

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS / MG
ENGENHARIA MECÂNICA
LUIZ ROBERTO DE LIMA JUNIOR

EXAUSTÃO DE FUMOS METÁLICOS: solda MIG

N. CLASS.	M671.52
CUTTER	L737e
ANO/EDIÇÃO	2012

Varginha - MG

2012

FEPESMI

LUIZ ROBERTO DE LIMA JUNIOR

EXAUSTÃO DE FUMOS METÁLICOS: solda MIG

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Erik Vitor da Silva

**Varginha - MG
2012**



LUIZ ROBERTO DE LIMA JUNIOR

EXAUSTÃO DE FUMOS METÁLICOS: solda MIG

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta por:

Aprovado em / /

Prof: Erik Vitor da Silva (Orientador)

Obs.:

Dedico este trabalho primeiramente a minha família, aos professores do Centro Universitário do Sul de Minas, aos sinceros amigos de classe e a todos que contribuíram para o bom desenvolvimento deste.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e determinação, aos meus pais Luiz Roberto e Eliane Gisele que tanto amo, aos meus irmãos, pelo apoio e confiança depositada e a todos que contribuíram para a realização deste.

RESUMO

O processo de soldagem produz substâncias tóxicas em forma de particulado fino e suspensão de pó, resultando em uma redução da produtividade e um dano à saúde do operador e trabalhadores ao redor do local de trabalho. O grande desafio de grandes empresas é a redução, eliminação e medidas de prevenção de agentes prejudiciais à saúde e ao ambiente de trabalho. Reduzindo assim possíveis gastos com ações trabalhistas. As partículas que constituem os agentes químicos provenientes do processo de solda são pequenas e podem ser facilmente inaladas, eles contem um conjunto de partículas metálicas e não metálicas e podem ser potencialmente perigosas ao trabalhador que ficar exposto ao ambiente contaminado. Empresas especializadas em exaustão de particulados, após anos de estudos desenvolveram vários equipamentos para a proteção do ambiente e do operador, seguindo conceito de normas técnicas vigentes no mercado.

Palavras chaves: processo de soldagem; exaustão; agentes químicos.

ABSTRACT

The welding process produces toxic substances in the form of fine particulate and dust suspension, resulting in a reduction of productivity and damage to the health of the operator and workers around the workplace. The big challenge for large companies is the reduction, elimination and prevention measures of agents harmful to health and the working environment. Reducing spending on labor actions possible. The particles which constitute the chemicals from the welding process are small and can easily be inhaled, they contain a set of metallic and non-metallic particles and can be potentially dangerous to worker is exposed to a contaminated environment. Companies specializing in exhaust particulates, after years of study developed various equipment for the protection of the environment and the operator, following the concept of technical standards prevailing in the market.

Keywords: welding process; exhaustion; chemical agents.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Processos de Soldagem por Fusão	11
Figura 2 - Processo básico de Soldagem MIG/MAG	12
Figura 3 - Equipamento utilizado no processo de soldagem MIG/MAG	16
Figura 4 - Potencial de ionização de gases utilizados na soldagem	17
Figura 5 - Perfis de cordões produzidos por arcos protegidos com gás inerte	18
Figura 6 - Misturas de gases	18
Figura 7 - Efeito da soldagem com mistura de gases	19
Figura 8 - Faixas de correntes.....	20
Figura 9 - Equipamentos de proteção individual.....	23
Figura 10 - Valores de lentes de proteção	24
Figura 11 - Particulados do Processo	25
Figura 12- Sistemas de Exaustão.....	34
Figura 13 - Braço Extrator Nederman	37
Figura 14 - Tocha MIG/MAG aspirada.....	38
Figura 15 – Unidade de exaustão e filtragem móvel.....	38
Figura 16 - Máscara com Filtragem de Fumos.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 SOLDAGEM POR FUSÃO	11
2.1 Definição	11
2.2 Solda MIG/MAG	12
2.3 Modos de Transferência de Metal.....	13
2.3.1 Transferência por Curto-circuito	14
2.3.2 Transferência Globular	14
2.3.3 Transferência “Spray” ou Aerossol	15
2.3.4 Transferência Controlada	15
3 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	16
4 GASES DE PROTEÇÃO.....	17
4.1 Gás Inerte	17
4.2 Gás Ativo	18
4.3 Misturas.....	18
5 TÉCNICA OPERATÓRIA.....	20
6 SEGURANÇA NA SOLDAGEM.....	22
6.1 Roupas de proteção	22
6.2 Radiação do Arco Elétrico	24
6.3 Fumos e Gases.....	25
7 AGENTES QUÍMICOS.....	26
7.1 Fumos.....	26
7.2 Poeiras	26
7.3 Fumaça	27
7.4 Névoas	27
7.5 Neblinas	27
7.6 Gases e Vapores	27
7.6.1 Gases.....	27
7.6.2 Vapores.....	28
7.7 Valores Limites	28
8 VENTILAÇÃO INDUSTRIAL.....	34
8.1 Ventilação Natural.....	35
8.2 Ventilação Geral	35
8.3 Ventilação Local Exaustora	35
8.4 Ventilação Geral Diluidora.....	36
9 EXAUSTÃO DE FUMOS SOLDA MIG.....	37
10 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O processo de solda MIG, conhecido como GMAW – *Gas Metal Arc Welding* possui um sistema de trabalho muito prático, na qual um consumível (eletrodo) de alimentação contínua, alimenta o arco elétrico gerado. O processo que é protegido por um gás ou mistura de gases, possui muitas vantagens e é muito utilizado dentro do processo industrial, pela sua facilidade de manuseio e qualidade do produto final, porém o mesmo produz muitas substâncias tóxicas, as quais causam danos à saúde do operador e ao meio ambiente.

Normas regulamentadoras, criadas pelo ministério do trabalho e emprego, estipulam valores limites para a liberação de agentes químicos, os quais são derivados do processo de solda. A intensidade e a substâncias geradas pelo processo depende de algumas variáveis do processo.

Os equipamentos de proteção individual minimizam os danos causados pelo processo, mas não eliminam totalmente da inalação de agentes químicos gerados.

Com pensamento na redução e eliminação de poluentes, após vários anos de pesquisas, empresas especializadas desenvolveram sistemas de exaustão para a captação e filtragem desses gases, com pensamento em preservação do meio ambiente, e principalmente a saúde e segurança do operador e ambiente de trabalho.

2 SOLDAGEM POR FUSÃO

2.1 Definição

Existem inúmeros processos por fusão são separados em subgrupos, por exemplo, de acordo com o tipo de fonte de energia usada para fundir as peças. Dentre estes, os processos de soldagem a arco (fonte de energia: arco elétrico) são os de maior importância industrial na atualidade. Devido à reação do material fundido com os gases da atmosfera, a grande maioria dos processos de soldagem por fusão utiliza algum meio de proteção para minimizar estas reações. Segue abaixo tabela que mostra os principais processos de soldagem por fusão e suas características principais.

