar entre 2,3 e 80% de acetileno na mistura, em volume; e para misturas oxigénio - acetileno entre 2,3 e 93% do volume da mistura. A temperatura mínima à qual se dá a inflamação da mistura é de cerca de 350 °C à pressão atmosférica, para misturas oxigénio - acetileno.

PROPRIEDADES DOS GASES COMBURENTES

Oxigénio

O oxigénio é um gás de importância fundamental, tanto na soldadura oxigás, como no oxicorte, têmpera superficial com chama, pois sendo um gás comburente, ativa as combustões. Aumenta, deste modo, o poder calorífico resultante da reação de queima dos gases combustíveis utilizados.

Propriedades físicas do oxigénio

O oxigénio está presente no ar numa percentagem volumétrica de cerca de 21%, representando 23,1% da sua massa.

Trata-se de um gás solúvel em determinados metais no estado líquido, observando-se, contudo, uma brusca descontinuidade da curva de solubilidade em função da temperatura de solidificação.

O oxigénio não é solúvel no ferro, mas o óxido de ferro (FeO) é - o que, contudo, apresenta vantagens e desvantagens, respetivamente, para o oxicorte e para a soldadura.

Propriedades químicas do oxigénio

O oxigénio é fortemente eletronegativo, combinando-se com o hidrogénio e todos os metais mais usuais, à exceção do ouro e da platina.



Os não metais, em particular o carbono, comportam-se, relativamente ao oxigénio, como elementos eletropositivos, pelo que um elevado número de compostos é destruído pelo oxigénio puro. A oxidação pode ser lenta ou rápida, consoante o caso. Para o caso da combustão pura, existe uma temperatura de escorvamento que depende do estado da matéria, da pressão do gás e do seu estado higrométrico. Para produtos finamente divididos, a temperatura de escorvamento é diminuída. Da mesma forma, o oxigénio sob pressão pode originar combustões explosivas, enquanto que à temperatura ambiente e pressão atmosférica a reação seria extremamente lenta. É o caso dos materiais gordurosos (lubrificantes).

Recomendações de segurança

O risco de oxidações rápidas (combustão viva) leva a que se tomem diversas precauções de segurança, entre as quais, destacamos:

- Nunca armazenar outro gás numa garrafa de oxigénio;
- O oxigénio nunca deve ser utilizado para substituir o ar comprimido, em particular, para o arranque de motores Diesel ou arejamento de locais ou espaços fechados;
- Os mecanismos ou equipamentos em contacto com o oxigénio nunca devem estar gordurosos, já que a inflamação dessa gordura produz calor suficiente para que a combustão se transmita mesmo às paredes metálicas;
- O descongelamento de aparelhos de expansão de gás não deve nunca ser efetuado com uma chama;
- As canalizações flexíveis que ligam os mecanismos aos circuitos de distribuição jamais devem ser trocadas umas com as outras. As canalizações de acetileno contêm, frequentemente, produtos de pulverização, como o negro de acetileno, que são suscetíveis de escorvar combustões vivas, por vezes explosivas.



Produção do oxigénio

O oxigénio pode ser extraído de várias fontes, como sejam, os óxidos metálicos, sais oxigenados, a água ou o ar.

O oxigénio industrial apresenta um grau de pureza que se situa perto dos 99%, sendo as impurezas principais o hidrogénio quando aquele é obtido por eletrólise, o azoto ou o argon, quando obtido por liquefação a partir da destilação do ar.

O grau de pureza é um fator extremamente importante, já que a diminuição do grau de pureza do oxigénio conduz, por sua vez, a uma diminuição da velocidade de corte, por exemplo. Existe, portanto, a necessidade de controlar a pureza do oxigénio, tanto pelo fabricante como pelo utilizador, o qual deve exigir certificados de garantia ou controlá-lo ele mesmo. Um método expedito e rápido de controlar a pureza do oxigénio consiste em fazer absorver uma determinada quantidade de gás e analisá-la por um reagente conveniente, sendo o gás restante as impurezas contidas no recipiente de oxigénio.

