

SOLDAGEM – PROCESSO TIG



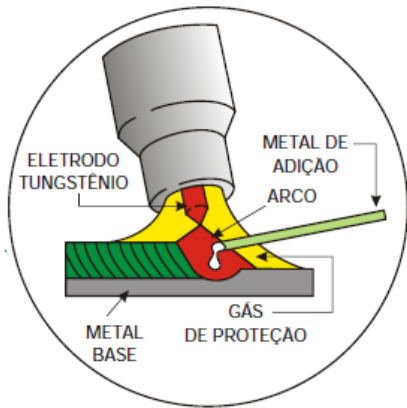
Profº: Filipe Invenzione - Soldagem

INTRODUÇÃO

O processo de soldagem com eletrodo de tungstênio e gás inerte conhecido no Brasil como TIG (Tungsten Inert Gas) é um processo que promove a união dos metais através do calor gerado por um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio (não consumível) e as peças a serem unidas.

Desenvolvida nos E.U.A na década 40 → Indústria aeronáutica para atender a soldagem do alumínio e suas ligas.

AWS - TIG = GTAW (GAS TUNGSTEN ARC WELDING)

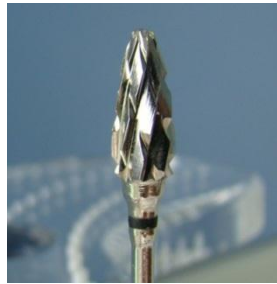


INTRODUÇÃO

T = TUNGSTÊNIO (ELETRODO NÃO CONSUMÍVEL), PF ~ 3.410°C E PE = 5.657 (MAIOR ENTRE OS METAIS), SÍMBOLO QUÍMICO (W)



Filamento de tungstênio protegido por Ar.



Ferramentas de usinagem



Wolframita

I = INERTE
G = GÁS

} Ar – ARGÔNIO
He – HÉLIO
Ar / He - MISTURA

METAIS SOLDÁVEIS PELO PROCESSO: AÇOS EM GERAL (CARBONO, BAIXA LIGA E INOXIDÁVEIS), ALUMÍNIO E SUAS LIGAS, LATÃO, COBRE, FERRO FUNDIDO, TITÂNIO ETC.

APLICAÇÕES

- Soldagem de tubos e chapas de espessuras finas;
- Passe de raiz em tubos de vários diâmetros e espessuras;
- Reparo e manutenção em geral;
- Soldagem de alumínio e magnésio e suas ligas;
- Soldagem de materiais dissimilares;



APLICAÇÕES



EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM TIG

FONTES - Responsáveis pelo fornecimento da corrente (CA ou CC) e tensão necessários para abertura e estabilidade do arco elétrico. Podem ser fabricadas com tecnologia tiristorizada ou inversora.



INVERSOR AC / DC com alta frequência
e arco pulsado



INVERSOR DC

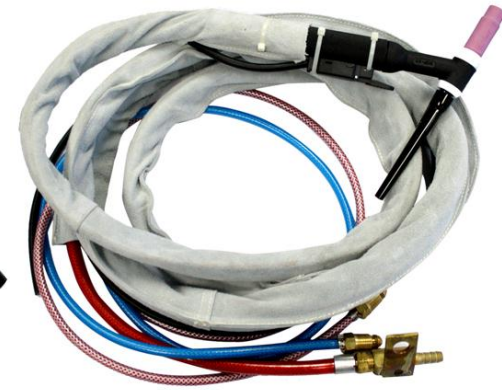


RETIFICADOR DC

TOCHAS TIG



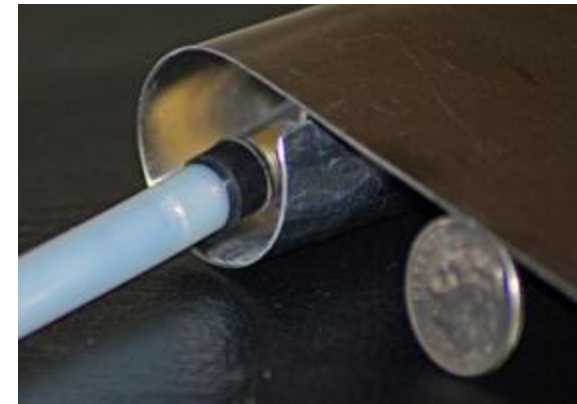
SECA



REFRIGERADA



45°

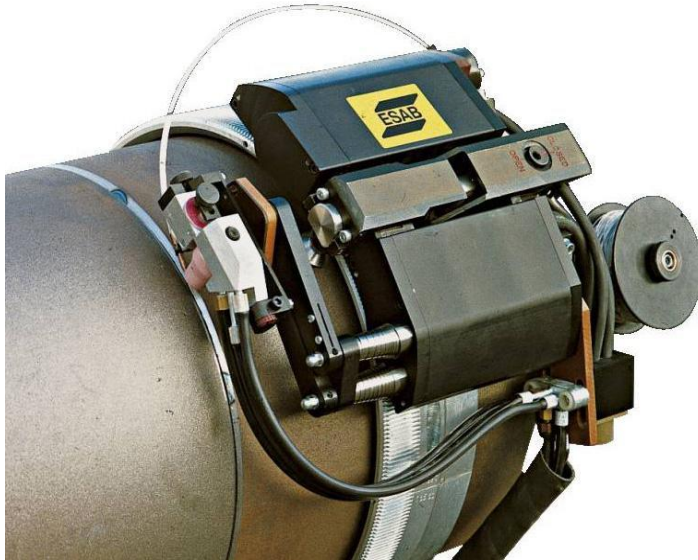
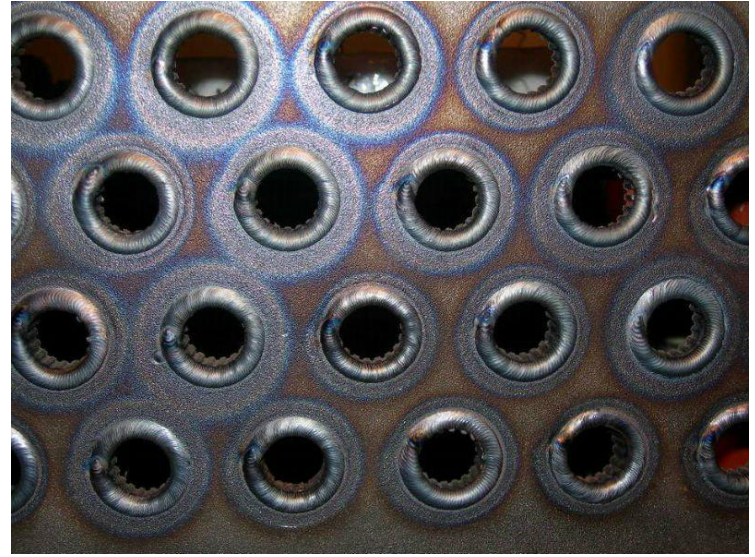


180°

TOCHAS COM ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA

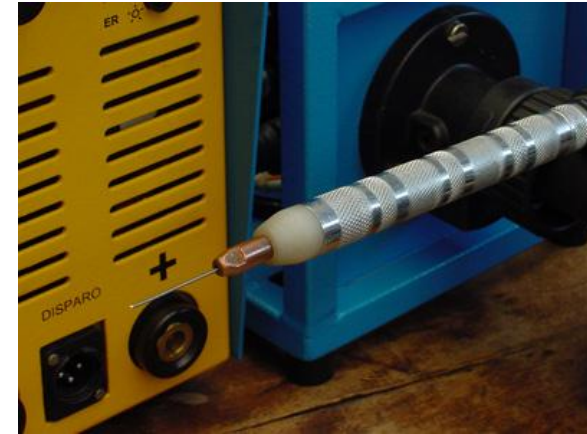


TIG ORBITAL



- ✓ SOLDAGEM DE TUBULAÇÕES E
ESPELHOS DE TROCADORES DE
CALOR

VARETA COM ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA

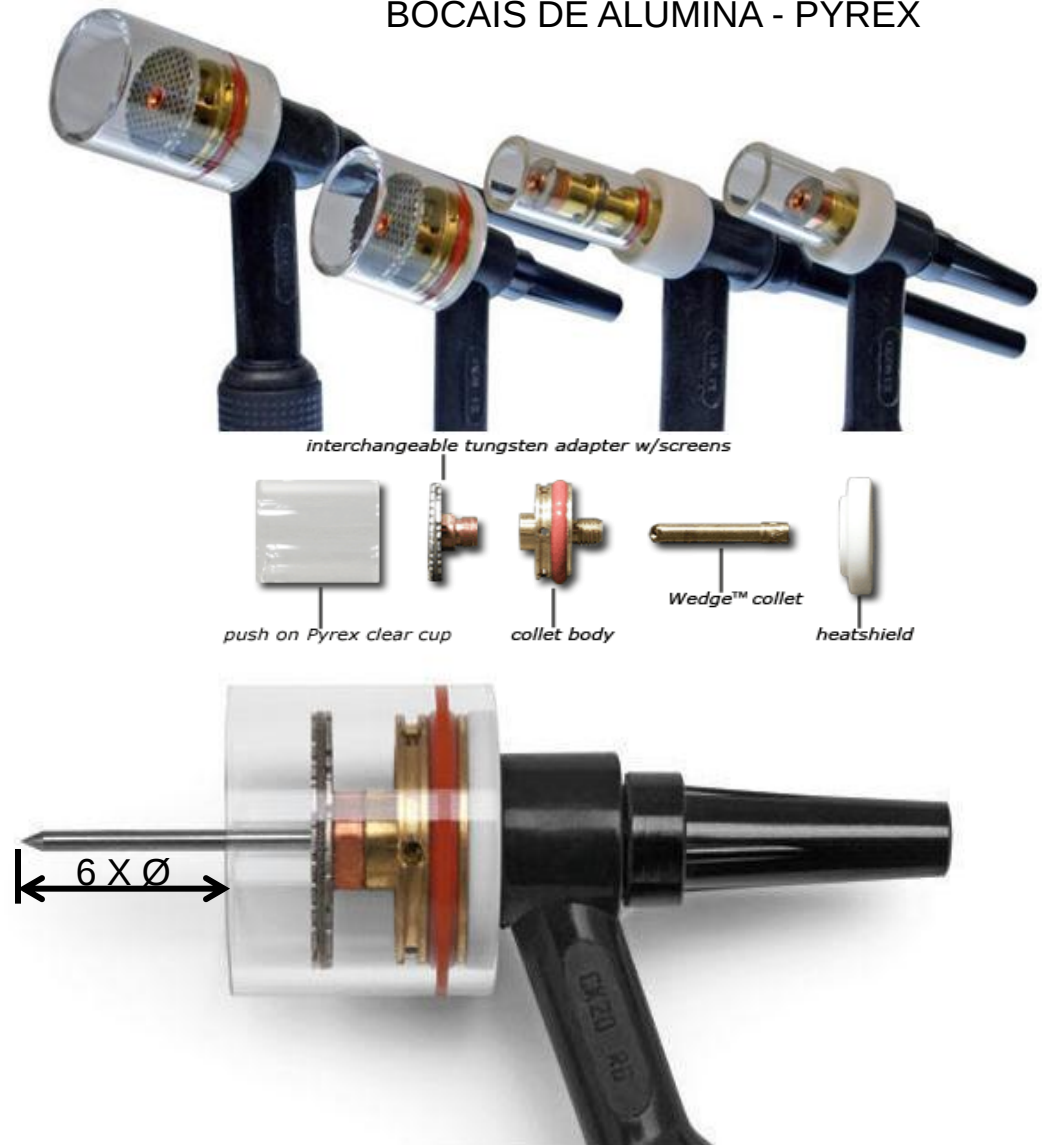


DIFUSOR DE GÁS LENS

BOCAIS DE ALUMINA - PYREX



40% DE ECONOMIA DO GÁS
COM MAIOR BLINDAGEM DA
POÇA DE FUSÃO, IDEAL PARA
SOLDAGEM DE TITÂNIO



ACESSÓRIOS E DISPOSITIVOS DA TOCHA TIG



REGULADOR DE ALTURA DO TUNGSTÊNIO, BOCAL, PINÇA, DIFUSOR E CAPA LONGA E CURTA.