Figura 1 - Processos de Soldagem por Fusão

PROCESSO	FONTES DE CALOR	TIPO DE CORRENTE E POLARIDADE	AGENTE PROTETOR OU DE CORTE	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Soldagem por eletro-escória	Aquecimento por resistência da escória líquida	Contínua ou alternada	Escória	Automática/Mecanizada. Junta na vertical. Arame alimentado mecanicamente na poça de fusão. Não existe arco	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga, espessura ≥ 50 mm. Soldagem de peças de grande espessura, eixos, etc.
Soldagem ao Arco Submerso	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo +	Escória e gases gerados	Automática/mecaniz. ou semi-automática. O arco arde sob uma camada de fluxo granular	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga. Espessura ≥ 10 mm. Posição plana ou horizontal de peças estruturais, tanques, vasos de pressão, etc.
Soldagem com Eletrodos Revestidos	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo + ou -	Escória e gases gerados	Manual. Vareta metálica recoberta por camada de fluxo	Soldagem de quase todos os metais, exceto cobre puro, metais preciosos, reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral.
Soldagem com Arame Tubular	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo +	Escória e gases gerados ou fornecidos por fonte externa. Em geral o CO_2	O fluxo está contido dentro de um arame tubular de pequeno diâmetro. Automático ou semi-automático	Soldagem de aço carbono com espessura ≥ 1 mm. Soldagem de chapas
Soldagem MIG/MAG	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo +	Argônio ou Hélio, Argônio + O_2 , Argônio + CO_2 , CO_2	Automática-mecaniz. ou semi-automática. O arame é sólido	Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga, não ferrosos, com espessura ≥ 1 mm. Soldagem de tubos, chapas, etc. Qualquer posição
Soldagem a Plasma	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou Argônio + Hidrogênio	Manual ou automática. O arame é adicionado separadamente. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arco é constrito por um bocal	Todos os metais importantes em engenharia, exceto Zn, Be e suas ligas, com espessura de até 1,5 mm. Passes de raiz
Soldagem TIG	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou misturas destes	Manual ou automática. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arame é adicionado separadamente.	Soldagem de todos os metais, exceto Zn, Be e suas ligas, espessura entre 1 e 6 mm. Soldagem de não ferrosos e aços inox. Passe de raiz de soldas em tubulações
Soldagem por Feixe Eletrônico	Feixe eletrônico	Contínua. Alta Tensão. Peça +	Vácuo ($\approx 10^{-6}$ mm Hg)	Soldagem automática. Não há transferência de metal. Feixe de elétrons focalizado em um pequeno ponto.	Soldagem de todos os metais, exceto nos casos de evolução de gases ou vaporização excessiva, a partir de 25 mm de espessura. Indústria nuclear e aeroespacial.
Soldagem a Laser	Feixe de luz		Argônio ou Hélio	Como acima	Como acima. Corte de materiais não metálicos
Soldagem a Gás	Chama oxiacetilénica		Gás (CO , H_2 , CO_2 , H_2O)	Manual. Arame adicionado separadamente	Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro

Fonte: Modonesi e Marques (2000)

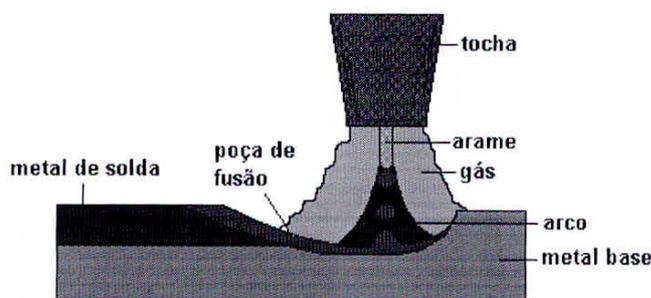
2.2 Solda MIG/MAG

A soldagem com gás de proteção (*GMAW – Gas Metal Arc Welding*), também conhecida por soldagem MIG/MAG (*MIG – Metal Inert Gas e MAG – Metal Active Gas*), um arco elétrico é estabelecido entre a peça e o arame (consumível). O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado a poça de fusão, sendo a região da solda protegida contra contaminação da atmosfera, por uma mistura de gases inertes ou ativos.

A alimentação de arame eletrodo é feita mecanicamente, tornando-se assim o processo normalmente semiautomático. O soldador é responsável pela iniciação e interrupção da soldagem, sendo a manutenção do arco garantida pela alimentação contínua do arame eletrodo.

O calor gerado pelo arco é usado para fundir as peças a serem unidas e o arame eletrodo, que é transferido para a junta e constitui o metal de adição.

Figura 2 - Processo básico de Soldagem MIG/MAG



Fonte: TRIVELLATO, 2008, p.2

As principais vantagens do processo MIG/MAG com relação outros processos são:

- a) Alta taxa de deposição e alto fator de ocupação do soldador;
- b) Grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis;
- c) Não existência de fluxos de soldagem;
- d) Ausência de operações de remoção de escória e limpeza;
- e) Exigência de menor habilidade do soldador;
- f) Não há perdas de pontas como no eletrodo revestido;

- g) Tempo total de execução de soldas de cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido;
- h) Alta taxa de deposição do metal de solda;
- i) Alta velocidade de soldagem; menos distorção das peças;
- j) Largas aberturas preenchidas ou amanteigadas facilmente, tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes;
- k) Baixo custo de produção.
- l) Soldagem pode ser executada em todas as posições;
- m) Processo pode ser automatizado;
- n) Cordão de solda com bom acabamento;

As principais desvantagens do processo são:

- a) Maior sensibilidade à variação dos parâmetros;
- b) Maior custo do equipamento;
- c) Maior necessidade de manutenção do equipamento;
- d) Não deve ser utilizado em presença de corrente de ar;
- e) Probabilidade elevada de gerar porosidade no cordão de solda;
- f) Produção de respingos;
- g) Manutenção mais trabalhosa;
- h) Alto custo do equipamento em relação à Soldagem com Eletrodo Revestido;
- i) Alto custo do arame consumível;

2.3 Modos de Transferência de Metal

Na soldagem com eletrodos consumíveis, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O metal fundido se transfere desde o eletrodo para a peça, é determinado por complexas interações de forças, as quais são determinadas pelos seguintes fatores:

- a) Natureza do gás de proteção
- b) Polaridade e tipo (contínuo ou pulsado) da corrente
- c) Densidade da corrente
- d) Tensão
- e) Extensão do eletrodo após contato elétrico
- f) Composição química
- g) Diâmetro do eletrodo

h) Pressão do ambiente

Pode se considerar quatro formas básicas existentes de transferência de metal de adição do eletrodo para a peça: transferência por curto – circuito, transferência globular, transferência por “spray” ou aerosol e transferência controlada.

2.3.1 Transferência por Curto-circuito

Ocorre quando se utiliza baixos valores de tensão e corrente e é o modo mais utilizado para soldagens fora da posição, ou quando é necessária baixa energia para soldagem (união de peças com pequenas espessuras).

Uma gota de metal se forma na ponta do eletrodo e vai aumentando de diâmetro, até tocar na poça de fusão, sendo rapidamente atraída para esta, como consequência da ação da tensão superficial. Este modo de transferência caracteriza-se por uma grande instabilidade no arco, podendo apresentar a formação intensa de respingos. (Marques P.V, pag 235)

Para se limitar a quantidade de respingos, devem-se ajustar adequadamente os parâmetros de soldagem e ajustar a indutância na fonte de energia, para que os curtos-circuitos ocorram de forma mais suave, com um máximo valor de corrente durante o processo limitado e de modo que a ponta do eletrodo fique parcialmente mergulhada na poça de fusão.

2.3.2 Transferência Globular

Ocorre com valores de tensão e corrente intermediários e tem como resultado arco mais estável que o caso anterior, contudo a transferência é mais caótica e imprevisível. O diâmetro das gotas varia com a corrente, tendendo a diminuir com o aumento da corrente.

A transferência globular é caracterizada por um nível de respingos relativamente elevado e, como gotas de metal fundido se transferem principalmente por ação da gravidade, sua utilização estaria limitada à posição plana, mas, em função de seu caráter casuístico, é evitada. (Marques P.V, pag 236).

Aumentando a corrente de soldagem, o diâmetro médio das gotas de metal líquido diminui, até que, acima de uma certa faixa conhecida como “corrente de transição” há uma mudança brusca no modo de transferência, passando de globular para aerosol ou “spray”.

2.3.3 Transferência “Spray” ou Aerossol

As gotas sofrem ação de várias forças de origem eletromagnética, sobrepondo a força da gravidade, tornando o modo aplicável a qualquer posição de soldagem, entretanto, como a transferência só se torna possível com correntes elevadas, não pode ser usada para a soldagem de chapas finas, e devido ao tamanho da poça de fusão e de difícil controle, a utilização fora de controle torna-se improvável.

2.3.4 Transferência Controlada

Na soldagem com fontes eletrônicas podem-se obter outros modos de transferência introduzindo perturbações controladas na corrente de soldagem e/ou na alimentação do arame, tendo como objetivo uma transferência controlada de metal de adição, adquirindo características da transferência por “spray”, mas com níveis bem mais baixos de corrente média, permitindo a utilização em chapas finas ou fora da posição plana.