O oxigénio gasoso industrial é armazenado em garrafas de aço de alto limite elástico, a 200 bar, o que permite transportar 8 Kg de gás por m³ de armazenagem. Existem, contudo, outros tipos de garrafas, fabricadas em ligas leves, para transportar oxigénio. Estas destinam-se a outras aplicações não industriais, como o mergulho, etc.

As garrafas industriais mais utilizadas possuem uma capacidade de cerca de 10 m³ de gás. As dimensões das garrafas variam consoante o país ou até o fabricante. Normalmente, a altura máxima é de dois metros e o diâmetro exterior máximo de 250 mm.

As válvulas de abertura das garrafas de oxigénio são em latão e possuem duas partes móveis independentes que permitem desmontá-las, mesmo quando a garrafa se encontra cheia. A obturação da válvula é obtida através de uma pastilha de nylon ou material equivalente, de forma a evitar o inconveniente do contacto de um material combustível com o oxigénio. As válvulas de segurança não devem ter nenhum vestígio de matérias gordurosas ou óleo, dado o risco de explosão.

De realçar que a abertura de uma garrafa de oxigénio deve ser feita lentamente, de modo a evitar uma descompressão brutal, o que poderá provocar um aquecimento intempestivo, com os consequentes riscos de explosão.



As garrafas deverão ter um certo número de indicadores, consoante a legislação local aplicável, nomeadamente:

- Marcas de Identificação
 - Nome do construtor;
 - Local, ano e número de fabricação;
 - Volume interior;
 - Pressão da primeira prova hidráulica ou pneumática.
- Marcas de Serviço
 - Designação do gás;
 - Pressão máxima de carregamento a uma determinada temperatura.

O oxigénio pode também ser transportado sob a forma líquida, já que é assim extraído das colunas de retificação. É possível, nestas condições, transportar quantidades de oxigénio bastante maiores do que na forma gasosa.

Os recipientes utilizados para armazenagem e transporte do oxigénio líquido são do tipo parede dupla, com isolante intermédio, para a evitar as perdas por evaporação (figura 16).

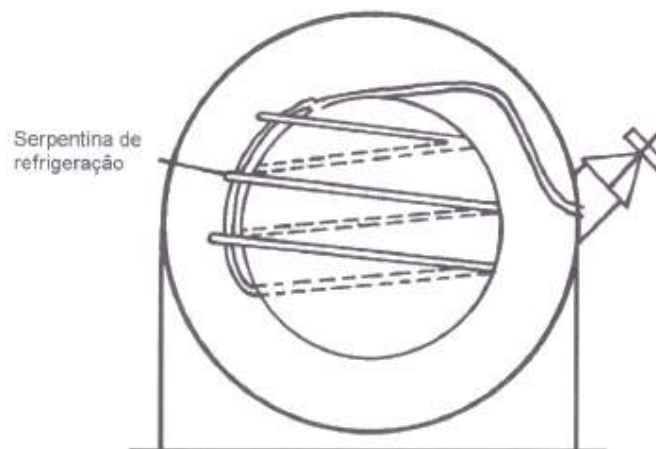


Figura 16 - Recipiente de armazenagem do oxigénio líquido.

Industrialmente, podem encontrar-se recipientes de diferentes capacidades, os quais variam entre os 4.000 litros e os 30.000 litros, sendo estes últimos utilizados no transporte por caminho-de-ferro.



TÉCNICAS OPERATÓRIAS

A soldadura é apenas um dos processos que utiliza a chama oxiacetilénica. Existem, fundamentalmente, três métodos de soldadura oxigás: o método à esquerda, à direita e o método do duplo cordão.

