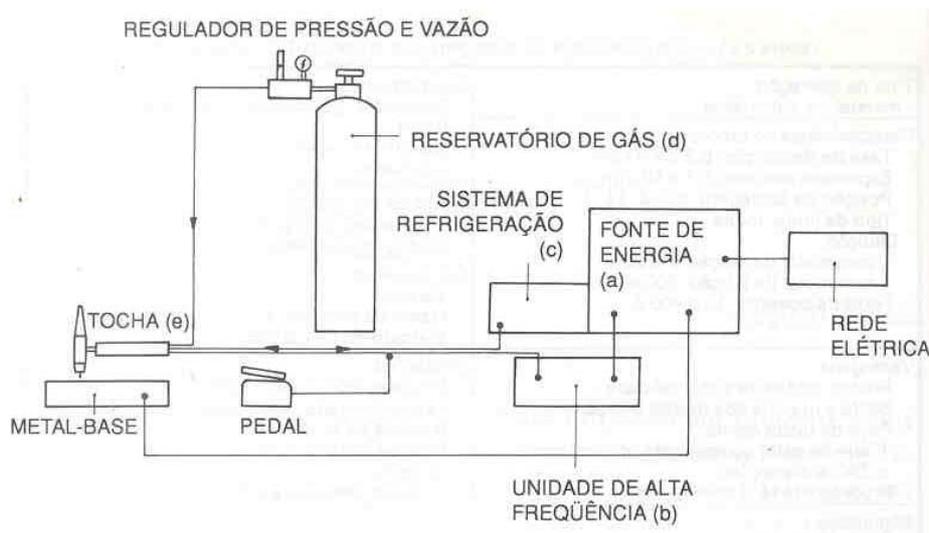


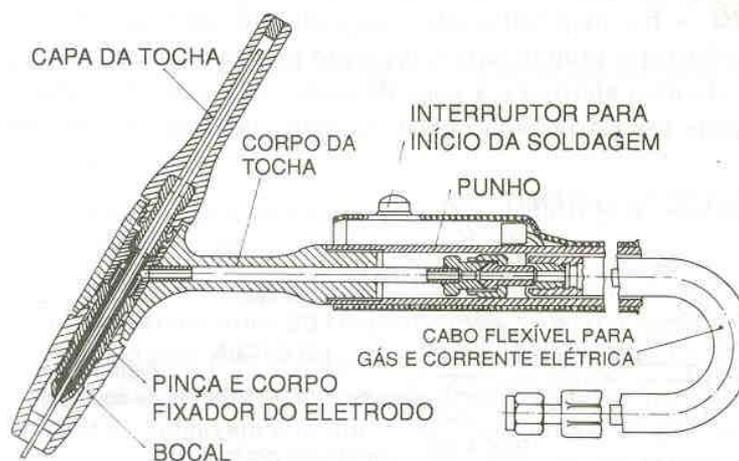
## TIG : Tungsten Inert Gas, também conhecido como GTAW : Gas Tungsten Arc Welding.

### O Processo TIG

O processo TiG consiste de uma fonte de soldagem de corrente constante, podendo trabalhar na polaridade negativa ou em corrente alternada. O eletrodo é do tipo não consumível, composto basicamente de Tungstênio com pequenas adições de óxidos refratários. O esquema geral deste processo pode ser visto na figura 1, sendo composto de uma tocha (detalhe mostrado na figura 2), uma fonte de energia de corrente constante, uma unidade de alta freqüência e um cilindro de gás de proteção.



**Figura 1** : Esquema geral do processo TIG.



**Figura 2** : Detalhe da tocha TIG.

O Arco elétrico é aberto entre o eletrodo de Tungstênio não consumível e o material base, que aquece a região a ser soldada. A soldagem pode ser realizada com ou sem material de adição. Caso seja realizada sem metal de adição denominamos a soldagem de autógena. A adição, quando feita, por ser realizada por varetas inseridas junto a poça de fusão manualmente pelo soldador ou por sistemas de alimentação mecânica, semelhante ao processo MIG/MAG.

Para auxiliar na abertura e estabilização do arco elétrico, o processo TIG se utiliza de uma unidade de alta frequência, que gera ciclos de baixa corrente, porém de alta frequência na abertura do arco quando soldamos na polaridade negativa. Esta polaridade é adequada para a soldagem de aços carbono.

Para soldagem de materiais que possuam óxidos de difícil remoção na superfície, como por exemplo ligas de alumínio e magnésio, é necessário a utilização de corrente alternada. Neste caso a unidade de alta frequência atua continuamente, pois a alternância da polaridade faz com que o arco se torne muito instável. O problema causado pela alta frequência é a possibilidade de danificar equipamentos que estejam próximos à máquina de solda, principalmente equipamentos eletrônicos como computadores, etc.