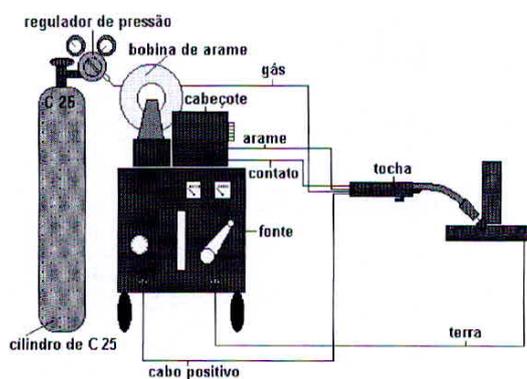
A transferência controlada mais utilizada é a pulsada, que se trata de uma transferência parecida com a globular, porém com maiores índices de estabilidade e uniforme.

A transferência é conseguida pela pulsação da corrente de soldagem em dois patamares, um inferior à corrente de transição e outro superior a esta, de modo que durante o período de tempo em que a corrente é baixa uma gota se forma e cresce na ponta do arame e esta é transferida quando o valor da corrente salta para o valor elevado. (Marques P.V, pag 240)

3 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

O equipamento básico para a soldagem é composto de uma fonte de energia, um alimentador de arame, uma tocha de soldagem e do gás de proteção, além de cabos e mangueiras, como mostra a ilustração abaixo.

Figura 3 - Equipamento utilizado no processo de soldagem MIG/MAG



Fonte: TRIVELLATO, 2008, p.2

Segundo Marques P.V, a tocha de soldagem consiste basicamente de punho ou suporte, que sustenta o bico de contato, que faz a energização do arame eletrodo, de um bocal que orienta o fluxo de gás protetor de um gatilho de acionamento do sistema.

O bico de contato consiste de um tubo à base de cobre, sendo o diâmetro interno pouco superior ao diâmetro do arame eletrodo e serve de contato elétrico deslizante. O bocal é feito de cobre ou material cerâmico, e seu diâmetro deve ser compatível com a corrente e o fluxo de gás. Dependendo de sua capacidade e do fator de trabalho, as tochas podem ser resfriadas a água, ou pelo próprio gás de proteção.

A fonte de gás normalmente consiste de um cilindro de gás ou mistura de gases para a proteção do cordão de solda, podendo ser também em grandes oficinas instalações centralizadas para a distribuição em um grande numero de equipamentos.

Os arames para soldagem são constituídos de metais ou ligas metálicas que possuem composição química, dureza, condições superficiais e dimensões bem controladas, geralmente os arames de aço para soldagem MIG/MAG são cobreados, protegendo o arame da corrosão e melhorando o contato elétrico.

4 GASES DE PROTEÇÃO

O tipo de gás possui grande influência nas características do arco e na transferência de metal, penetração, a largura e o formato do cordão de solda, a velocidade máxima de soldagem, a tendência ao aparecimento de mordeduras e o custo da operação. Gases podem ser inertes ou ativos, ou ainda uma mistura destes.

Para a existência do arco elétrico é preciso que estejam disponíveis partículas carregadas eletricamente. Portanto, as reações que ocorrem no arco elétrico são:

- Dissociação: ruptura das moléculas ($G_2 = 2G$)
- Ionização: expulsão dos elétrons ($G = G^+ + e^-$)

Sendo como característica fundamental dos gases de proteção seu potencial de ionização, que corresponde a energia mínima necessária para liberar elétrons. Segundo Ivanilza, sendo que quanto maior o potencial de ionização de um gás, mais energia será necessária para estabelecer e manter um arco elétrico. A tabela abaixo apresenta valores de ionização típicos de gases utilizados na soldagem.

Figura 4 - Potencial de ionização de gases utilizados na soldagem

Gases	Potencial de Ionização (eV)
Hélio	24,588
Argônio	17,760
Hidrogênio	15,430
Dióxido de Carbono	13,770
Oxigênio	12,070

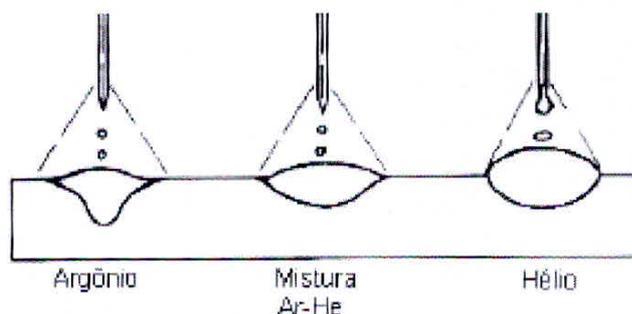
Fonte: IVANILZA, pag 26

4.1 Gás Inerte

Argônio e hélio são gases inertes, esses gases puros ou misturados são utilizados para a soldagem de materiais não ferrosos, aço carbono, de baixa liga e inoxidável, tendo como principal diferença entre os dois a densidade, condutividade térmica e o potencial de ionização.

O argônio é aproximadamente 1,4 vez mais denso que o ar, enquanto o hélio é aproximadamente 0,14 vez a do ar, sendo portanto o argônio mais efetivo na proteção do arco e metal fundido na posição plana.

Figura 5 - Perfis de cordões produzidos por arcos protegidos com gás inerte



Fonte: IVANILZA, pag 28

4.2 Gás Ativo

Dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) são exemplos de gases ativos. O dióxido de carbono pode ser utilizado puro ou em mistura, sendo que o oxigênio somente é utilizado em mistura. O dióxido de carbono é altamente utilizado na soldagem de aço carbono e baixo liga, pois produz soldas de qualidade aceitável na maioria das aplicações, sua composição é 27% de carbono e 73% de oxigênio.

4.3 Misturas

Misturas de gases ternárias ou multicomponentes tem apresentado resultado muito satisfatório em operações de soldagem. Soldagem de aços inoxidáveis austeníticos, filete vertical em aço carbono, soldagem robotizada, são exemplos de onde misturas de gases tem tido efeitos muito satisfatórios, pois pode-se obter menor consumo, melhor penetração, menor nível de respingos, perfil de cordão mais adequado.

As misturas de gases tem como base o argônio, o CO_2 , o oxigênio (O_2) e o hélio, podendo ainda conter nitrogênio ou hidrogênio. As especificações AWS A 5.32 trata dos gases de proteção para soldagem.

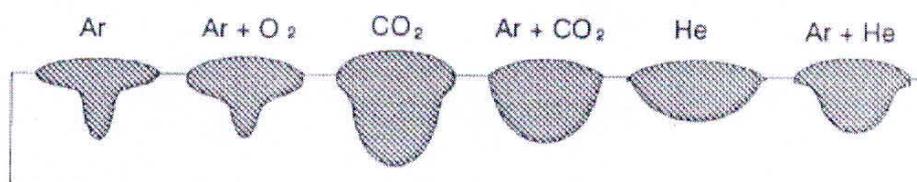
Figura 6 - Misturas de gases

Classificação AWS	Mistura Típica de Gás (%)	Gases de Proteção
SG-AC-25	75/25	Argônio + CO ₂
SG-AO-2	98/2	Argônio + Oxigênio
SG-AHe-10	90/10	Argônio + Hélio
SG-AH-5	95/5	Argônio + Hidrogênio
SG-HeA-25	75/25	Hélio + Argônio
SG-HeAC-7.5/2.5	90/7.5/2.5	Hélio + Argônio + CO ₂
SG-ACO-8/2	90/8/2	Argônio + CO ₂ + Oxigênio
SG-A-G	Especial	Argônio + Mistura
Tolerância de +/- 10% para o gás de menor valor.		

Fonte: AWS A 5.32

A figura abaixo mostra a seção transversal típica de cordões de solda feitos com diferentes gases e misturas.

Figura 7 - Efeito da soldagem com mistura de gases



Fonte: IVANILZA, pag 28

5 TÉCNICA OPERATÓRIA

A habilidade requerida pelo operado é menor que no processo de soldagem por eletrodo revestido, já que a alimentação de arame é mecanizada, dispensando o mergulho do eletrodo em direção à peça. Entretanto devido ao número de variáveis de processo, a otimização de parâmetros é mais difícil de ser conseguida.