Método de soldadura “à esquerda”

Este método de soldadura (figura 17) é utilizado para soldar chapas de aço com bordos virados, ou chapas de aço topo-a-topo sem chanfro, com espessuras até 5 mm.

Trata-se, também, de um método normalmente utilizado para soldar ferro fundido e metais não ferrosos. Neste, a soldadura inicia-se na extremidade direita da soldadura e progride para o lado esquerdo.

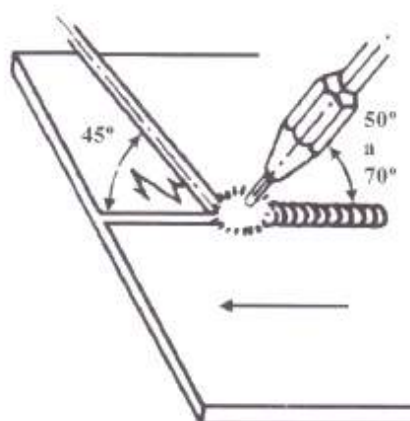


Figura 17 - Método de soldadura “à esquerda”.

O maçarico e a vareta de adição formam ângulos de 45° com a horizontal, e a chama é dirigida no sentido da progressão, ou seja, para a frente do banho de fusão. O maçarico e a vareta de metal de adição encontram-se ambos no plano de simetria do cordão de soldadura, fazendo cada um deles um determinado ângulo com o plano que contém a soldadura (figura 17).

Este método é relativamente lento e consome muito gás. No entanto, é de fácil execução e produz soldaduras com muito bom aspeto.



Uma variante da soldadura “à esquerda” é a soldadura “semi-ascendente” num único passe (figura 18), a qual se aplica, essencialmente, na soldadura de chapas com espessuras entre 4 e 5 mm, sem chanfro, ou chapas chanfradas de 5 a 10 mm.

Acima dos 10 mm de espessura utiliza-se o método “semi-ascendente” em dois passes.

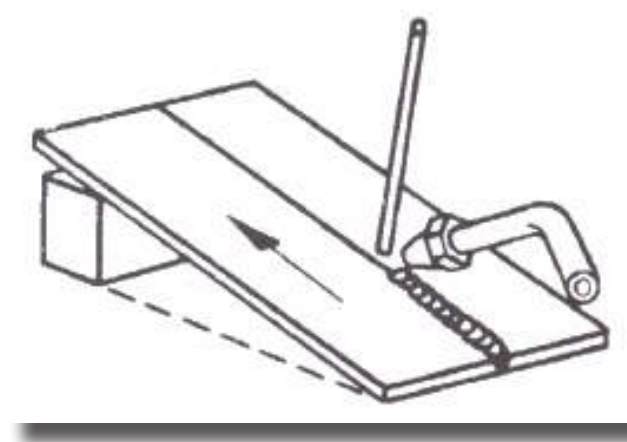


Figura 18 - Soldadura “semi-ascendente”.

Método de soldadura “à direita”

No método de soldadura “à direita” (figura 19) o maçarico e a vareta de metal Soldadura à direita de adição encontram-se sempre no plano de simetria do cordão de soldadura (plano perpendicular à superfície das chapas). A inclinação do maçarico varia entre 40 a 50° durante a execução da soldadura. A chama é dirigida para o banho de fusão, logo, em sentido inverso ao da progressão da soldadura.