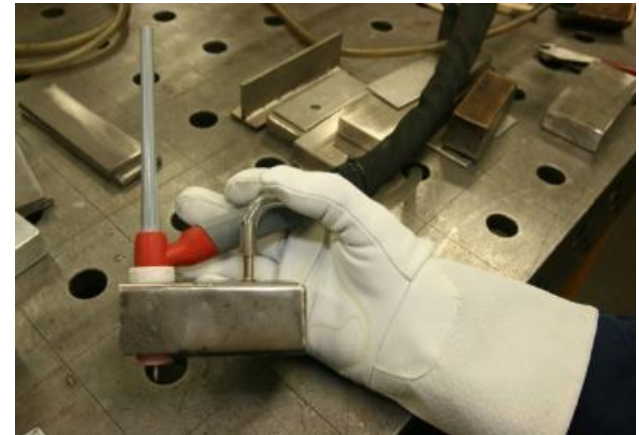


TRAILING (DISPOSITIVOS) DE PROTEÇÃO

INDUSTRIAIS



ARTESANAIS



ACESSÓRIOS E DISPOSITIVOS DA TOCHA TIG



- ✓ REGULAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA LINEAR



- ✓ REGULAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA ROTACIONAL



- ✓ PINÇA SEM RASGO LATERAL E COM ÂNGULO / CUNHA NA EXTREMIDADE, EVITANDO TORÇÃO / DEFORMAÇÃO

ELETRODOS DE TUNGSTÊNIO

O elemento químico com as melhores propriedades termiônicas é justamente o tungstênio (W), por isso sua utilização no processo. A tabela abaixo ilustra suas características no que se refere a cor, classificação AWS, tipo de liga etc.

● Ruim		●● Bom		●●● Ótimo		TIPOS MAIS COMUNS DE ELETRODOS			
Cor da ponta		Classificação AWS (*)	Tipo	Abertura de Arco	Estabilidade do arco	Resistência ao desgaste da ponta	Resistência a contaminação de W	Corrente	
								CC	CA
Verde		EWP	Puro	●	●	●	●	●	●●
Amarelo		EWTh-1	Tório 1%	●●	●●	●●	●●	●●	●
Vermelho		EWTh-2	Tório 2%	●●	●●	●●●	●●	●●●	●
Marrom		EWZr-0,3	Zircônio 0,3%	●	●●	●●	●●●	●	●●
Branco		EWZr-0,8	Zircônio 0,8%	●	●●	●●	●●●	●	●●●
Cinza		EWCe-2	Cério 2%	●●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●●
Ouro		EWLa-1,5	Lantânio 1,5%	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●●
Azul		EWLa-2	Lantânio 2%	●●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●●

(*) Conforme AWS A5.12 os eletrodos devem apresentar uma indicação colorida em uma de suas pontas para fácil identificação. A letra "E" significa eletrodo e "W" a letra para o elemento químico tungstênio. Logo em seguida a identificação do elemento adicional: "P" para eletrodos de tungstênio puro, "Th", "Zr", "Ce" e "La" para tório, zircônio, cério e lantânio respectivamente. O número acrescido ao final da classificação representa a porcentagem aproximada do segundo elemento. Cada eletrodo apresenta características únicas.

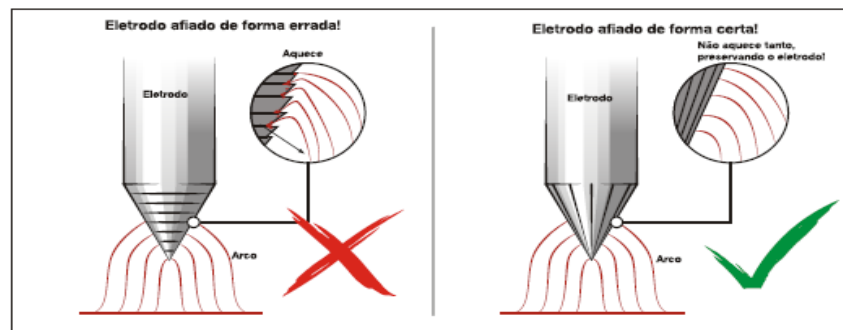
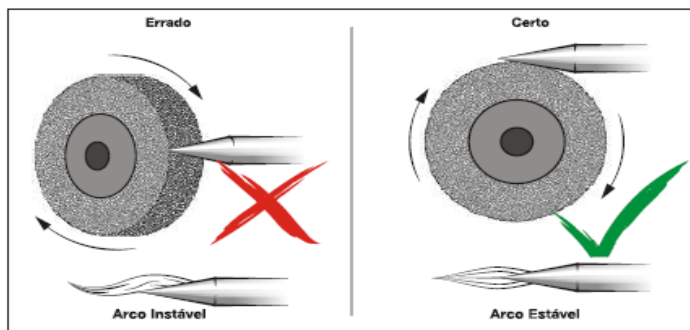
AWS A 5.12 E W P → PURO
 ↳ TUNGSTÊNIO
 ↳ ELETRODO

AWS A 5.12 E W Ce-2 → CÉRIO 2%
 ↳ TUNGSTÊNIO
 ↳ ELETRODO

SENTIDO DE APONTAMENTO DO TUNGSTÊNIO

Afição eletrodos utilizando CC

Para a boa abertura do arco e utilização da soldagem TIG é necessária a correta afiação da ponta dos eletrodos. Para soldagem em CC é necessário afiar os pontos conforme os desenhos abaixo. Para soldagem em CA o ideal é uma ponta plana.

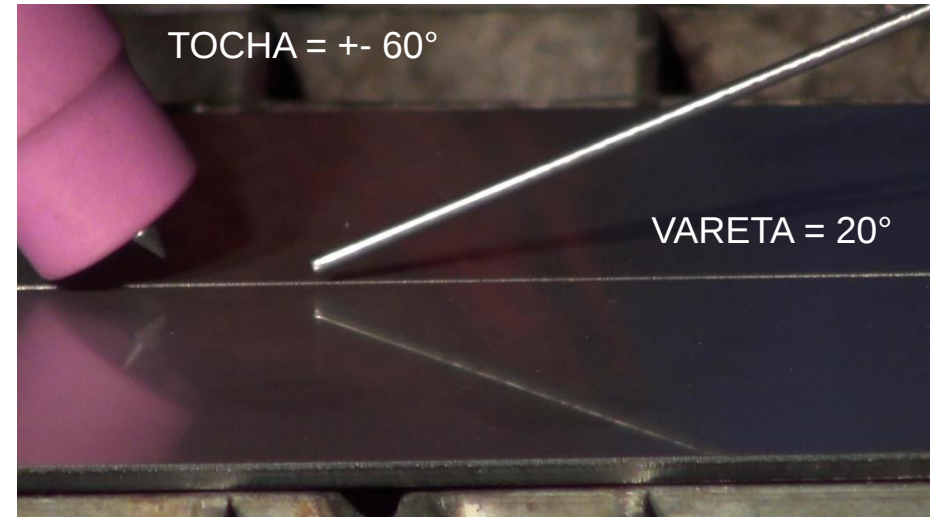


Tipo de Corrente	Eletrodo de tungstênio	Corrente		
		Baixa	Correta	Alta
CC	Tório			
CA	W Puro			

Metal Base	Tipo de Corrente	Eletrodo	Gás
Alumínio	CA	W ou WZr	Ar ou Ar-He
Cobre	CC-	WTh	He
Magnésio	CA	W ou WZr	Ar
Níquel	CC-	WTh	Ar
Aço Carbono	CC-	WTh	Ar ou Ar-He
Aço Inox	CC-	WTh	Ar ou Ar-He
Titânio	CC-	WTh	Ar

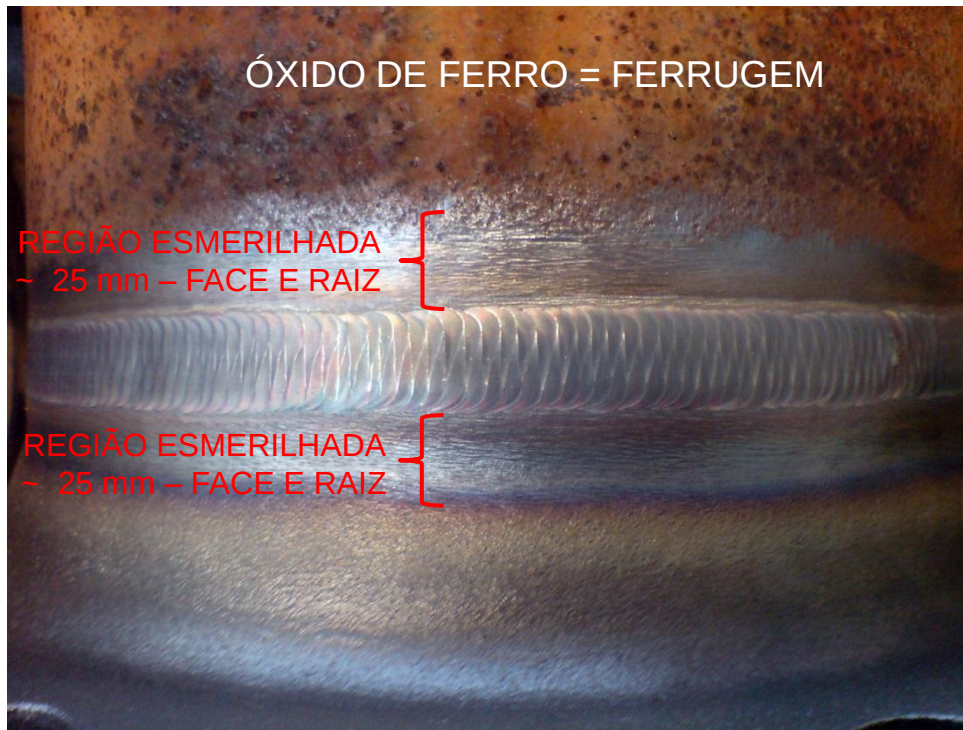
Os eletrodos EWCe e EWLa operam com facilidade nos dois tipos de corrente, CC e CA. São muito utilizados quando se procura diminuir a quantidade de tipos de eletrodos no estoque.