Para se iniciar a operação, deve-se aproximar a tocha da peça e ao acionar o gatilho de disparo, inicia-se a alimentação de arame e de gás de proteção e à energização do circuito de soldagem (abertura do arco elétrico). Com a abertura do arco, aguarda-se a formação da poça de fusão e seu crescimento, até o tamanho desejado, iniciando assim o movimento de translação ao longo da junta com uma velocidade uniforme. Para se interromper o processo, simplesmente deve-se soltar o gatilho, interrompendo a corrente de soldagem e o fluxo de gás, extinguindo-se o arco elétrico.

Segundo Marques P.V, as principais variáveis do processo MIG/MAG são a tensão, a corrente e a polaridade arco de soldagem, a velocidade de deslocamento, a vazão de gás protetor e o diâmetro do comprimento do eletrodo percorrido pela corrente elétrica, conhecido como “stickout”.

Para cada diâmetro de eletrodo, existe uma faixa de corrente de soldagem, de forma que o arco apresente boas condições de operação, segue abaixo tabela com faixas de correntes para diferentes arames e materiais.

Figura 8 - Faixas de correntes

Materiais	Diâmetro do eletrodo (mm)	Faixa de corrente (A)
Aço carbono e de baixa liga	0,8	70 - 180
	1,0	90 - 220
	1,2	100 - 270
	1,6	130 - 380
	2,4	250 - 490
Aço inoxidável austenítico	0,8	60 - 180
	1,0	80 - 200
	1,2	90 - 260
	1,6	170 - 320
Alumínio	0,8	70 - 150
	1,2	80 - 200
	1,6	120 - 300
	2,4	180 - 350
Cobre	0,8	70 - 170
	1,2	90 - 250
	1,6	150 - 400

Fonte: Marque P.V, pag 253

Normalmente é utilizada corrente contínua e polaridade inversa, eletrodo positivo, que resulta em grandes penetrações e estabilidade do arco. Quando não há necessidade de grandes penetrações usa-se polaridade direta, que eventualmente pode ser utilizada para aumentar a velocidade de deposição.

A escolha da corrente de soldagem é feita de acordo com a espessura das peças a unir, do diâmetro do eletrodo e da geometria do cordão de solda, pois a corrente influencia diretamente na penetração, largura e reforço do cordão, na taxa de deposição e na energia de soldagem, e na transferência de metal. Corrente alternada geralmente não é utilizada.

A tensão afeta diretamente o comprimento do arco, o modo de transferência de metal e o formato do cordão. Quando a tensão se encontra muito elevada, resultam em maior largura da solda e a tendência à formação de respingos, enquanto tensões baixas favorecem a transferência por curto-circuito e maior instabilidade do arco, esta por sua vez facilita a absorção de gases da atmosfera, resultando em concavidade excessiva e má concordância do cordão com a peça.

A tensão de soldagem deve ser escolhida de acordo com a corrente de soldagem e o gás de proteção, para cada passe de soldagem. A distância entre a extremidade do bico de contato da tocha e a extremidade do arame em contato com o arco é definido por “stickout”, ou extensão elétrica. Em geral tem-se o “stickout” como sendo a distância entre o bico de contato até a peça.

Quanto maior for essa distância, maior será o aquecimento do arame por efeito Joule e, portanto, menor a corrente necessária para fundir o arame, mantida a velocidade de alimentação. (Marques P.V, 2002)

A vazão de gás protetor deve ser o suficiente para a proteção eficiente contra a contaminação do arco e da solda pela atmosfera. Quanto maior a corrente, maior a poça de fusão e a área a proteger, havendo então a necessidade de uma maior vazão. Vazões reduzidas levam ao aparecimento de porosidade e problemas devido a falta de proteção, como perda de elementos de liga e deterioração de propriedades. Por sua vez, vazões muito elevadas levam a tornar o cordão de solda irregular, causam depressões na poça de fusão e elevam o custo da operação.

A velocidade de soldagem muito baixa eleva o custo, e causam problemas metalúrgicos devido a alta energia de soldagem. Velocidade de soldagem altas resultam em menores penetração, reforço e largura do cordão, propícia o aparecimento de mordeduras, falta de fusão e/ou penetração do cordão de solda.

6 SEGURANÇA NA SOLDAGEM

Medidas de segurança são muito importantes em soldagem e operações relacionadas, pois numerosos são os riscos envolvidos podendo provocar danos ao pessoal, equipamento e instalações.

Um componente fundamental da segurança em soldagem e outras praticas industriais é o apoio, orientação e envolvimento direto das chefias e gerências, que devem estabelecer claramente os objetivos e o plano de segurança da empresa.(Marques P.V, 2002)

Deve-se existir áreas apropriadas para operações de soldagem e corte, equipamentos de soldagem e de segurança devidamente aprovados, fiscalização interna de normas de segurança, sinais de advertência, inspeção e manutenção periódica dos equipamentos e instalação, além de treinamento aos envolvidos.

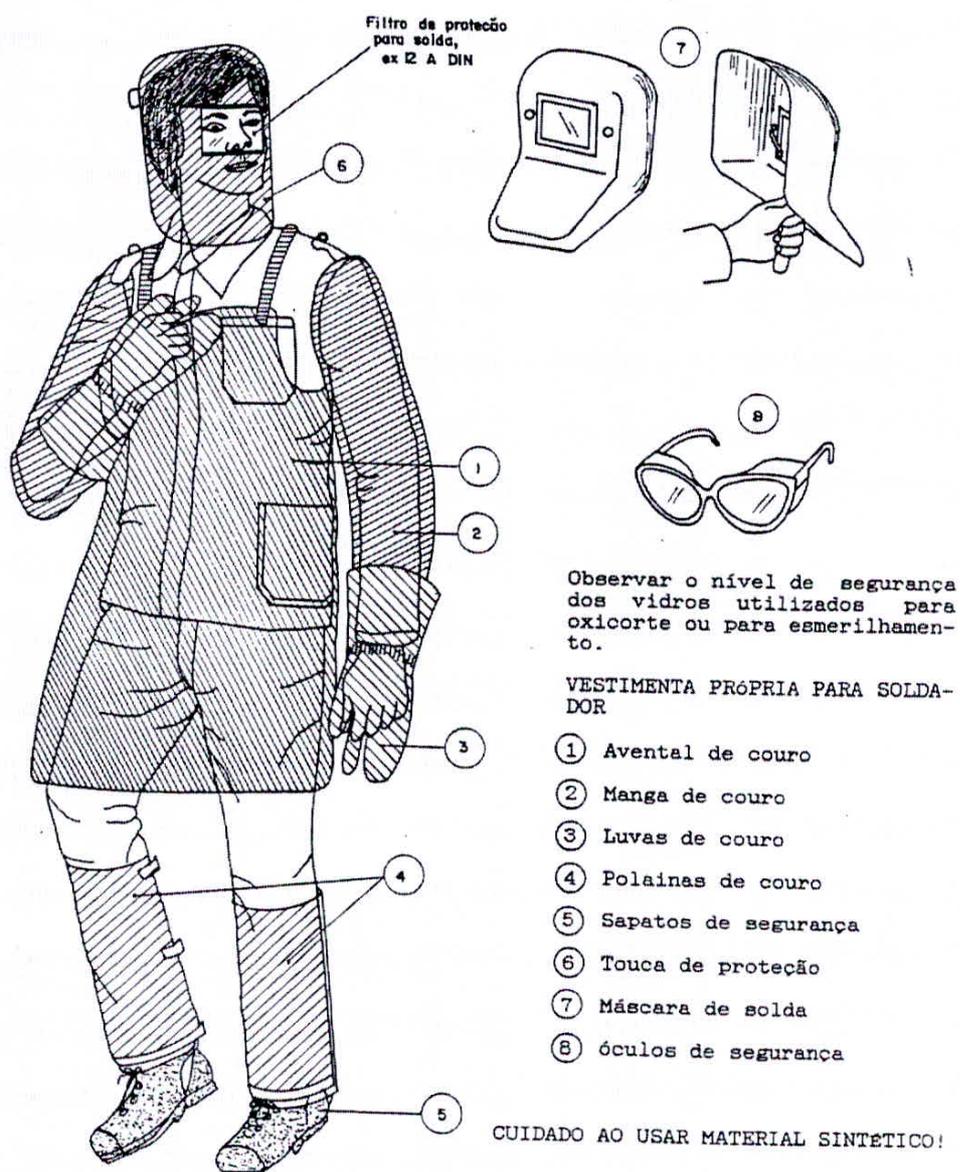
6.1 Roupas de proteção

Para a realização do processo de soldagem algumas vestimentas apropriadas devem ser utilizadas, devido a altas temperaturas dos materiais manipulados, a exposição a uma grande quantidade de luz e a outras formas de radiação eletromagnética e ao contato com respingos (partículas metálicas incandescentes projetadas em alta velocidade).