Atualmente existem equipamentos de soldagem TIG que operam em corrente alternada com onda quadrada. Isto diminui a instabilidade do arco pois a inversão da polaridade ocorre num intervalo de tempo bastante curto, comparativamente às fontes que trabalham com corrente alternada de forma senoidal (transformadores).

Para proteger o eletrodo e a poça de fusão do ar atmosférico, a tocha possui um bocal por onde é injetado um gás de proteção inerte na região do arco elétrico. O gás deve ser inerte, pois caso utilizássemos um gás ativo ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{O}_2$ ), haveria rápido consumo do eletrodo de W, pela fácil formação de óxidos deste material refratário. O gás mais utilizado é o Ar, podendo ainda utilizar o He. Como adições podem ser utilizadas pequenas quantidades de  $\text{H}_2$  e  $\text{N}_2$ .

Para abrir o arco elétrico acionamos um botão na tocha ou acionamos um pedal (depende do tipo de equipamento). Quando fazemos isto, existe um pré-vazão de gás de proteção antes que o arco elétrico seja aberto. Isto visa reduzir o desgaste do eletrodo e facilitar a abertura do arco. Da mesma forma, quando desligamos a tocha, existe uma pós-vazão de gás de proteção, para ajudar a resfriar o eletrodo de W antes que o mesmo tenha contato com o ar atmosférico.

Na tabela 1 são mostradas algumas diferenças entre os processos MIG, MAG e TIG. O processo TIG se caracteriza-se por possibilitar baixas taxas de deposição, o que

torna este processo limitado em termos de produção. Presta-se bem a soldagem de chapas finas e quando desejamos aquecer pouco a peça a ser soldada. Um grande inconveniente é que o soldador necessita grande habilidade (processo artesanal).

**Tabela 1 :** Algumas diferenças entre MIG, MAG e TIG

	<b>Tipo de Gás de Proteção</b>	<b>Tipo de Eletrodo</b>	<b>Taxa de deposição</b>	<b>Tipo de Corrente</b>	<b>Habilidade do soldador</b>
<b>MIG Metal Inert Gas</b>	Ar, He ou misturas Ar-He	Consumível Arames de 0,6 a 1,6mm	1 a 15 kg/h	CC+	Moderada
<b>MAG Metal Active Gas</b>	CO <sub>2</sub> e misturas: CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> Ar + CO <sub>2</sub> Ar + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	Consumível Arames de 0,6 a 1,6mm	1 a 15kg/h	CC+	Moderada
<b>TIG Tungsten Inert Gas</b>	Ar Ar + He, Ar+H <sub>2</sub> , Ar+N <sub>2</sub>	Não consumível Ponta de W, W- Th, W-Zr	0,2 a 1,3 kg/h	CA e CC-	Alta

Uma parte importante do processo TIG são os eletrodos não consumíveis (ocorre pequeno consumo). Estes eletrodos são materiais refratários (W e óxidos refratários), para suportar a elevada temperatura do arco elétrico. A composição química e demais informações dos eletrodos são mostrados na tabela 2.

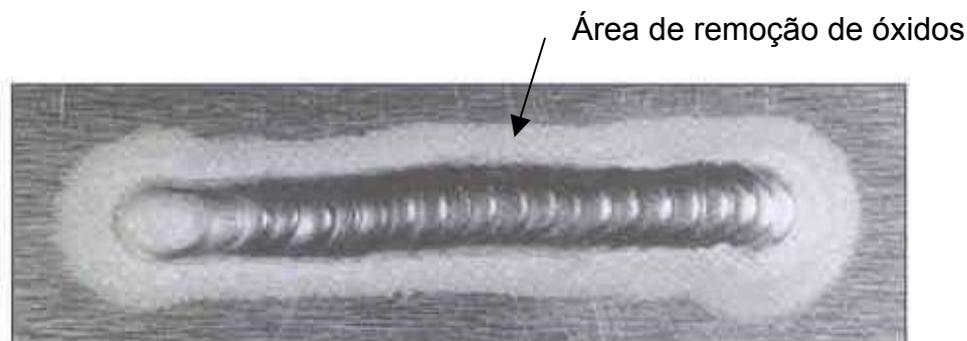
**Tabela 2 :** Composição química e identificação dos eletrodos no process TIG.

<b>Classif. AWS</b>	<b>Composição química [% em peso]</b>					<b>Cor de identificação</b>
	<b>W (min.)</b>	<b>CeO<sub>2</sub></b>	<b>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>ThO<sub>2</sub></b>	<b>ZrO<sub>2</sub></b>	
EWP	99,5					Verde
EWCe-2		1,8-2,2				Laranja
EWLa-1			0,9-1,2			Preto
EWTh-1				0,8-1,2		Amarelo
EWTh-2				1,7-2,2		Vermelho
EWZr-1					0,15-0,40	Marrom
EWG	94,5	Não especificado				Cinza

A aplicação destes eletrodos depende do material a ser soldado, conforme comentaremos a seguir.