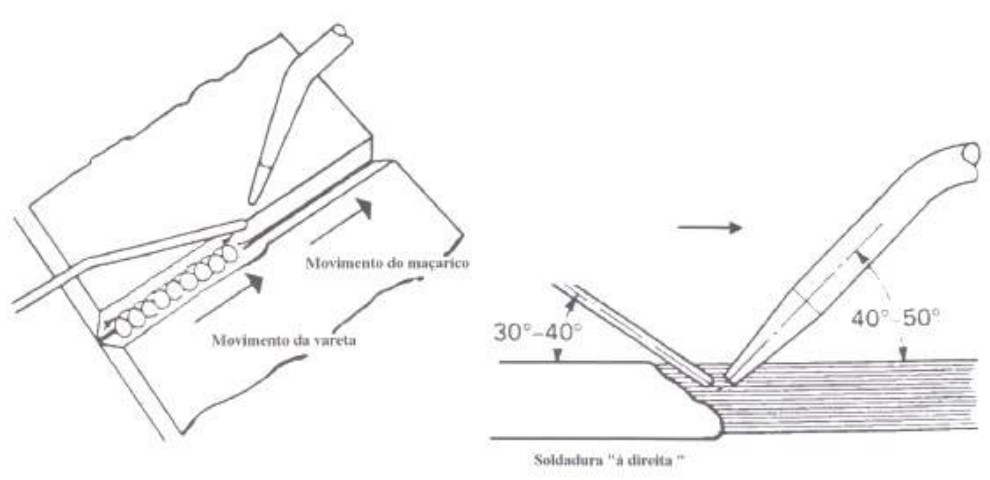


Figura 19 - Método de soldadura “à direita”.



A vareta de metal de adição está dirigida em sentido contrário ao sentido da progressão do banho de fusão, estando inclinada com um ângulo de 30 a 40°, relativamente ao plano que contém o cordão de soldadura. A vareta deverá, ainda, ser animada de um movimento de balanço transversal.

Trata-se de um método de soldadura mais rápido e mais económico que o método à “esquerda” e pode ser utilizado para soldar chapas chanfradas de 6 a 15 mm de espessura.

Método de soldadura com duplo cordão ascendente

Com este método de soldadura, o cordão realiza-se de baixo para cima, isto é, no sentido ascendente. Pode ser realizado por um único soldador (figura 20) ou por dois soldadores, simultaneamente (figura 21).

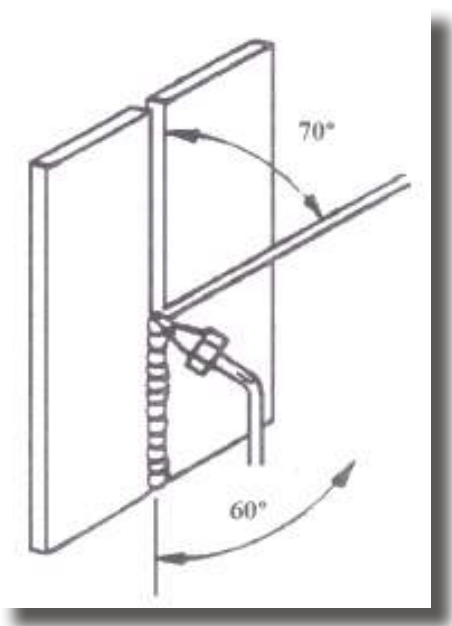


Figura 20 - Soldadura ascendente com um único soldador.



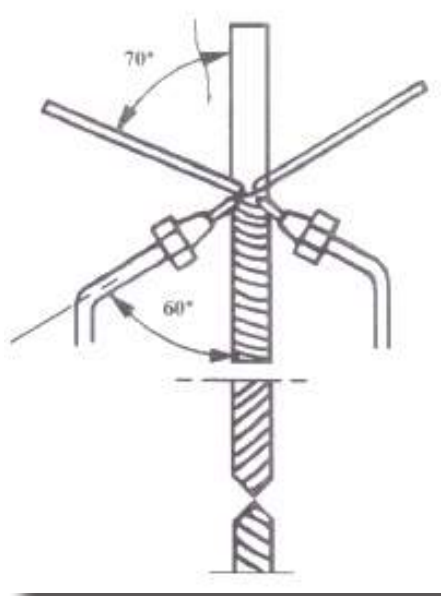


Figura 21 - Soldadura ascendente com dois soldadores.