MOVIMENTO DA TOCHA E INCLINAÇÃO DA VARETA

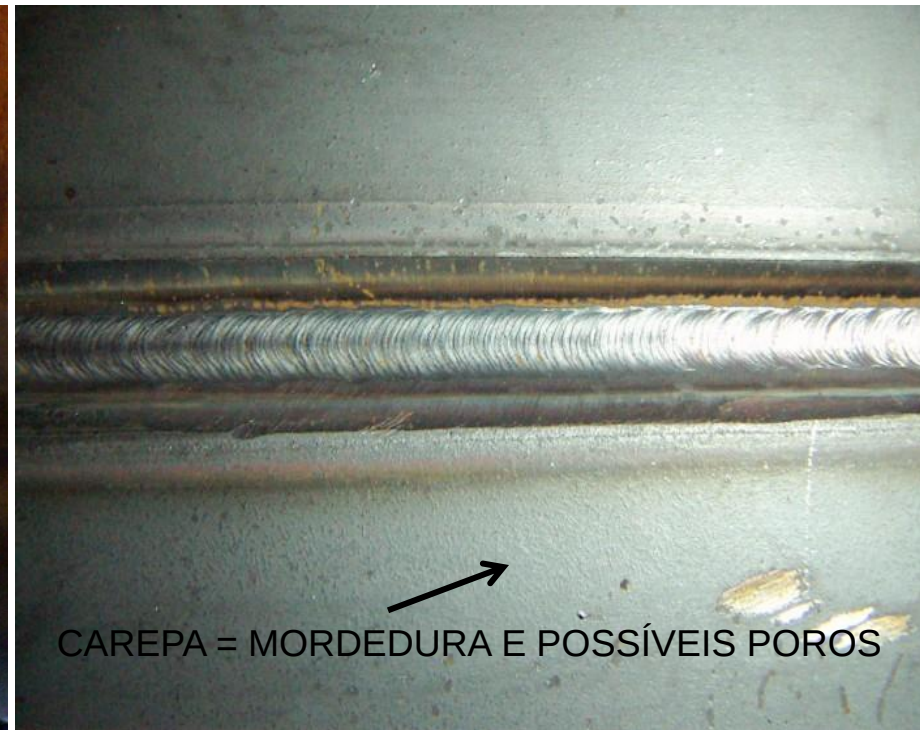


LIMPEZA DA JUNTA A SER SOLDADA

MATERIAIS: AÇOS AO CARBONO E BAIXA LIGA.



RECOMENDADO



NÃO RECOMENDADO

LIMPEZA DA JUNTA A SER SOLDADA



LIMPEZA DA JUNTA A SER SOLDADA



LIMPEZA DA JUNTA A SER SOLDADA

MATERIAIS: AÇOS INOXIDÁVEIS E ALUMÍNIO



RECOMENDADO ESCOVAÇÃO



REMOÇÃO DAS
IMPUREZAS COM PANO
EMBEBIDO COM ALCOOL /
DESENGRAXANTES ETC.



MATERIAIS DE ADIÇÃO



Vareta ER-308L (para aço inox)



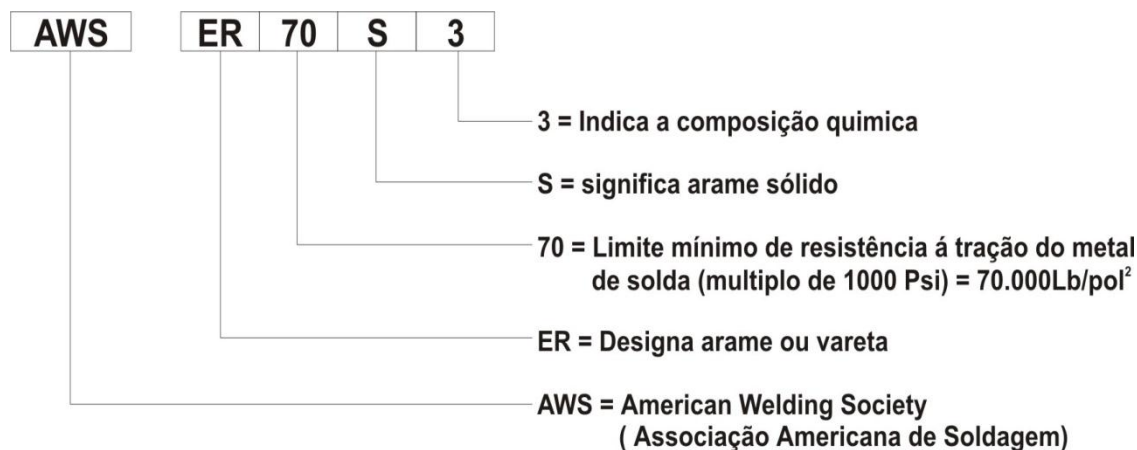
Vareta ER-70S-6 (para aço carbono)



Vareta ER-4043 (para alumínio)



INTERPRETAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA VARETA CONFORME AWS



EXEMPLO: VARETA - AWS ER 70S – 3 **AWS** = SOCIEDADE AMERICANA DE SOLDAGEM

ER	= ARAME ELETRODO / VARETA
70	= LÍMITE MÍNIMO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO EM PSI. = 70.000 Lb/pol ²
S	= Sólido

X = COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA VARETA (CONSULTAR TABELA)

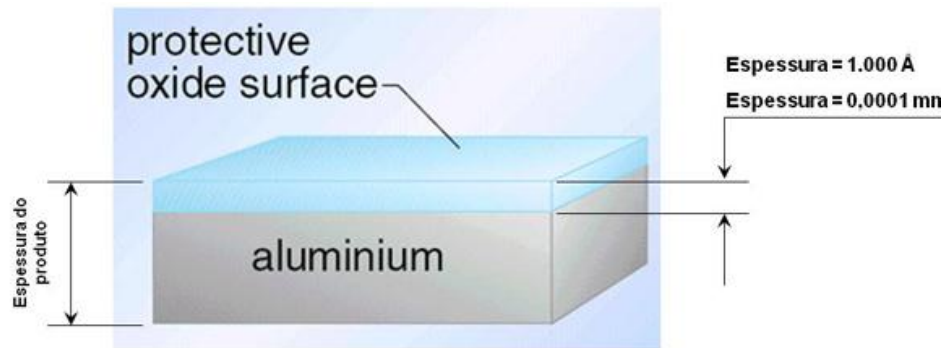
TABELA DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Classificação "AWS"	C	Mn	Si	P	S	Outros
ER 70 S-2	0,07 a 0,15	0,90 a 1,40	0,40 a 0,70	Máximo 0,025	Máximo 0,025	Ti - 0,05 a 0,15
ER 70 S-3	0,07 a 0,15	0,90 a 1,40	0,45 a 0,70	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-4	0,7 a 0,15	1,00 a 0,50	0,65 a 0,85	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-5	0,07 a 0,19	0,90 a 1,40	0,30 a 0,60	Máximo 0,025	Máximo 0,025	Al - 0,05 a 0,90
ER 70 S-6	0,07 a 0,15	1,40 a 1,85	0,80 a 1,15	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-7	0,07 a 0,15	1,50 a 2,00	0,50 a 0,80			

Obsevação:

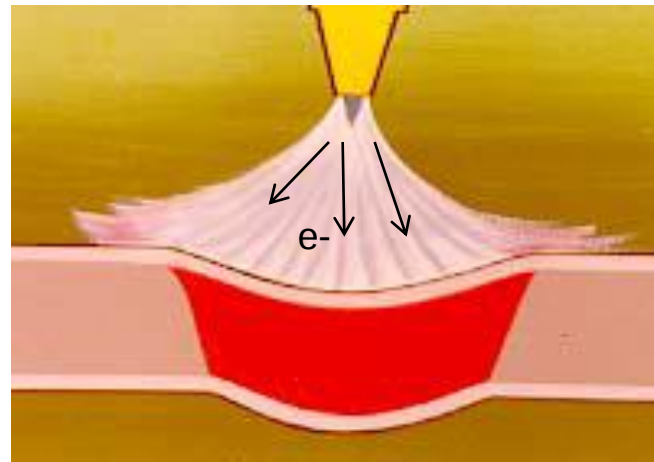
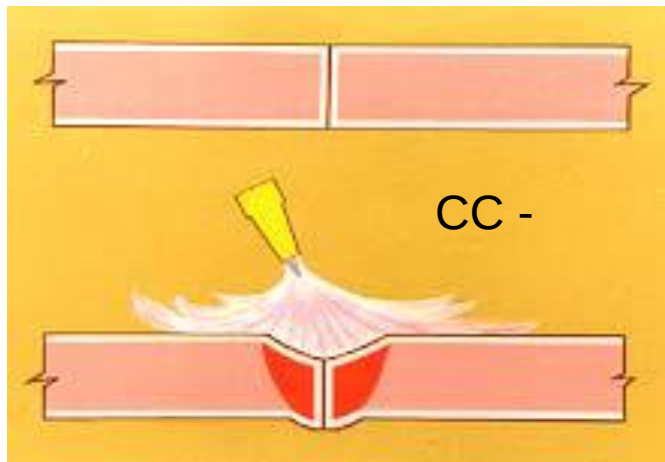
C= Carbono, Mn = Manganês, Si = Silício, P= Fósforo, S= Enxofre, Zr = Zircônio

SOLDAGEM DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS



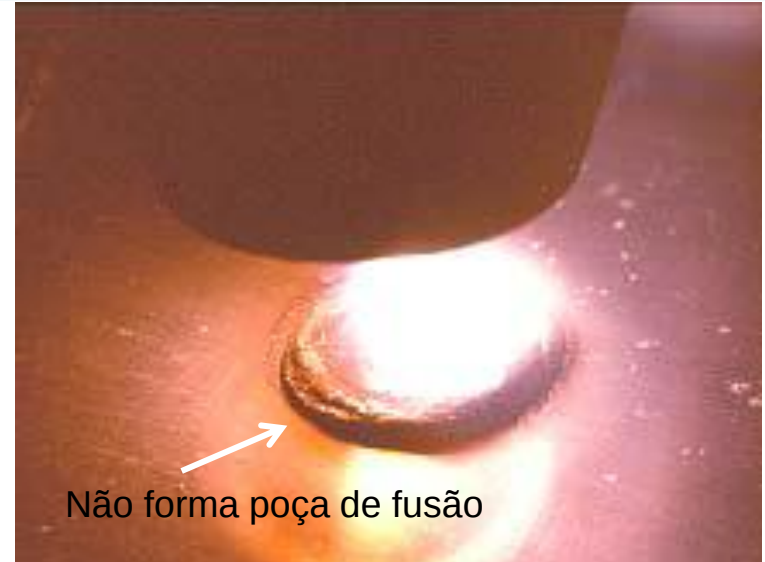
Porquê do AC, no Alumínio?