Os soldadores expostos diretamente a estes riscos necessitam de equipamentos próprios para a proteção do corpo, da cabeça e dos olhos, estes devem permitir a liberdade dos movimentos e protegendo adequadamente as diversas partes do corpo minimizando a chance de queimaduras e outras lesões.

Segundo Marques P.V, roupas de raspas de couro são as mais adequadas ao soldador, devido à durabilidade e a resistência ao fogo. Tecidos sintéticos ou de algodão devem ser evitados, pois podem fundir ou pegar fogo quando expostos a calor intenso. As vestimentas devem ser mantidas limpas, livre de graxa e óleo, pois podem pegar fogo e queimar com seu aquecimento.

Figura 9 - Equipamentos de proteção individual



Fonte: TRIVELLATO, 2008, p.15

6.2 Radiação do Arco Elétrico

Segundo Marques P.V, o arco elétrico é formado em gases ionizados a uma temperatura muito elevada e capaz de gerar radiação eletromagnética intensa na forma de infravermelho, luz visível e ultravioleta. Sendo necessária essencial a proteção dos olhos, que pode causar a queima da retina e catarata.

Uma pequena exposição pode ser causadora de irritação nos olhos conhecida como “flash do soldador” a qual pode ser sentida algumas horas após a exposição, causando grande desconforto, inchaço dos olhos, secreção de fluidos e cegueira temporária. Exposições prolongadas ou repetidas podem levar a lesões permanentes nos olhos.

Individualmente o soldador deve se proteger utilizando roupas opacas e máscaras com filtros de luz adequados, já a proteção de terceiros pode ser proporcionada com o uso de biombos e cortinas não refletoras, pois a radiação pode causar queimaduras na pele, ofuscamento, fadiga visual e dor de cabeça.

Figura 10 - Valores de lentes de proteção

Soldagem e arco elétrico				
Operação	Diâmetro do Eletrodo (mm)	Corrente de soldagem (A)	Filtro para proteção mínima	Filtro sugerido para conforto
Eletrodo revestido	<2,6	< 60	7	-
	2,6 - 4,0	60 - 160	8	10
	4,0 - 6,4	160 - 250	10	12
MIG-MAG Arque tubular	-	250 - 550	11	14
		< 60	7	-
		60 - 160	10	11
TIG	-	160 - 250	10	12
		250 - 550	10	14
		< 50	8	10
Gouagem	-	50 - 150	8	12
		150 - 500	10	14
		< 600	10	12
		500 - 1000	11	14
Soldagem e corte oxiacetilênico				
Operação		Espessura da chapa (mm)	Filtro sugerido para conforto	
Soldagem	Leve	< 3,2	4 ou 5	
	Média	3,2 - 12,7	6 ou 6	
	Pesada	> 12,7	8 ou 8	
Corte	Leve	< 25,4	3 ou 4	
	Média	25 - 150	4 ou 5	
	Pesada	> 150	5 ou 6	

Fonte: Marques P.V, 2002

Com a evolução da tecnologia, novas máscaras eletrônicas foram criadas, baseadas na tecnologia de cristal líquido. Este tipo possui um visor que é claro quando não há arco aberto,

permitindo assim que se enxergue normalmente. Quando o arco é iniciado e há emissão de radiação, o visor escurece em milésimos de segundo, oferecendo assim proteção ao operador sem que aja necessidade de nenhuma ação do operador.

6.3 Fumos e Gases

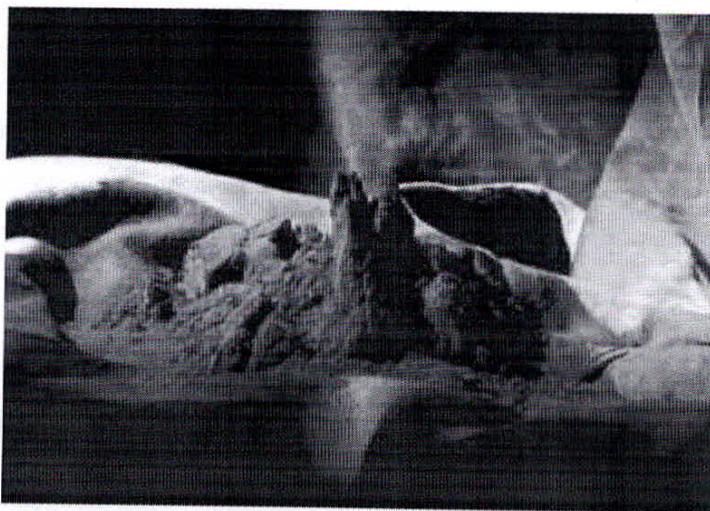
As operações de soldagem podem gerar fumos e gases que podem ser prejudiciais à saúde por diversos motivos. Segundo Marques P.V, os gases de proteção usados em alguns processos de soldagem (argônio, CO₂, e misturas), não são tóxicos, mas deslocam o ar, pois são mais pesados que este e podem causar asfixia e mortes se forem usados em ambientes fechados.

As operações de soldagem devem ser efetuadas em locais bem ventilados, e dependendo da necessidade, devem ser usados ventiladores, exaustores, máscaras contra gases ou equipamentos de proteção respiratória.

Cabe ao operador se atentar para a direção tomada pela coluna de fumos gerados durante o processo, tentando assim se posicionar e se manter afastado da mesma.

Com avanço da tecnologia, sistemas de exaustão de gases/fumos podem ser acoplados às tochas de soldagem e instalados sistemas para a captação dos gases/fumos metálicos gerados no processo.

Figura 11 - Particulados do Processo



Partículas em suspensão coletadas após duas semanas de atividade de solda. Um soldador produz de 20 a 40g de fumos por hora, o que corresponde a aproximadamente 35-70kg por ano.

Fonte: NEDERNAM, 2012

7 AGENTES QUÍMICOS

Segundo BRASIL, NR9 consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo através da pele ou por ingestão.

Dentre os mais variados riscos ambientais gerados em um processo industrial, ocupam de grande importância os agentes químicos, que podem ser qualquer tipo de produção que envolve transformações físicas (operações unitárias) e/ou químicas (processos unitários ou conversão química) em ambos os casos, poderá haver emissão dos agentes para o meio ambiente.

Segundo a sua natureza, os agentes químicos classificam-se em aerossol (poeiras, névoas, neblinas, fumos, gases e vapores), podendo penetrar no organismo por via respiratória, dérmica, digestiva ou penetral. (CORREA, M. A. C.; SALIBA, T. M.; pag 11)

Aerossóis podem ser formados por dispersão como resultado de pulverização, atomização de sólidos ou líquidos, ou estado de suspensão em virtude da ação de correntes de ar. As partículas se apresentam de tamanho variado e de forma irregular, e podem ser formados também pela condensação de vapores supersaturados ou por uma reação processada entre gases, produzindo um material não volátil.

7.1 Fumos

Partículas sólidas, com diâmetros inferiores a 10 microns (cada micron = 0,001 mm). Resultado da condensação de partículas em estado gasoso, geralmente após volatilização de metais fundidos, e praticamente acompanhada de oxidação.