Soldadura de canto

As soldaduras de canto realizam-se quando as chapas a soldar formam, entre elas, um ângulo importante (90° , por exemplo). Podem ser realizadas utilizando, igualmente, o método “à esquerda” ou “à direita” (figura 22).

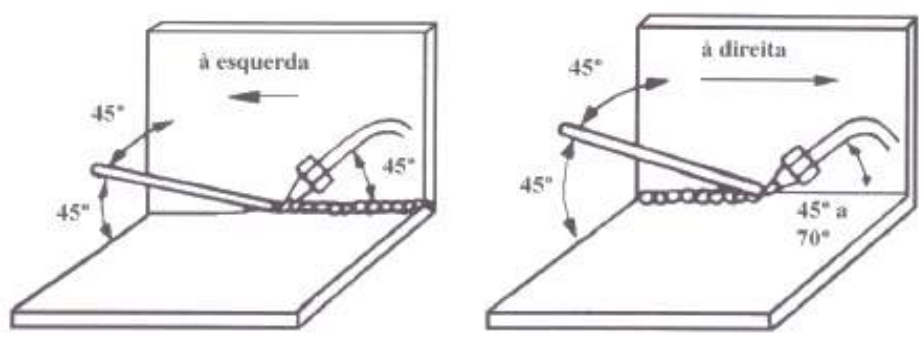


Figura 22 - Soldadura de canto (método à esquerda e à direita).

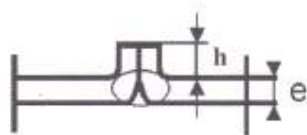
PREPARAÇÃO DAS JUNTAS

A soldadura oxiacetilénica pode ser utilizada com uma grande variedade de juntas ou preparação dos bordos das chapas. Em seguida, apresentam-se alguns tipos de preparação de juntas:

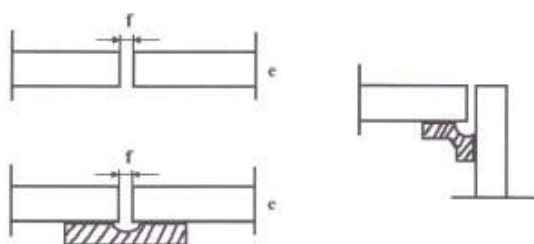


a. Soldadura topo-a-topo, em chapa de aço

e (mm)	0,5	1	1,5
h (mm)	1	1,6	2

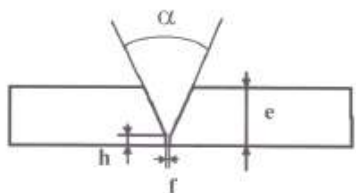


e (mm)	0,5	1	2	3	4
f (mm)	1	1,5	2,5	3	3

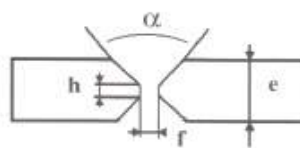


b. Soldadura topo-a-topo, com chanfro

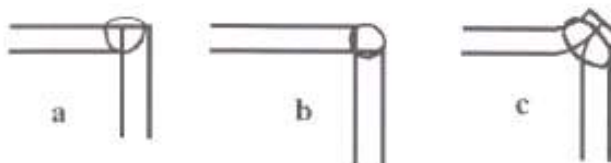
e (mm)	5	8	12	15
f (mm)	2	2	3	3
h (mm)	1,5	2	3	3
α	60°	60°	60°	60°