- ✓ Camada Superficial composta por um óxido refratário Al_2O_3 (Alumina) temp. de fusão $\sim 2.100^\circ\text{C}$
- ✓ Interior Alumínio puro, temp. de fusão $\sim 660^\circ\text{C}$

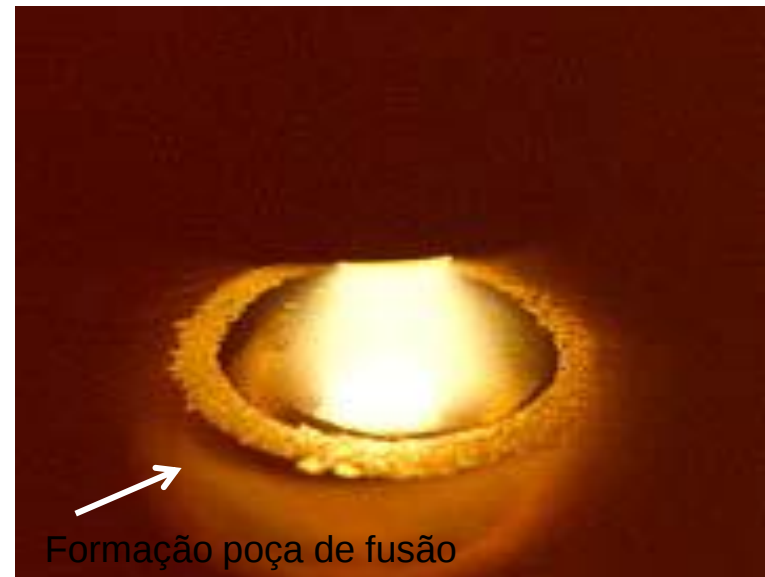


SOLDAGEM EM CC- / CC+

- ✓ Corrente DC (-) ⇒ Aquecimento / Fusão, controle do banho difícil.



- ✓ Corrente DC (+) ⇒ Sobreaquecimento do eletrodo, quebra da camada de óxidos.



SOLDAGEM EM AC / CA

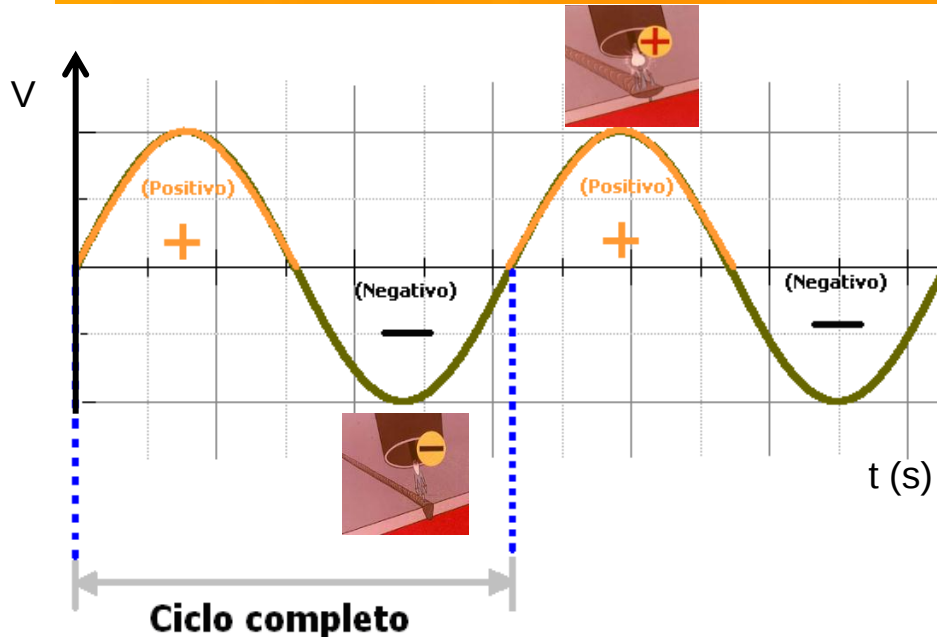
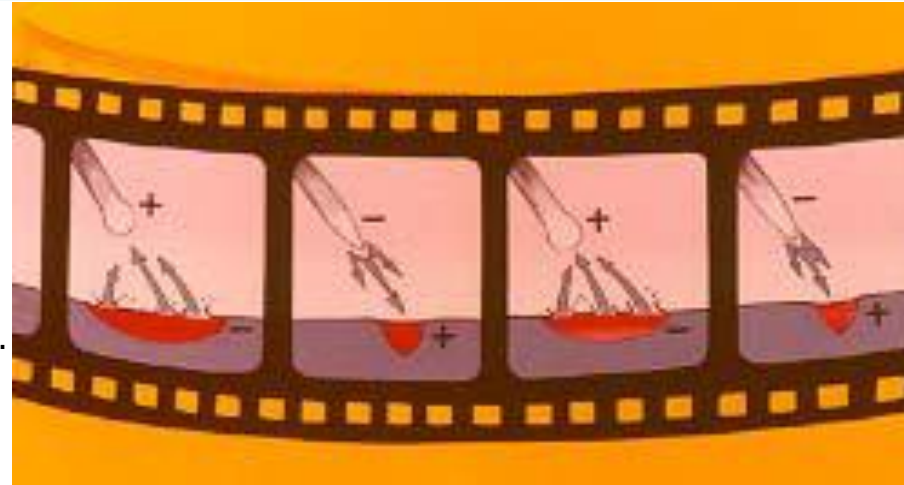
Como resolver o Problema?

Utilizando corrente AC com alta frequência

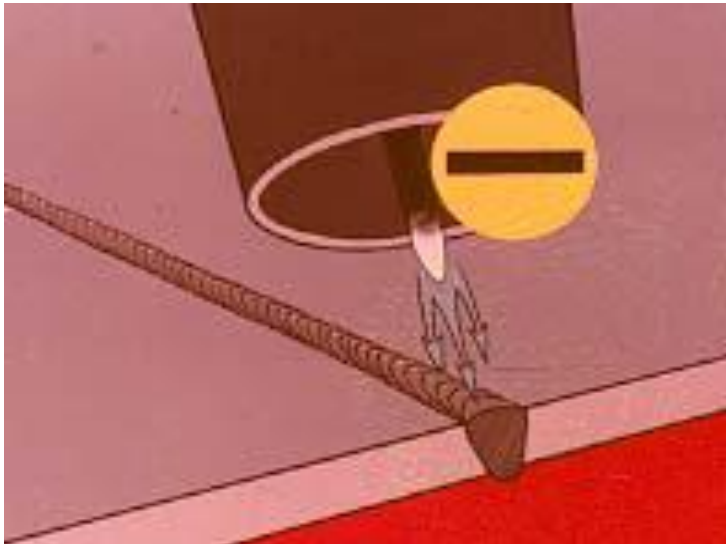
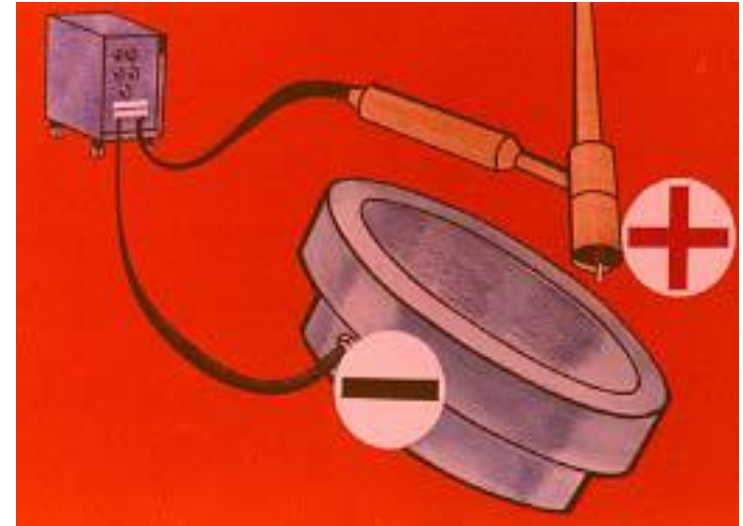
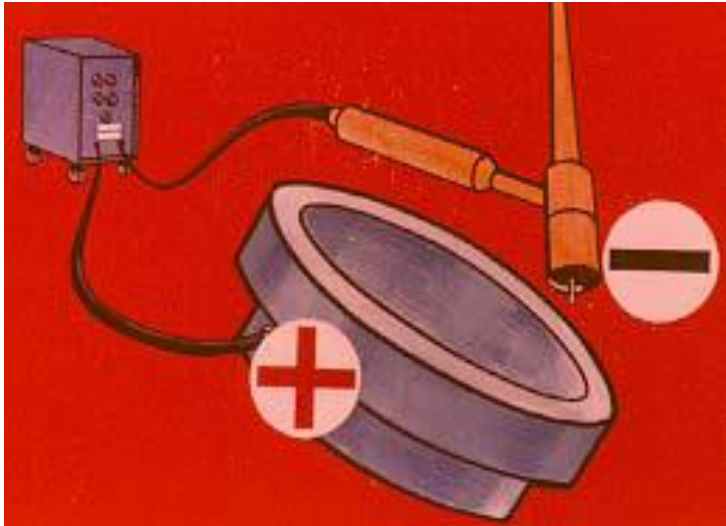
- ✓ Corrente AC (ciclo -) $\Rightarrow$ Aquecimento/Fusão, controle do banho difícil, arrefecimento do eletrodo.
- ✓ Corrente AC (ciclo +) $\Rightarrow$ Superaquecimento do eletrodo, quebra da camada de óxido.