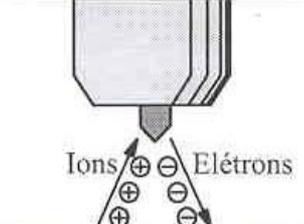
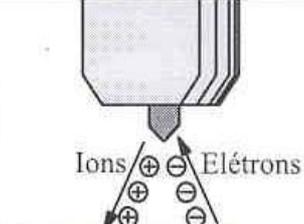
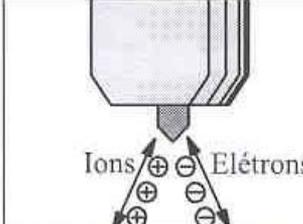
A utilização da polaridade negativa ou da corrente alternada depende do material a ser soldado. Quando utilizamos a polaridade negativa, os elétrons são emitidos pelo eletrodo de W, e acelerados em direção ao material base. Desta forma conseguimos um bom aquecimento do material base, o que ocasiona uma boa penetração. Caso utilizássemos a polaridade positiva, além da baixa penetração, o eletrodo sofreria grande aquecimento, o que aceleraria seu desgaste. Na soldagem de aços carbono, inoxidáveis, ligas de cobre, etc é a polaridade que se utiliza normalmente ( $CC^-$  ou CCPD).

Para a soldagem de ligas de Al e Mg é necessário utilizar a corrente alternada. Isto ocorre porque para soldar estes materiais é necessário remover os óxidos presentes na superfície. Como estes óxidos são muito estáveis e só fundem a elevadas temperaturas (por exemplo, o óxido  $Al_2O_3$  funde acima de  $2000^\circ C$  enquanto as ligas de Al fundem abaixo de  $600^\circ C$ ) a remoção desta camada ocorre quando o material passa a ser o catodo (pólo negativo), ou seja na polaridade positiva ( $CC^+$  ou CCPR). O aspecto da camada de óxidos removida na soldagem de ligas de alumínio pode ser vista na figura 3, sendo a região esbranquiçada que envolve o cordão de solda.



**Figura 3** : Aspecto da região onde os óxidos superficiais foram removidos pela ação do arco elétrico na soldagem TIG de liga de alumínio.

Entretanto esta polaridade, se usada continuamente destrói rapidamente o eletrodo pois causa seu aquecimento excessivo. Assim, quando utilizamos a corrente alternada, num ciclo onde o eletrodo é o catodo ocorre maior aquecimento do material base e quando o material base é o catodo ocorre a remoção da camada de óxidos. A figura 4 mostra a influência do tipo de polaridade sobre o formato do cordão de solda, o aquecimento sofrido pelo eletrodo e pelo material base e a remoção dos óxidos superficiais.

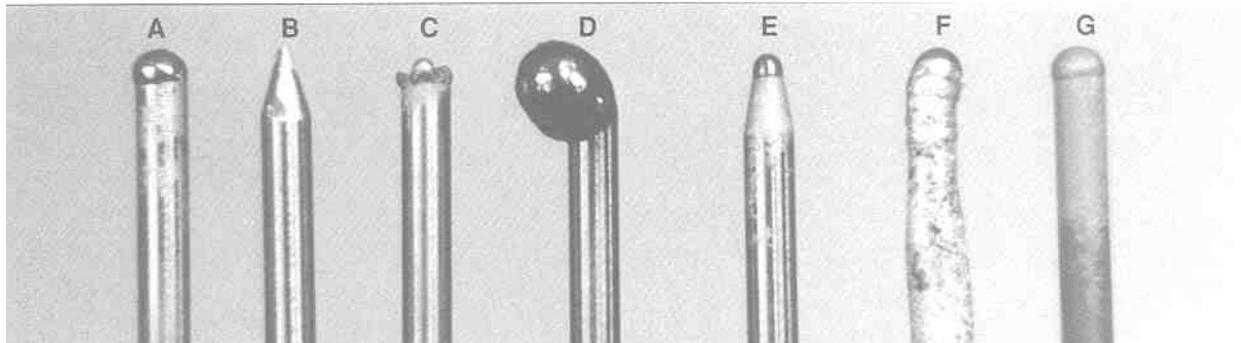
Tipo de Corrente:	CC-	CC+	CA
Fluxo de elétrons e ions:			
Perfil do cordão:			
Limpeza de óxido:	Não	Sim	Sim (meio ciclo)
Balanco de calor (aprox.):	70% na peça 30% no eletrodo	30% na peça 70% no eletrodo	50% na peça 50% no eletrodo

**Figura 4 :** Influência da polaridade sobre a penetração e aquecimento na região do arco no processo TIG.

O uso da corrente alternada de onda quadrada para a soldagem de ligas de Al e Mg trouxe a vantagem de possibilitar um arco mais estável. Além disso, sendo possível regular os níveis de corrente no positivo e negativo e os respectivos tempos (como no MIG Pulsado), conseguiu-se otimizar o desgaste do eletrodo. Fontes que fazem este tipo de onda estão disponíveis no mercado em grande número.