e	12	15	20	30
f	0	1,5	2	3
h	0	1	2	3
α	60°	60°	60°	60°

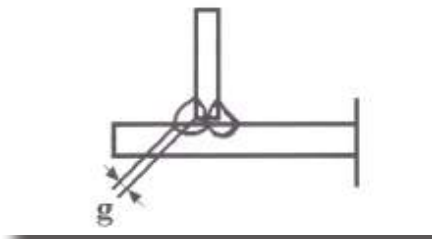


c. Soldaduras de ângulo exterior

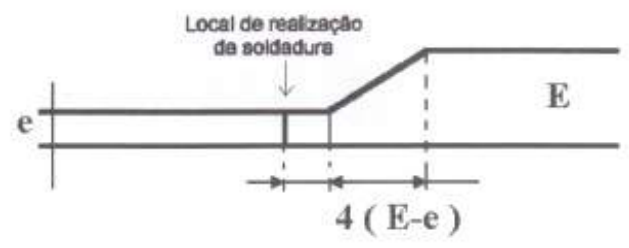


d. Soldaduras de ângulo interior (Soldadura à direita)

e	4	6	8
g	3	4	5

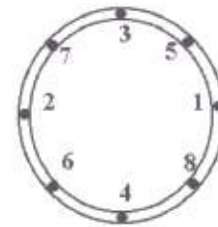
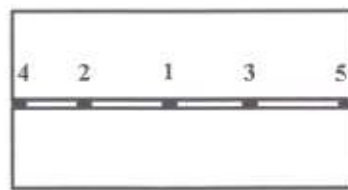


e. Soldadura em peças de espessura diferente



f. Pingagem das juntas

Na figura seguinte, os números indicam a sequência de realização dos pingos de soldadura, isto é, os pequenos cordões de soldadura utilizados para fixar as chapas antes da soldadura.



Espaço entre pingos (x): $e < 5\text{mm} \Rightarrow x = 30.e$

$e \geq 5\text{mm} \Rightarrow x = 20.e$

e - espessura

APLICAÇÕES

Embora o processo de soldadura oxigás registre, hoje em dia, uma aplicação bastante menor do que há algumas décadas atrás, continua a ser utilizada, especialmente, em soldadura de tubuladuras de cobre ou aço de pequeno diâmetro e pequena espessura.



A soldadura de chapa galvanizada de pequena espessura é outra das aplicações da soldadura oxiacetilénica, já que o oxigénio da chama permite oxidar o zinco, aumentando, assim, a sua temperatura de volatilização e evitando, conseqüentemente, a sua perda. Por esta razão, utiliza-se a chama oxidante neste tipo de soldadura.

A aplicação deste processo de soldadura não está, contudo, limitada às aplicações acima referidas, podendo ser usada na soldadura de, praticamente, todos os materiais, como aço, cobre, alumínio e ferro fundido. A única limitação à sua utilização depende de razões de ordem económica, relacionadas com a baixa produtividade da sua aplicação manual.

MATERIAL DE BASE	CHAMA	FLUXO	MATERIAL DE ADIÇÃO
Aço vazado	Neutra	Não	Aço
Aço de alto teor em carbono	Redutora	Não	Aço
Ferro forjado	Neutra	Não	Aço
Ferro galvanizado	Neutra ou ligeiramente oxidante	Sim	Bronze
Fe fundido cinzento	Neutra ou ligeiramente oxidante	Sim	Fe fundido Bronze
Fe fundido maleável	Ligeiramente oxidante	Sim	Bronze
Aços Cr-Ni (vazados)	Neutra	Sim	Idêntico ao mat. Base ou Cr-Ni (25-12)
Aço Cr-Ni (18-8) Aço Cr-Ni (25-12)	Neutra	Sim	Aço inox estab. ao NB ou indêntico ao m.b.
Cobre	Neutra	Sim	Cu + elem. liga
Latão	Ligeiramente oxidante	Sim	Idêntico ao mat. base + Si e Mn

Tabela 3 - Exemplos de aplicação da soldadura oxiacetilénica.

Outra limitação resulta do facto de as zonas termicamente afetadas serem relativamente grandes, podendo provocar empenos importantes, sobretudo ao soldar chapas finas.

Na grande maioria dos casos, este processo é substituído com vantagens por outros processos, como a soldadura TIG ou MIG/MAG.