Frequência normal = 60 Hz

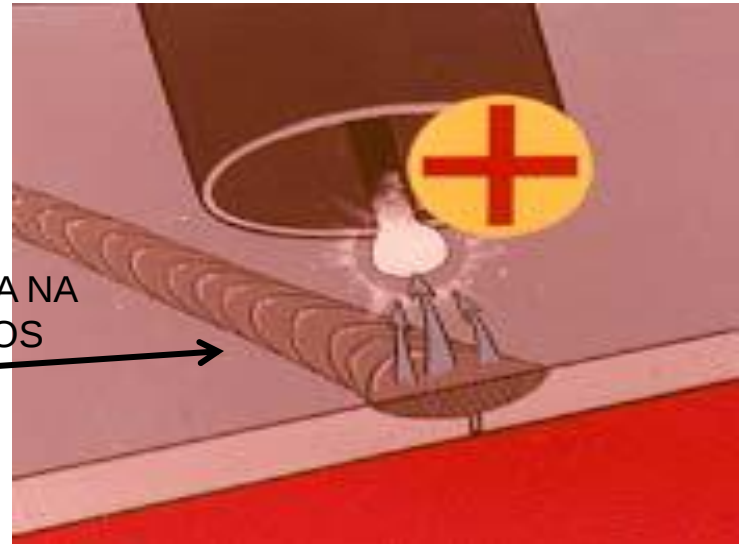
Alta frequência = 2 a 3 KHz



POLARIDADE X PENETRAÇÃO



NÃO UTILIZADA NA
MAIORIAS DOS
METAIS



PROCEDIMENTOS PARA SOLDAGEM DOS AÇOS INOXIDÁVEIS



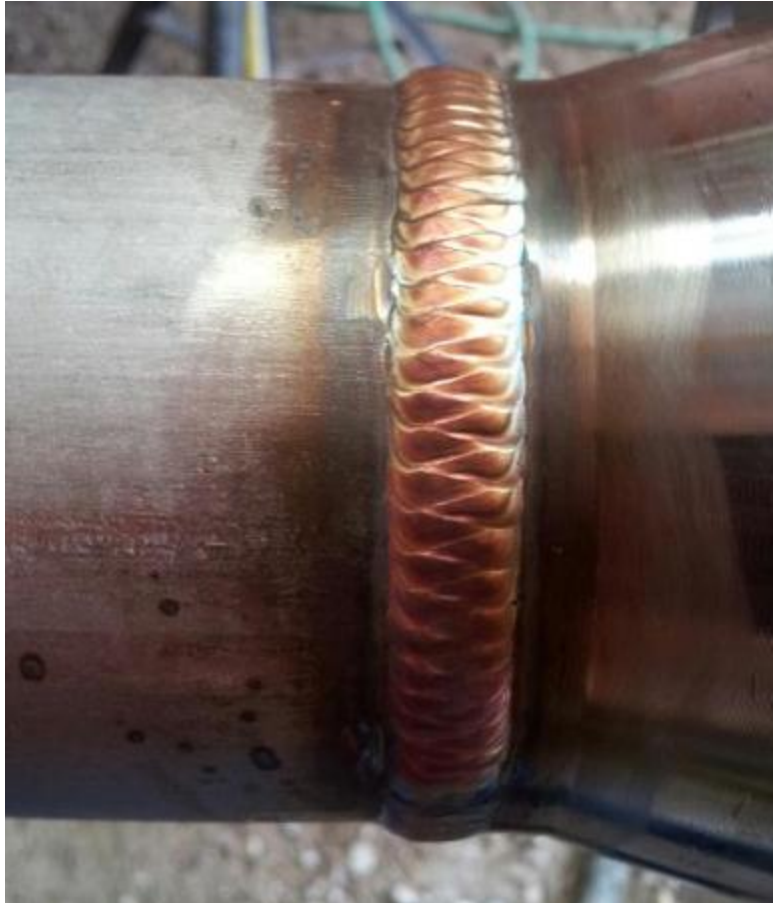
TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO



CÂMARA DE GÁS

- ✓ INJETAR/PURGAR GÁS INERTE NA RAIZ/LADO OPOSTO AO DA TOCHA.
- ✓ MOTIVO: EVITAR A OXIDAÇÃO DOS ELEMENTOS DE LIGA COMO O CROMO (Cr) E NÍQUEL (Ni), COM A PRESENÇA DE OXIGÊNIO (O₂)

PROCEDIMENTOS PARA SOLDAGEM DOS AÇOS INOXIDÁVEIS



PROCEDIMENTOS PARA SOLDAGEM DOS AÇOS INOXIDÁVEIS



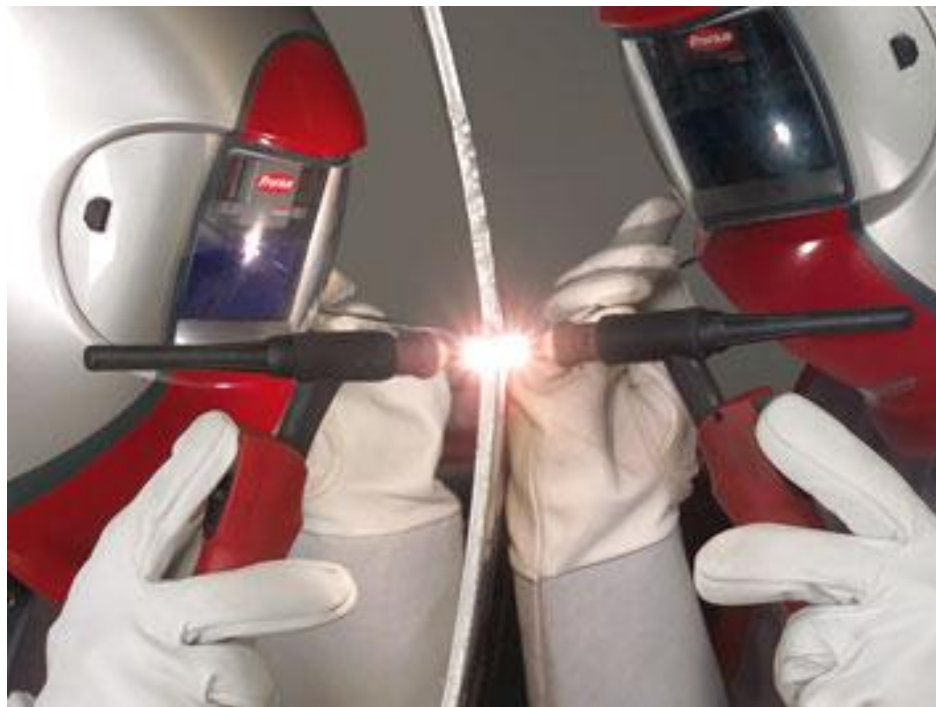
SOLDAGEM EM DUPLA FUSÃO

DOIS SOLDADORES NA MESMA JUNTA, UM INTERNO E OUTRO EXTERNO, SOLDANDO SEMPRE SINCRONIZADOS.

✓ PENETRAÇÃO TOTAL EM JUNTAS DE 8 mm SEM CHANFRO.



TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO = VIROLAS



GASES NOBRES

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Gases Nobres →

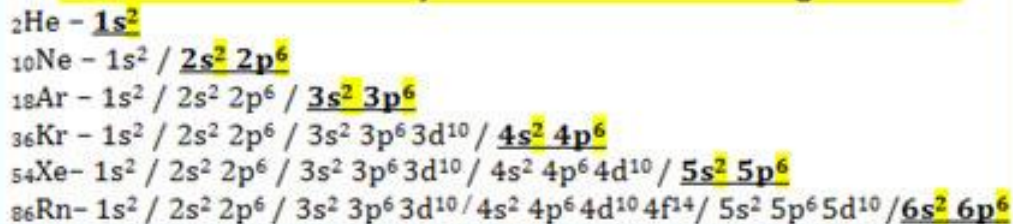
1 IA	2 IIA																18 VIIIA
1 H																	2 He
2 Li	3 Be																10 Ne
3 Na	4 Mg	5 Al	6 Si	7 P	8 S	9 Cl	10 Ar										
4 K	5 Ca	6 Sc	7 Ti	8 V	9 Cr	10 Mn	11 Fe	12 Co	13 Ni	14 Cu	15 Zn	16 Ga	17 Ge	18 As	19 Se	20 Br	36 Kr
5 Rb	6 Sr	7 Y	8 Zr	9 Nb	10 Mo	11 Tc	12 Ru	13 Rh	14 Pd	15 Ag	16 Cd	17 In	18 Sn	19 Sb	20 Te	21 I	54 Xe
6 Cs	7 Ba	8 La	9 Ce	10 Pr	11 Nd	12 Pm	13 Sm	14 Eu	15 Gd	16 Tb	17 Dy	18 Ho	19 Er	20 Tm	21 Yb	22 Lu	86 Rn
7 Fr	8 Ra	9 Ac	10 Th	11 Pa	12 U	13 Np	14 Pu	15 Am	16 Cm	17 Bk	18 Cf	19 Es	20 Fm	21 Md	22 No	23 Lr	118 Uuo

Série dos lantanídeos n=6: La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Série dos actinídeos n=7: Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

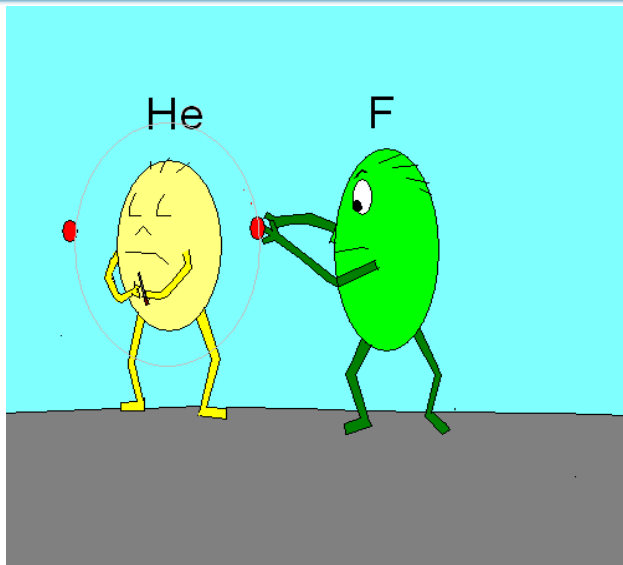
A diferença desses elementos para os demais é que eles possuem o último nível de energia (camada de valência) completo no estado fundamental. Isso significa ter 2 elétrons na camada de valência quando o elemento tiver apenas um nível (no caso do hélio), ou ter 8 elétrons na camada de valência quando o elemento tiver dois ou mais níveis de energia.

Gases Nobres - distribuição eletrônica em ordem geométrica



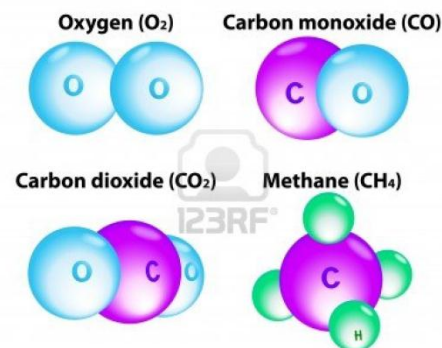
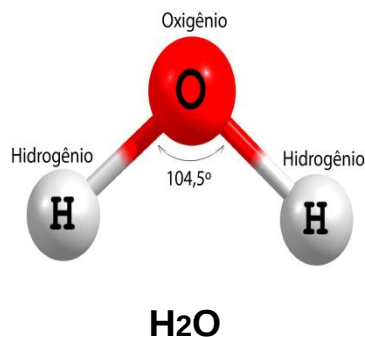
Um átomo adquire estabilidade quando possui 8 elétrons na camada eletrônica mais externa, ou 2 elétrons quando possui apenas a primeira camada.

GASES NOBRES



Aqueles com menos de 3 camadas (He) só poderiam participar de compostos se perdessem alguns elétrons e se unissem a outros átomos. Entretanto, devido ao pequeno tamanho, esses átomos possuem uma energia de ionização tão elevada que nenhum átomo é capaz de tirar elétrons ou permanecerem ligados a eles, como visto na animação artística ao lado. Nem o Flúor (F), o átomo que tem mais força para arrancar elétrons, é capaz de retirar um elétron de um átomo do gás nobre Hélio.