7.2 Poeiras

Possui diâmetros que variam de 1 micron a 100 microns, são partículas sólidas maiores que as coloidais. Resultam da desintegração mecânica de substâncias inorgânicas ou orgânicas, sendo consequência de operações de britagem, moagem, trituração, esmerilhamento, peneiramento, usinagem mecânica, fundição, demolição.

Segundo Macintyre, as poeiras de dimensões maiores são as vezes designados por particulados, ou areia finas, ou ainda, material fragmentado. Não se difundem; ao contrario, precipitam pela ação da gravidade.

7.3 Fumaça

Segundo Macintyre, são aerossóis constituídos por produtos resultantes da combustão incompleta de materiais orgânicos (lenha, óleo combustível, carvão, papel, cigarro etc.) As partículas possuem diâmetros inferiores a 1 micron.

7.4 Névoas

São gotículas líquidas com diâmetro entre 0,1 e 100 microns, resultante da condensação de vapores, sendo consequência de operações de pulverização, nebulização, respingos. Ex: tinta pulverizada.

7.5 Neblinas

As neblinas se classificam como partículas fog (cerração, orvalho, dispersões de água ou gelo), e partículas mist (pulverizações, atomizações, espirro de uma pessoa)

7.6 Gases e Vapores

Ocorrem em certos ambientes ou processo industriais, como é o caso NH_3 , SO_2 , NO_2 , CO , CH_4 , Cl e CO_2 (em excesso). Esses podem ser classificados como gases e vapores irritantes, gases e vapores anestésicos, gases e vapores asfixiantes.

7.6.1 Gases

Quando determinada substância, em condições normais de temperatura e pressão (25°C e 760 mmHg) encontram-se no estado gasoso, sendo fluidos amorfos e podem mudar de estado físico unicamente por uma combinação de pressão e temperatura. Ex: Hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

7.6.2 Vapores

Uma substância em sua fase gasosa, a condições normais de temperatura e pressão (25°C e 760 mmHg) torna-se líquida ou sólida. O vapor pode haver modificação em seu estado, de acordo com uma variação de pressão ou sobre sua temperatura. Ex: Vapores de água, vapores de gasolina.

7.7 Valores Limites

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

A ACGIH é uma associação dedicada ao desenvolvimento dos aspectos técnicos e administrativos da proteção e saúde do trabalhador, tanto nas instituições públicas quanto nas universidades. Os comitês encarregados da elaboração de critérios dos TLVs são reconhecidos internacionalmente por suas contribuições no campo da higiene industrial. (CORREA, M. A. C; SALIBA, T. M.; pag: 64)

Segundo CORRÊA, a ACGIH estabelece bianualmente, limites de exposições para diversas substâncias químicas, dentre elas gases e vapores, baseados nas informações oriundas de experiências industriais em humanos ou estudos animais.

Os valores fixados pela norma americana ACGIH, foram utilizados de base para a criação da norma brasileira, NR15: ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES.

Para a caracterização de insalubridade ocorrer, onde os trabalhadores ficarem expostos a agentes químicos, que ultrapassem os valores limites de tolerâncias citados na tabela abaixo. Sendo que os valores fixados na tabela são válidos para absorção por via respiratória.

A classificação por "asfixiantes simples", a concentração mínima de oxigênio deverá ser de 18% do volume. Quando as concentrações se encontrarem abaixo, deverão ser considerados de risco grave e iminente.

Segundo BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. NR15 na coluna "VALOR TETO" estão assinalados os agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho. Devendo se atentar para agentes químicos que podem ser absorvidos pela pele, exigindo assim a utilização do EPI necessário para a proteção.

6. A avaliação das concentrações dos agentes químicos através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto - ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma das amostragens deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 (vinte) minutos.

7. Cada uma das concentrações obtidas nas referidas amostragens não deverá ultrapassar os valores obtidos na equação que segue, sob pena de ser considerada situação de risco grave e iminente.

Valor máximo = L.T. x F. D.

Onde:

L.T. = limite de tolerância para o agente químico, segundo o Quadro n.º 1.

F.D. = fator de desvio, segundo definido no Quadro n.º 2.

QUADRO N.º 2			
L.T.			F.D.
(pp. ou mg/m ³)			
0	a	1	3
1	a	10	2
10	a	100	1,5
100	a	1000	1,25
acima	de	1000	1,1

Fonte: (BRASIL, ministério do trabalho e emprego. NR15; pag: 63)

Para uma jornada de 8 horas diárias, a média aritmética das concentrações ultrapassarem os valores fixados no quadro acima, deverá ser considerada excedida. Sendo que para agentes químicos os valores ultrapassarem os valores de tolerância (Valor teto), considerar como valores excedidos.

Tabela 1 - Valores dos agentes químicos

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Asfixiante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Álcool isoamílico			78	280	mínimo
Álcool n-butílico	+	+	40	115	máximo
Álcool isobutílico			40	115	médio
Álcool sec-butílico (2-butanol)			115	350	médio
Álcool terc-butílico			78	235	médio
Álcool etílico			780	1480	mínimo
Álcool furfúrico		+	4	15,5	médio
Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Álcool metílico		+	156	200	máximo
Álcool n-propílico		+	156	390	médio
Álcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidrido sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo
Argônio			Asfixiante	simples	-
Arsina (arsenamina)			0,04	0,16	máximo
Benzeno					
Brometo de etila			156	695	máximo
Brometo de metila		+	12	47	máximo
Bromo			0,08	0,6	máximo
Bromoetano (vide brometo de etila)			-	-	-
Bromofórmio		+	0,4	4	médio
Bromometano (vide brometo de metila)			-	-	-
1,3 Butadieno			780	1720	médio
n-Butano			470	1090	médio
n-Butano (vide álcool n-butílico)			-	-	-
sec-Butanol (vide álcool sec-butílico)			-	-	-
Butanona (vide metil etil cetona)			-	-	-
1-Butanotiol (vide butil mercaptana)			-	-	-
n-Butilamina	+	+	4	12	máximo
Butil cellosolve		+	39	190	médio
n-Butil mercaptana			0,4	1,2	médio
2-Butóxi etanol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Cellosolve (vide 2-etóxi etanol)			-	-	-
Chumbo			-	0,1	máximo
Cianeto de metila (vide acetonitrila)			-	-	-
Cianeto de vinila (vide acrilonitrila)			-	-	-
Cianogênio			8	16	máximo

Fonte: BRASIL, ministério do trabalho e emprego. NR15

Continuação Tabela 2 - Valores dos agentes químicos

Ciclohexanol			40	160	máximo
Ciclohexilamina		+	8	32	máximo
Cloreto de carbonila (vide fosgênio)			-	-	-
Cloreto de etila			780	2030	médio
Cloreto de fenila (vide cloro benzeno)			-	-	-
Cloreto de metila			78	165	máximo
Cloreto de metileno			156	560	máximo
Cloreto de vinila		+	156	398	máximo
Cloreto de vinilideno			8	31	máximo
Cloro			0,8	2,3	máximo
Clorobenzeno			59	275	médio
Clorobromometano			156	820	máximo
Cloroetano (vide cloreto de etila)			-	-	-
Cloroetilico (vide cloreto de vinila)			-	-	-
Clorodifluometano (freon 22)			780	2730	mínimo
Clorofórmio			20	94	máximo
1-Cloro 1-nitropropano			16	78	máximo
Cloroprene		+	20	70	máximo
Cumeno		+	39	190	máximo
Decaborano		+	0,04	0,25	máximo
Demeton		+	0,008	0,08	máximo
Diamina (vide hidrazina)			-	-	-
Diborano			0,08	0,08	máximo
1,2-Dibromoetano		+	16	110	médio
o-Diclorobenzeno			39	235	máximo
Diclorodifluometano (freon 12)		+	780	3860	mínimo
1,1 Dicloroetano			156	640	médio
1,2 Dicloroetano			39	156	máximo
1,1 Dicloroetileno (vide cloreto de vinilideno)			-	-	-
1,2 Dicloroetileno			155	615	médio
Diclorometano (vide cloreto de metilino)			-	-	-
1,1 Dicloro-1-nitroetano		+	8	47	máximo
1,2 Dicloropropano			59	275	máximo
Diclorotetrafluoreto (freon 114)			780	5460	mínimo
Dietil amina			20	59	médio
Dietil éter (vide éter etílico)			-	-	-
2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)		+	0,016	0,11	máximo
Diisopropilamina		+	4	16	máximo
Dimetilacetamida		+	8	28	máximo
Dimetilamina			8	14	médio
Dimetilformamida			8	24	médio
1,1 Dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono			3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre			4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio		+	4	7	máximo
Dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo
Estubina			0,08	0,4	máximo
Estireno			78	328	médio
Etanol (vide acetaldéido)					
Etano			Asfixiante	simples	
Etanol (vide etílico)					
Etanotiol (vide etil mercaptana)					
Éter de cloroetilico		+	4	24	máximo
Éter etílico			310	940	médio
Éter monobutílico do etileno glicol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Éter monoetilico do etileno glicol (vide cellosolve)			-	-	-