CONSUMÍVEIS

O processo de soldadura utiliza vários tipos de consumíveis. Para além dos gases combustível e comburente, utiliza, por vezes, materiais de adição e fluxos, estes últimos com o objetivo de escorificar certos componentes e de lhes baixar o seu ponto de fusão.

É o caso da soldadura do alumínio em que se adiciona um fluxo durante a soldadura, o qual, combinando-se com o alumínio, baixa o seu ponto de fusão, permitindo a soldadura. O material de adição é fornecido sob a forma de varetas nuas ou revestidas de fluxo, conforme a aplicação em causa, com comprimentos e diâmetros variados, escolhidos em função da quantidade de metal a depositar e da espessura das peças a serem unidas.

A classificação destes consumíveis é obtida através do recurso a diversas normas e códigos, nomeadamente, as normas americanas AWS e ASME, inglesas B.S., alemãs DIN. Eis alguns exemplos de normas vulgarmente utilizadas na classificação de consumíveis para soldadura oxiacetilénica:

- Aços macios ou de baixa liga com alta resistência
 - NP1318
- Materiais de adição para soldadura oxiacetilénica de aços carbono
 - PREN12536
 - AWS A 5.2/ASME SFA 5.2
 - BS1453
 - DIN 8554
- Materiais de adição para soldadura oxiacetilénica de ferros fundidos
 - AWSA5.15/ASMESFA5.15
 - BS 1453
- Materiais de adição para soldadura oxiacetilénica de alumínio e suas ligas
 - AWS A 5.8/ASME SFA 5.8
 - BS 1453
 - DIN 8512



Relativamente às normas americanas (AWS), é ainda de referir que a normalização de consumíveis de soldadura oxiacetilénica (como, de resto, para qualquer outro tipo de consumíveis) segundo o ASME, segue sempre a mesma classificação adotada pela AWS. Assim, por exemplo, uma vareta que, segundo a AWS A 5.2, é classificada como uma vareta R45, é classificada da mesma forma (R45) segundo a norma ASME SFA5.2. Apresenta-se, em seguida, um exemplo de um material de adição comercial para soldadura oxiacetilénica.

Marca comercial: VARETAS “FERROX”

DESIGNAÇÃO	DIN 8554	AWS-A.5.2-69
FERROX	GI	RG45

Utilização: soldadura de aço de construção ordinário e também para tubos e condutas de aço.

Características técnicas

Composição química da vareta

C 0,08; Mn 0,50%; Pmax = 0,025%; Smax = 0,025%

Características mecânicas médias do metal depositado

Tensão de cedência a 0,2%: 255-295 N/mm²

Tensão de rotura: 350-380 N/mm²

Extensão de rotura: 28-33%

Apresentação e embalagem

Cobreadas

Comprimento: 1 metro (+/- 2 mm)

Diâmetros: 2 a 6 mm

Embaladas em sacos de plástico estanques

Peso aproximado de 100 varetas:

Ø 2 mm 2,5 Kg; Ø 3 mm 6,5 Kg

Ø 4 mm 10,5 Kg; Ø 5 mm 16,5 Kg; Ø 6 mm 24 Kg



EXERCÍCIOS TEÓRICOS

EXERCÍCIO 1. Em que condições é utilizado o método de soldadura oxiacetilénica à esquerda?

EXERCÍCIO 2. Pretende fazer-se a preparação de uma junta topo-a-topo de duas chapas de aço com 8 mm de espessura utilizando a soldadura oxiacetilénica. Que tipo de junta utilizava neste caso?

EXERCÍCIO 3. Quais os cuidados de segurança que se devem ter quando se manipula o oxigénio?

EXERCÍCIO 4. Quais são os tipos de maçaricos utilizados na soldadura oxiacetilénica?



BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Soldagem - Processos e Metalurgia – Emílio Wainer, Sérgio Duarte Brandi, MM Editora

Tecnologia da soldadura - J. F. Oliveira Santos, Modulform