Exemplos de outras moléculas:



Argônio – (Ar)

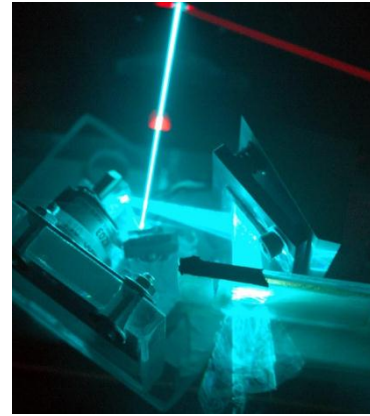
É um gás raro que constitui menos de 1% da atmosfera terrestre. É extremamente inerte isto significa que ele não forma composto químico com nenhum outro elemento conhecido: portanto, forma uma barreira ideal contra a contaminação atmosférica, em certo número de processos de soldagem (TIG e MIG), evitando em todos eles a oxidação. Aplicações:



Lâmpadas



Soldagem TIG e
MIG



Lasers



Proteção de metais
reativos (cálcio)

Hélio – (He)

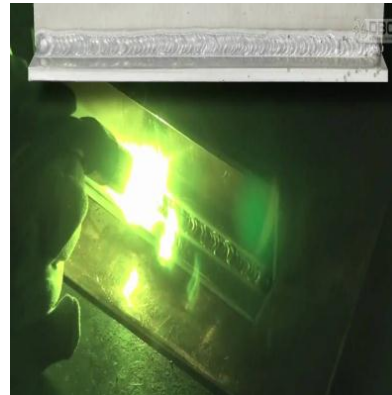
É o mais leve dos gases inertes. Não tem cheiro. Existe no ar atmosférico em muito menor quantidade que o argônio. É um gás nobre, portanto não forma compostos químicos com outras substâncias. Usado na proteção da solda principalmente na soldagem do alumínio em chapas grossas. Aplicações:



Balões



Mergulhadores

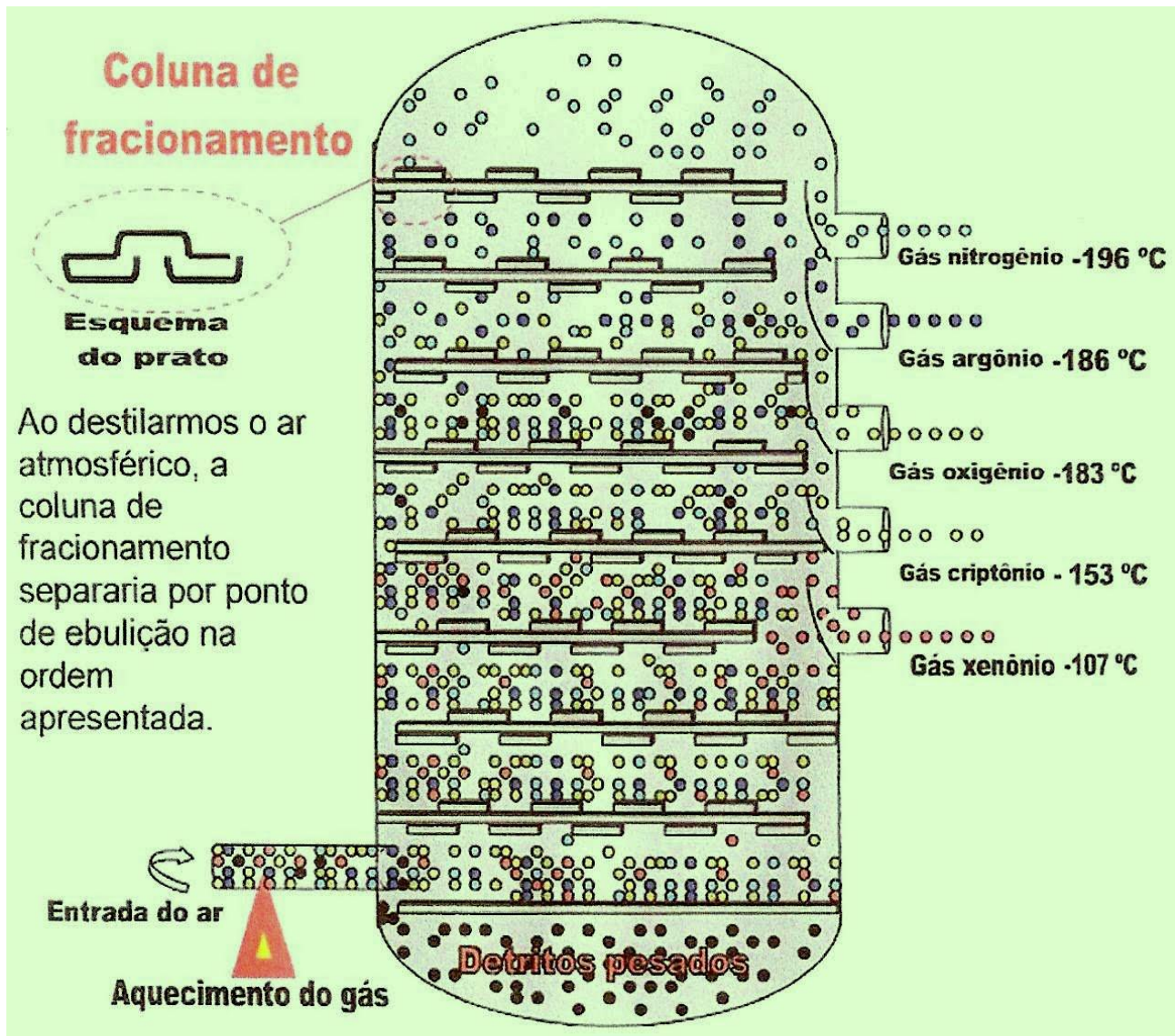


Soldagem Mig / Tig
Alumínio



Medicina

COLUNA DE FRACIONAMENTO



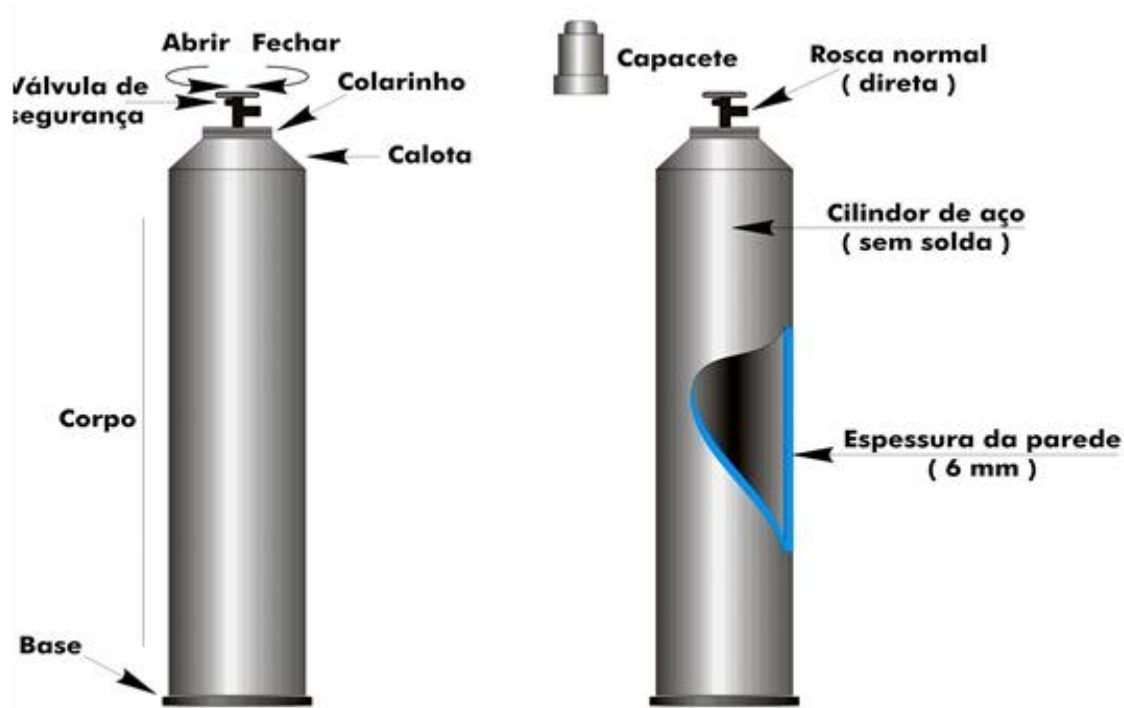
RESERVATÓRIOS E TRANSPORTE DOS GASES DE PROTEÇÃO

Cilindro de gás.

Os gases são acondicionados e transportados em vasos de pressão, denominados cilindros. Evite chamar os cilindros de “Balão”, “Garrafa”, “Botijão”, “Bala”, “Tubo”.

Definições das partes de um cilindro:

Os seguintes termos devem ser usados ao serem mencionados as partes dos cilindros.



GASES NOBRES

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Gases Nobres →

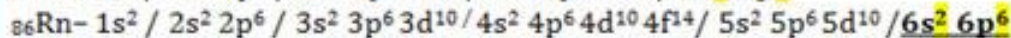
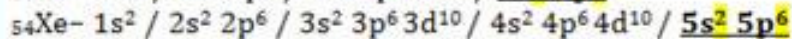
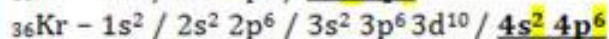
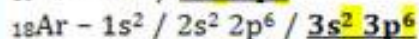
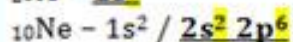
1 IA	2 IIA													13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
n=1 1 H	2 He																		2 He
n=2 3 Li	4 Be													5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
n=3 11 Na	12 Mg	3 Al	4 Si	5 P	6 S	7 Cl	8 Ar							13 Ga	14 Ge	15 As	16 Se	17 Br	18 Kr
n=4 19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
n=5 37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
n=6 55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
n=7 87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

Série dos lantanídeos n=6

Série dos actinídeos n=7

A diferença desses elementos para os demais é que eles possuem o último nível de energia (camada de valência) completo no estado fundamental. Isso significa ter 2 elétrons na camada de valência quando o elemento tiver apenas um nível (no caso do hélio), ou ter 8 elétrons na camada de valência quando o elemento tiver dois ou mais níveis de energia.

Gases Nobres - distribuição eletrônica em ordem geométrica



Um átomo adquire estabilidade quando possui 8 elétrons na camada eletrônica mais externa, ou 2 elétrons quando possui apenas a primeira camada.

PADRONIZAÇÃO DAS CORES DOS CILINDROS

É fácil imaginar as desastrosas conseqüências que podem advir do uso de um determinado gás em lugar de outro. Para evitar que acidentes desse tipo possam ocorrer, os cilindros são pintados, em função do seu conteúdo através de um código de cores, prescritos pela **Norma Brasileira NB 46 da ABNT**.

ABNT – NBR 12176 = Associação Brasileira de Normas Técnicas.

As cores que identificam os principais gases são:

Tipo de gás	Cor do cilindro	Tipo de gás	Cor do cilindro
Argônio	Marrom	Acetileno	Bordo
Oxigênio industrial	Preto	Hidrogênio	Amarelo
Oxigênio medicinal	Verde	Nitrogênio	Cinza
Hélio	Laranja	Gás natural	Amarelo
Gás carbônico (CO ₂)	Alumínio	Misturas de gases	Ouro

IDENTIFICAÇÃO, BATERIAS E RESERVATÓRIOS



Grupo 1: não-inflamável, não-corrosivo, baixa toxidez.
Grupo 2: inflamável, não-corrosivo, baixa toxidez.
Grupo 3: inflamável, tóxico e/ou corrosivo.
Grupo 4: tóxico e/ou corrosivo, não-inflamável.
Grupo 5: espontaneamente inflamável.
Grupo 6: venenoso.