Fonte: BRASIL, ministério do trabalho e emprego. NR15

Continuação Tabela 3 - Valores dos agentes químicos

Éter monometílico do etileno glicol (vide metil cellosolve)			-	-	-	
Etilamina			8	14	máximo	
Etilbenzeno			78	340	médio	
Etileno			Asffixiante	simples		
Etilenoimina		+	0,4	0,8	máximo	
Etil mercaptana			0,4	0,8	médio	
n-Etil morfolina		+	16	74	médio	
2-Etoxi etanol		+	78	290	médio	
Fenol		+	4	15	máximo	
Fluortriclorometano (freon 11)			780	4370	médio	
Formaldeído (formol)		+	1,6	2,3	máximo	
Fosfina (fosfamina)			0,23	0,3	máximo	
Fosgênio			0,08	0,3	máximo	
Freon 11 (vide fluorotriclorometano)						
Freon 12 (vide diclorodifluorometano)						
Freon 22 (vide clorodifluorometano)						
Freon 113 (vide 1,1,2, triclora-1,2,2-trifluoretano)			-	-	-	
Freon 114 (vide declorotetrafluoretano)						
Gás amoníaco (vide amônia)						
Gás carbônico (vide dióxido de carbono)						
Gás cianídrico (vide ácido cianídrico)						
Gás clorídrico (vide ácido clorídrico)						
Gás sulfídrico			8	12	máximo	
Hélio			Asffixiante	simples		
Hidrazina		+	0,08	0,08	máximo	
Hidreto de antimônio (vide estibina)						
Hidrogênio			Asffixiante	simples		
Isobutanol (vide álcool isobutílico)						
Isopropilamina			4	9,5	médio	
Isopropil benzeno (vide cumeno)						
Mercúrio (todas as formas exceto orgânicas)				0,04	máximo	
Metacrilato de metila			78	320	mínimo	
Metano			Asffixiante	simples		
Metanol (vide álcool metílico)						
Metilamina			8	9,5	máximo	
Metil cellosolve		+	20	60	máximo	
Metil ciclohexanol			39	180	médio	
Metilclorofórmio			275	1480	médio	
Metil demeton		+		0,4	máximo	
metil etil cetona			155	460	médio	
Metil isobutilcarbinol		+	20	78	máximo	
Metil mercaptana (metanotiol)			0,04	0,8	médio	
2-Metoxi etanol (vide metil cellosolve)						
Monometil hidrazina		+	+	0,16	0,27	máximo
Monóxido de carbono			39	43	máximo	
Negro de fumo ⁽¹⁾				3,5	máximo	
Neônio			Asffixiante	simples		
Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)			0,04	0,28	máximo	
Nitrato de n-propila			20	85	máximo	
Nitroetano			78	245	médio	
Nitrometano			78	195	máximo	
1 - Nitropropano			20	70	médio	
2 - Nitropropano			20	70	médio	
Oxido de etileno			39	70	máximo	

Fonte: BRASIL, ministério do trabalho e emprego. NR15

Continuação Tabela 4 - Valores dos agentes químicos

Zona			0,08	0,16	máximo
Pentaborano			0,004	0,008	máximo
n-Pentano		+	470	1400	mínimo
Percloroetileno			78	525	médio
Piridina			4	12	médio
n-propano			Asfixiante	simples	-
n-Propanol (vide álcool n-propílico)			-	-	-
iso-Propanol (vide álcool isopropílico)			-	-	-
Propanona (vide acetona)			-	-	-
Propileno			Asfixiante	simples	-
Propileno imina		+	1,6	4	máximo
Sulfato de dimetila	+	+	0,08	0,4	máximo
Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)			-	-	-
Systox (vide demeton)			-	-	-
1,1,2,2-Tetrabromoetano			0,8	11	médio
Tetracloreto de carbono		+	8	50	máximo
Tetracloroetano		+	4	27	máximo
Tetracloroetileno (vide percloroetileno)			-	-	-
Tetrahidrofurano			156	460	máximo
Tolueno (toluol)		+	78	290	médio
Tolueno-2,4-diisocianato (TDI) (vide 2,4 diisocianato de tolueno)			-	-	-
Tribromometano (vide bromofórmio)			-	-	-
Tricloreto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)			-	-	-
1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)			-	-	-
1,1,2 Tricloroetano		+	8	35	médio
Tricloroetileno			78	420	máximo
Triclorometano (vide clorofórmio)			-	-	-
1,2,3 Tricloropropano			40	235	máximo
1,1,2 Tricloro-1,2,2 trifluoretano (freon 113)			780	5930	médio
Trietilamina			20	78	máximo
Trifluoromonobromometano			780	4760	médio
Vinibenzeno (vide estireno)			-	-	-
Xileno (xilol)			78	340	médio

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Fonte: BRASIL, ministério do trabalho e emprego. NR15

8 VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

A ventilação industrial tem como objetivo a renovação do ar de um ambiente, a fim de obter dentro do ambiente um ar com um grau de pureza e velocidade de escoamento com as exigências fisiológicas para a saúde e o bem estar humanos.

A ventilação industrial é em geral entendida como a operação realizada por meios mecânicos que visem controlar a temperatura, a distribuição do ar, a umidade e eliminar agentes poluidores do ambiente, tais como gases, vapores, poeiras, fumos, névoas, microrganismos e odores, designados por contaminantes ou poluentes. (CORREA, M. A. C; SALIBA, T. M.; pag: 1)

Com a realização correta do projeto, a ventilação consegue eliminar agentes nocivos a saúde humana, reduzir a intensidade e a concentração dispersada ao ambiente de trabalho e ao meio ambiente, sem interferir no processo produtivo.

Os sistemas de ventilação se dividem em sistemas de ventilação natural; ventilação geral; ventilação local exaustora; ventilação geral diluidora.

Figura 12- Sistemas de Exaustão



Fonte: O autor

8.1 Ventilação Natural

A ventilação natural trata-se do deslocamento de ar (intencional ou controlado) graças a aberturas existentes, como por exemplo, portas e janelas. Para se conseguir uma boa ventilação natural, deve-se considerar o fluxo de ar que entra ou sai pelas aberturas, de acordo com a diferença de pressões existentes no interior, a resistência oferecida pela passagem de ar.

Visando sempre em um bom projeto, considerar a velocidade média do vento; a localização das aberturas de entrada voltadas para o vento; interferências locais como edifícios, colunas.

Possuindo como vantagem a não utilização de energia, e sua principal desvantagem é o fluxo de ar descontínuo, não sendo aconselhável para a diluição de agentes químicos e conforto térmico.

8.2 Ventilação Geral

A ventilação geral trata-se da movimentação de grandes quantidades de ar, de espaço confinado com intenção de melhorar as condições dentro do ambiente, controlando a temperatura, a distribuição e a pureza do ar.

Sendo muito utilizada para a manutenção do conforto e eficiência do homem, pois estabelece condições desejáveis para o ar que foi alterado pela presença do ser humano, podendo ser utilizada também para a saúde e segurança do homem, pois controla o ambiente de gases, vapores e partículas diluindo os contaminantes gerados em um ambiente.