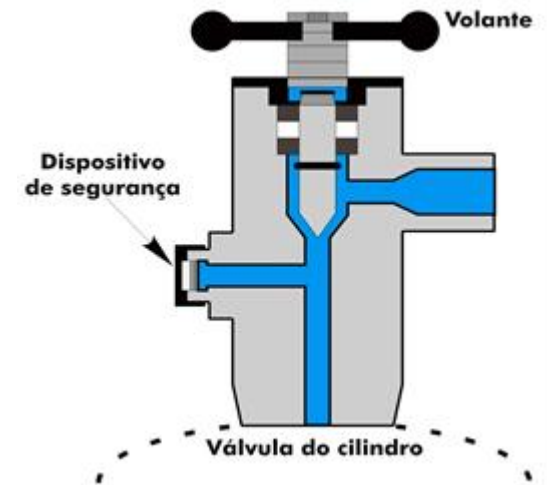
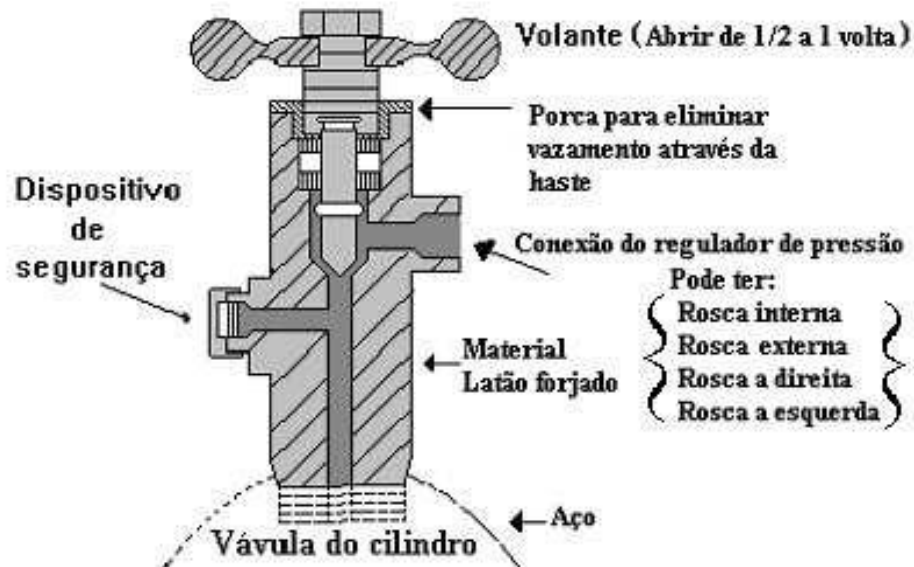
Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ): Solicitar a FISPQ para obter maiores informações sobre os possíveis riscos envolvidos na utilização dos produtos.



BATERIA DE
CILINDROS E
RESEVATÓRIO
DE GASES



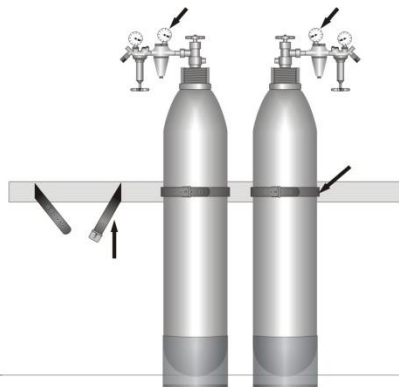
VÁLVULA DO CÍLINDRO



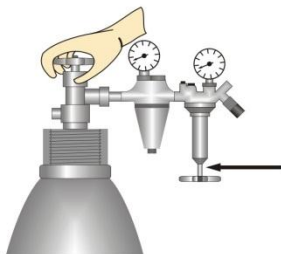
MANIPULAÇÃO ADEQUADA DOS CILINDROS E REGULADORES



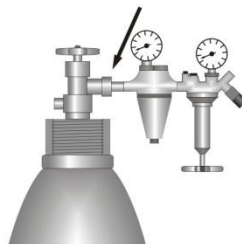
Transporte por carrinho.



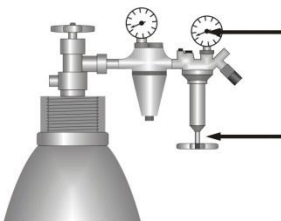
Fixação dos cilindros e instalação dos reguladores.



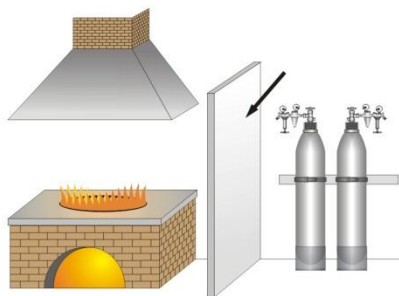
Abertura do cilindro com o manômetro despressurizado.



Verificação de vazamentos



Regulagem da vazão de trabalho



Proteção térmica para os cilindros



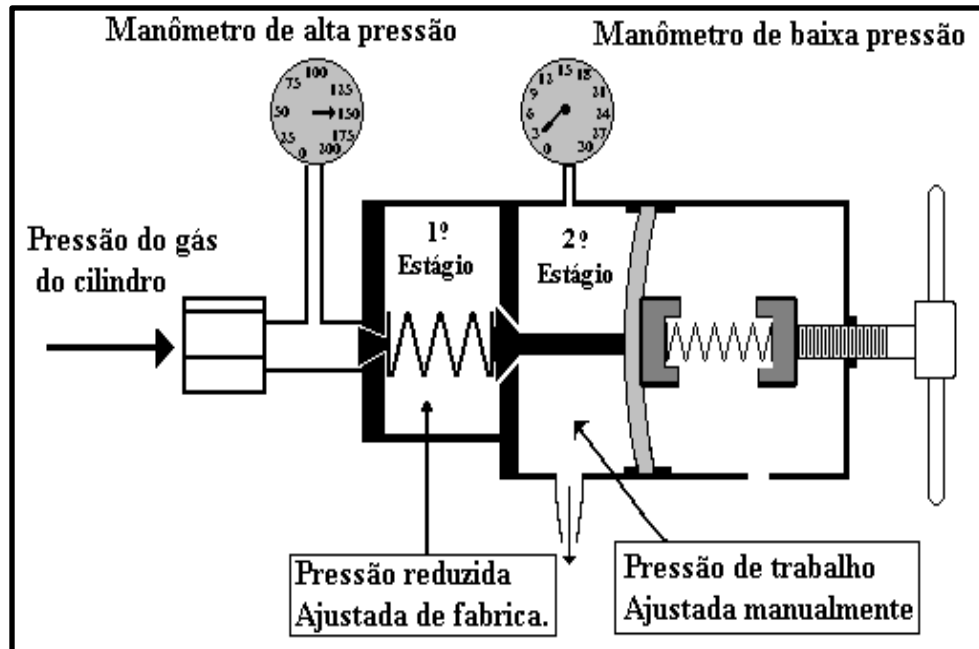
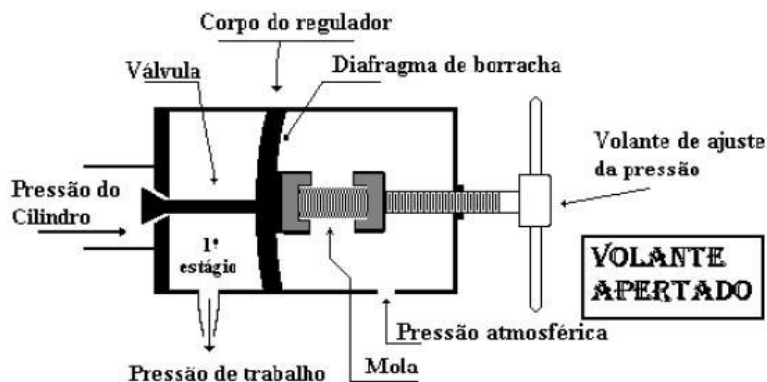
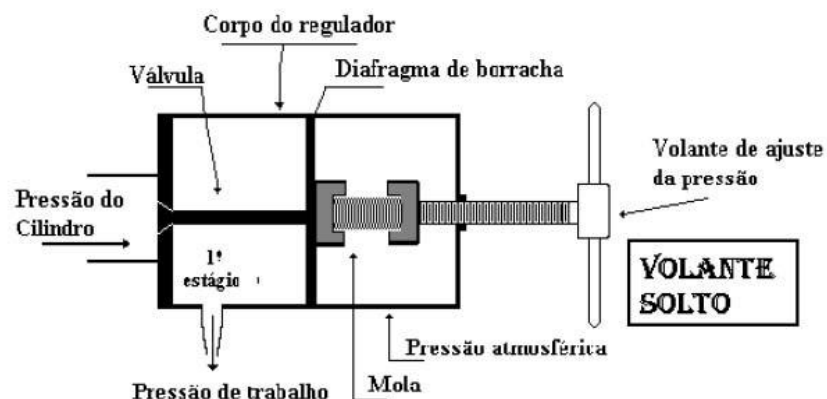
$$V = \frac{CXP}{1000}$$

ONDE: V= VOLUME;
C= CAPACIDADE EM LITROS;
P= PRESSÃO MARCADA NO MANÔMETRO
DE ALTA PRESSÃO (PSI);
1000= CONSTANTE PSI

TIPOS DE REGULADORES DE PRESSÃO

Regulador de um estágio = Gases de baixas pressões (Acetileno e GLP).

Regulador de dois estágios = Gases de altas pressões (Ar, O₂, CO₂).



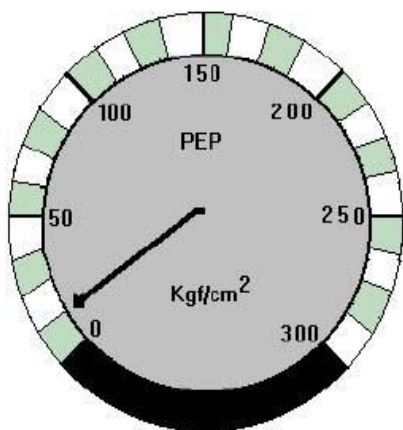
TIPOS DE REGULADORES DE PRESSÃO



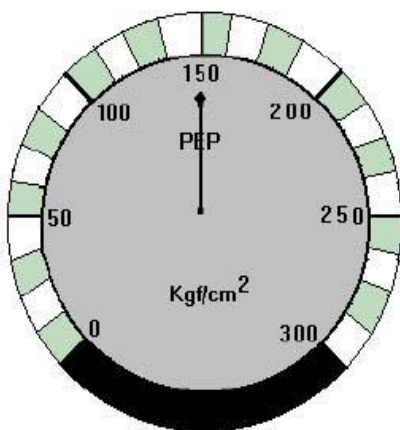
FRISO INDICA ROSCA ESQUERDA



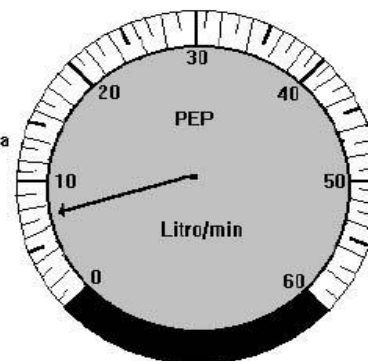
TIPOS DE MANÔMETROS



ALTA PRESSÃO



Esta indicando uma vazão de 7 L/min.