Pode ser utilizada força mecânica, e força natural para sua utilização, podendo ser executada após o término do projeto. Quando utilizado de força mecânica, possui vantagem de ter fluxo contínuo de ar, e muito aconselhável para controle de calor, diluição de agentes térmicos e conforto térmico.

8.3 Ventilação Local Exaustora

A ventilação local exaustora consiste da remoção de um agente contaminante, devido a sua alta toxicidade de um local de trabalho, muitas vezes esses agentes não podem ser diluídos na atmosfera pela ventilação geral, pois podem causar consequências os que trabalham no local.

Os sistemas de ventilação exaustora, são compostos por:

- a) Captadores: Responsáveis pela captação dos agentes contaminantes, conduzindo para o sistema de filtração, podendo ser natural ou forçado.
- b) Ventiladores: São turbomáquinas geratrizes ou operatrizes, destinadas a deslocamento dos gases. Sendo classificados dependendo do nível energético como, baixa pressão, média pressão, alta pressão.
- c) Rede de dutos: Responsáveis pela condução do ar, graças a energia gerada por um ventilador.
- d) Coletores: Após a captação, e a condução do ar nos dutos pela ação dos ventiladores, os mesmos são coletados pelos coletores para serem liberados para o ambiente. Alguns casos o ar é filtrado.

8.4 Ventilação Geral Diluidora

A ventilação geral diluidora acontece com o objetivo de reduzir o teor de contaminantes em um recinto, diluindo o mesmo, fazendo passar pelo recinto uma corrente de ar com vazão adequada. As vantagens desta ventilação são a não interferência do processo industrial e prestar-se bem quando as fontes geradoras não se encontram dispersas no local.

Quando a quantidade de poluentes for muito elevada, aconselha-se o uso da ventilação local exaustora, pois não anula a agressividade do agente poluidor caso o operário trabalhe muito próximo à fonte poluidora.

9 EXAUSTÃO DE FUMOS SOLDA MIG

Cada processo de solda tem sua particularidade a respeito à emissão de poluentes, dependendo do tipo de consumível utilizado, da energia aplicada, da composição química do material base, revestimentos, uma série de fatores que influenciam quantitativa e qualitativamente as emissões do processo.

9.3.5.2 O estudo desenvolvimento e implantação de medidas de proteção coletiva deverão obedecer à seguinte hierarquia:

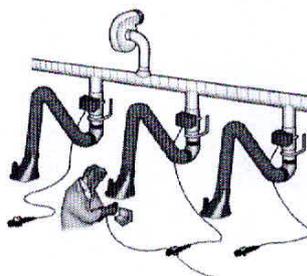
- a) medidas que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde;
- b) medidas que previnam a liberação ou disseminação desses agentes prejudiciais à saúde; trabalho;
- c) medidas que reduzam os níveis ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.(BRASIL, MTE NR9, pag 2)

O processo de soldagem manual deve ser realizado com condições de segurança ao operador e ao ambiente de trabalho, havendo um sistema de exaustão adequado para a situação e permitir a coleta dos agentes tóxicos gerados no processo, antes de atingir a zona de respiração dos trabalhadores.

Segundo NEDERMAN, em todos os locais onde a exaustão localizada é viável, está provado que seu resultado é muito superior em termos de captação de fumos de solda ou outros particulados em suspensão. Sendo sistemas de ventilação geral do ambiente ou coifas não atendem corretamente a captação dos agentes e a zona de respiração do operador continua sujeita à contaminação. Abaixo alguns sistemas de exaustão localizada.

Conforme figura 13, temos um sistema de exaustão diretamente na fonte, com a sucção dos agentes químicos e a filtragem dos mesmos, logo após sendo liberados para o meio ambiente. Esse sistema possui desvantagem, pois deve ser muito estudado o projeto, pois o sistema deve conter uma central fixa para a sucção e filtragem.

Figura 13 - Braço Extrator Nederman



Fonte: NEDERMAN, 2012

A figura 14 demonstra o exemplo de uma tocha aspirada, desenvolvida especialmente, para que os agentes químicos sejam coletados diretamente na fonte, logo após o processo de soldagem. A mesma possui um sistema especial no qual libera os gases utilizados na solda MIG/MAG, e capta os agentes químicos provenientes do processo.

Figura 14 - Tocha MIG/MAG aspirada



Fonte: NEDERMAN, 2012

O sistema de filtragem conforme a figura 15, temos uma unidade móvel de sistema de filtragem, a qual capta os agentes químicos diretamente na fonte, sendo muito eficiente devido a sua fácil locomoção, não havendo a necessidade de grandes centrais fixas.

Figura 15 – Unidade de exaustão e filtragem móvel

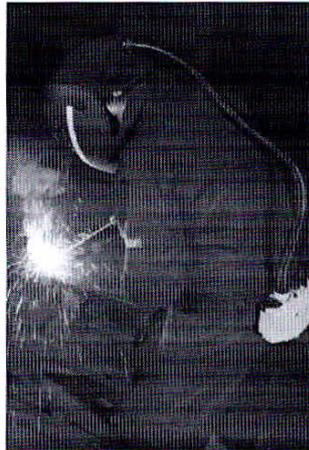


Fonte: NERDERMAN, 2012

A figura 16 demonstra um sistema de filtragem de fumos diretamente na máscara do soldador. A máscara também possui um sistema de escurecimento automático, assim que o

arco elétrico inicia-se, a mesma escurece protegendo o soldador das radiações e dos fumos gerados pelo processo.

Figura 16 - Máscara com Filtragem de Fumos



Fonte: ESAB, 2012

10 CONCLUSÃO

A exposição do operador durante 8 horas diárias de trabalho a agentes químicos provenientes do processo de soldagem podem causar diversos danos à saúde do operador, e contaminam todo o ambiente de trabalho.

Depois de vários anos de pesquisas, empresas especializadas encontraram uma solução muito eficiente na captação e filtragem dos agentes gerados pelo processo. O mesmo tem sido utilizado em várias empresas das quais a soldagem é o principal processo.

A utilização de equipamentos de exaustão tem sido uma grande solução para a conservação do ambiente de trabalho, melhorando assim as condições de trabalho para os operadores e operadores ao seu redor, reduzindo assim gastos com possíveis ações judiciais contra a empresa, diminuindo o absenteísmo, ganhando em produtividade e qualidade do produto final, devido a melhores condições de trabalho para os funcionários.

Os equipamentos de filtragem possuem um sistema prático de filtros, os quais podem ser facilmente descartados no próprio descarte de solda mig, alguns equipamentos existem um sistema na qual o filtro é limpo através de ar comprimido dentro do próprio coletor, podendo os particulados ser retirados após o trabalho e descartados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do trabalho e emprego. **NR 9:PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS (109.000-3)**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em: 25-08-2012

BRASIL. Ministério do trabalho e emprego. **NR15 – Atividades e operações insalubres**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em: 25-08-2012

CORRÊA, M.A.C; SALIBA, T.M. **Manual Prático de Avaliação e controle de Gases e Vapores**. São Paulo: Editora Ltr,2000.

DRA. IVANILZA F.; PHD ALEXANDRE Q. B. **Soldagem MIG/MAG e com Arame Tubular**. Disponível em: <http://www.ivanilzafé.dominiotemporario.com/soldagem_20.html> Acesso em: 29-09-2012

ESAB: **Catálogo EPI's e Acessórios**, 2012. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/CatalogoEPIAcessorios.pdf>> Acesso em: 25-08-2012

ESAB: **Segurança na Soldagem**, 2012. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/ApostilaSegurancaSoldagem.pdf>> Acesso em: 25-08-2012

ESAB: **Soldagem MIG/MAG**, 2012. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0_ApostilaSoldagemMIGMAG.pdf>. Acesso em: 25-08-2012

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1990.

MARQUES, Paulo Villani. **Soldagem fundamentos e tecnologia**. 3.ed.Belo Horizonte: UFMG, 2002.

MODONESI, P.J; MARQUES, P.V. **SoldagemI**: introdução aos processos de soldagem. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

NEDERMAN. **Seleção de equipamentos para captação de fumos e gases de soldagem**, 2012. Disponível em: <<http://www.nederman.com.br/downloads.asp>> Acesso em: 25-08-2012