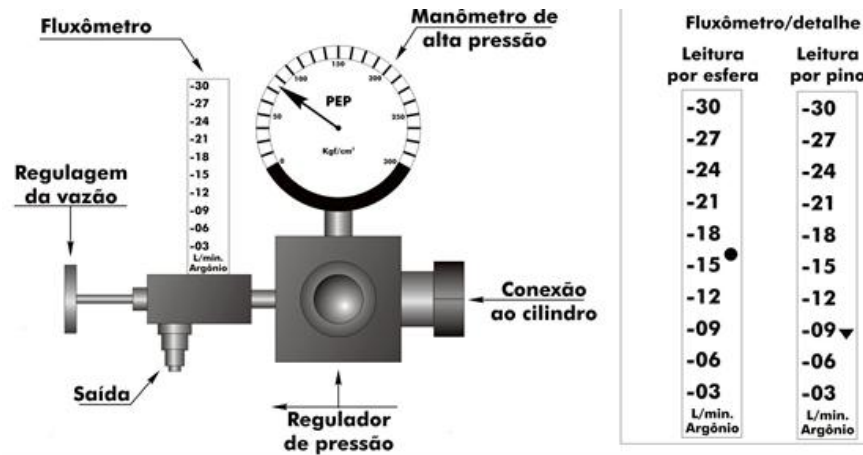


BAIXA PRESSÃO



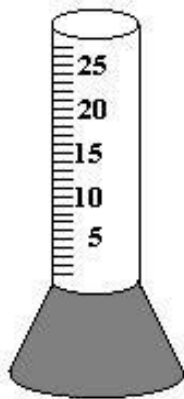
De **alta pressão** marca o conteúdo de gás contido no cilindro e sua unidade de medida é libras por polegada ao quadrado (lb./pol²) ou quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm²). O de **baixa pressão** em kgf/cm² ou litro por minuto, e serve para indicar a vazão de trabalho.

FLUXÔMETROS



Fluxômetro de bocal

Serve para conferir se existe vazamento na canalização do gás e verificar se a vazão está conforme o procedimento.



Fluxômetro de bocal
(chamado de bibimetro)



DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?

“A descontinuidade não é necessariamente um defeito, porém um defeito deve ser tratado sempre como uma descontinuidade. A descontinuidade se tornará um defeito quando por efeito acumulativo, dimensões ou natureza não satisfazer o requisitos mínimos exigidos pela norma técnica aplicável” (PETROBRAS – N-133).

Este item se baseia nas normas AWS A 2.1, AWS A 2.4 e NBR 5874, que trata especificamente deste assunto.

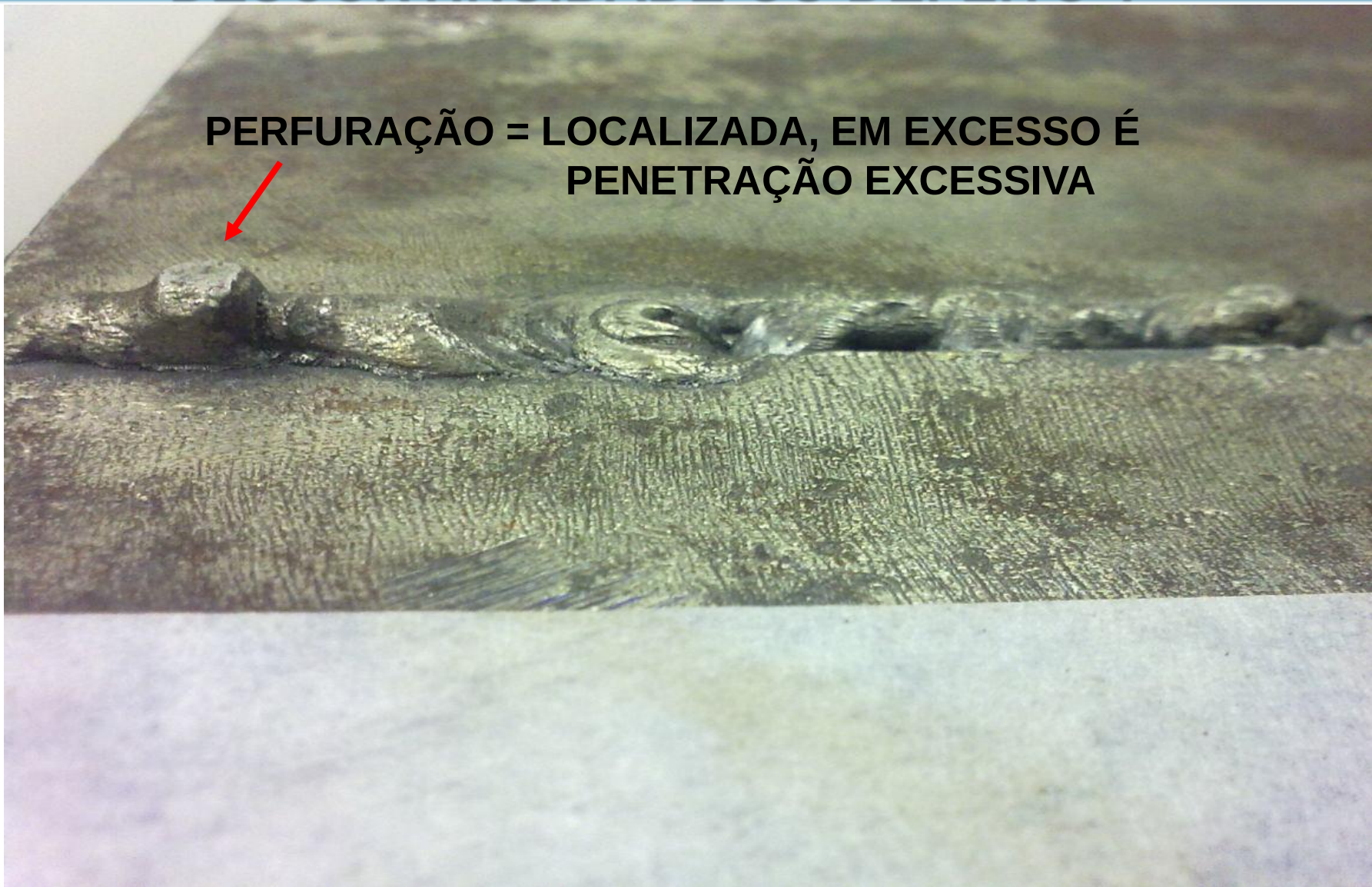


DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?



DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?

PERFURAÇÃO = LOCALIZADA, EM EXCESSO É
PENETRAÇÃO EXCESSIVA

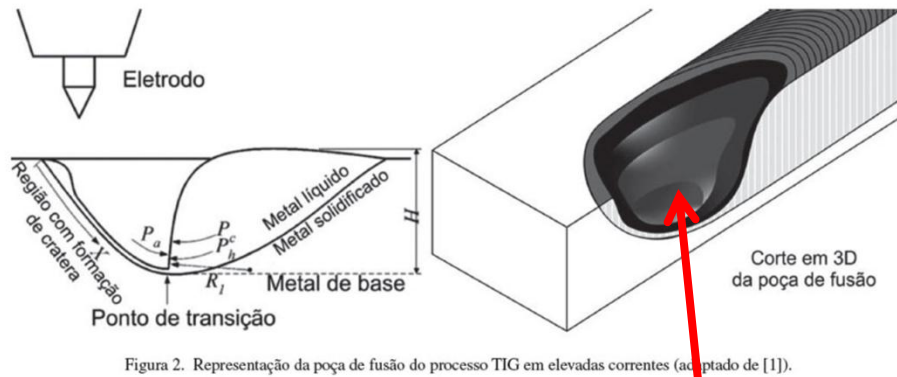


DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?

FALTA DE PENETRAÇÃO



DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?



DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?

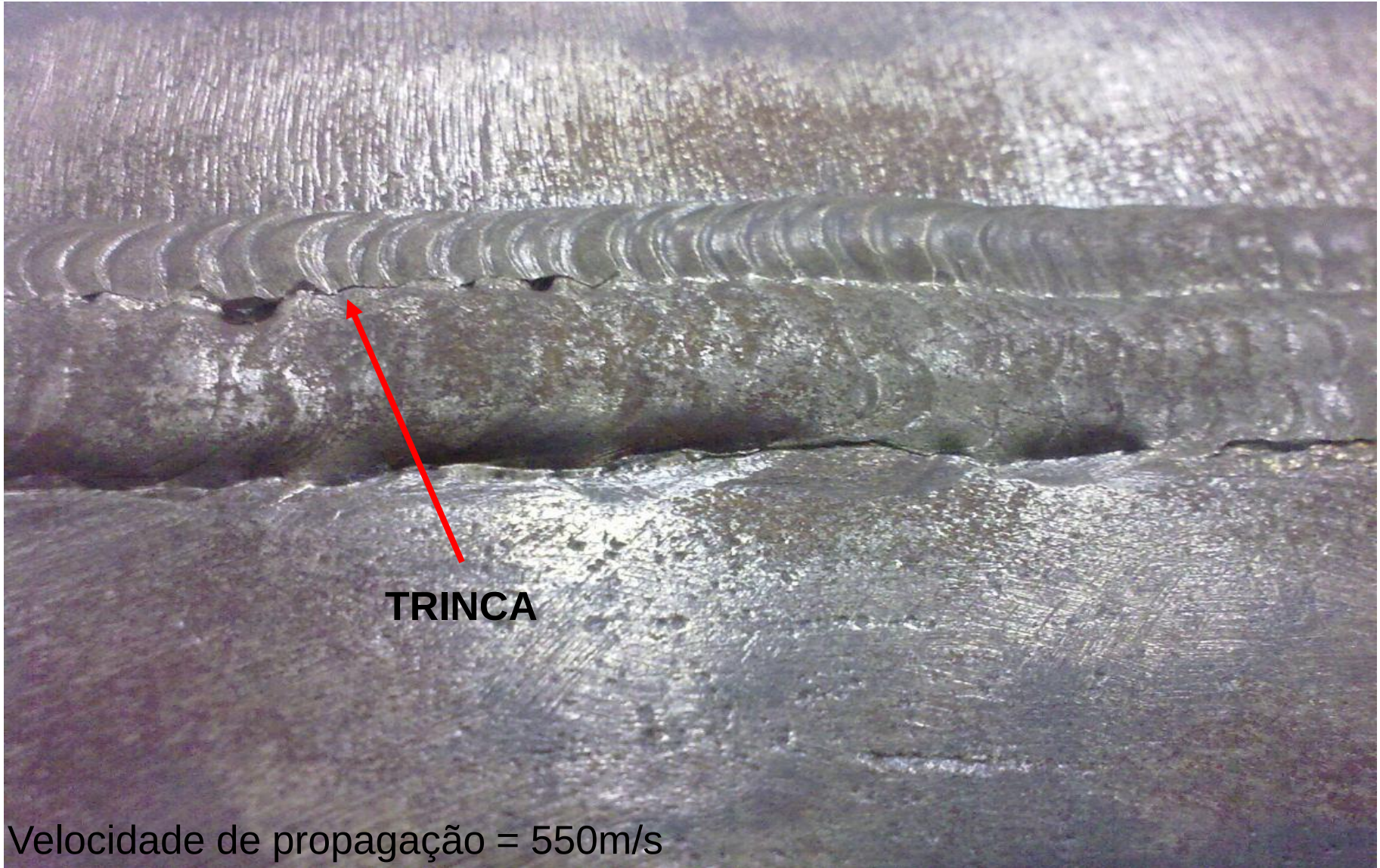


DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?



FALTA DE PENETRAÇÃO

DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?



DESCONTINUIDADE OU DEFEITO ?