Em termos de eletrodos, para de ligas de Al e Mg recomenda-se o uso de eletrodo EWP (W puro) – ponta verde ou o EWZr-1 – ponta marrom, pois estes apresentam excelente estabilidade de arco em corrente alternada. Ao sofrerem aquecimento, a ponta do eletrodo EWP se torna arredondada. Não devem afiados com ponta muito aguda, pois a ponta irá se fundir e cair dentro da poça de fusão, contaminando-a.

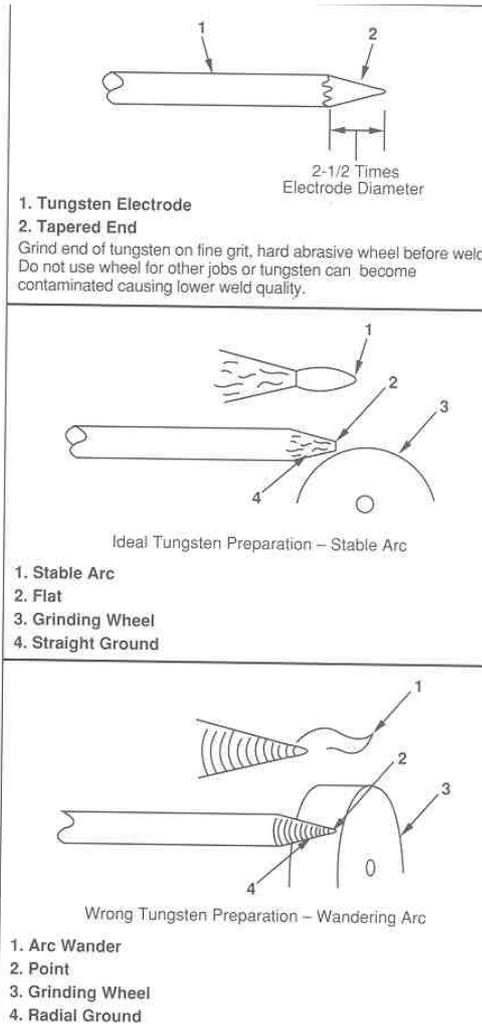
Para a soldagem de aços, recomenda-se os eletrodos com Tória, EWTh-1 e EwTh-2. Entre estes o mais utilizado é o EWTh2 – ponta vermelha. A vantagem destes eletrodos é sua maior emissividade, o que favorece a passagem de maior corrente pelo arco elétrico. Possui melhor resistência que os eletrodos de W puro, e a ponta não tende a ficar arredondada com o aquecimento. O tório é um elemento radioativo, mas sua baixa concentração no eletrodo não causa maiores problemas. Em ambientes confinados recomenda-se uma adequada ventilação. O aspecto da ponta dos eletrodos usados pode ser vista na figura 4.



**Figura 5** : Características de alguns eletrodos de 1/8" utilizados na soldagem TIG.

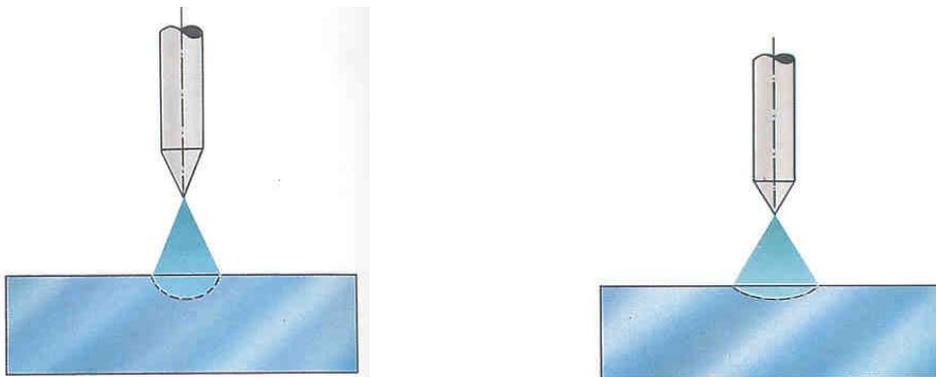
- Eletrodo A : Tipo EWP, utilizado para soldagem de Alumínio em corrente alternada, que adquiriu o formato arredondado devido ao aquecimento.
- Eletrodo B : Tipo EWTh-2, afiado e utilizado na soldagem em CCPD;
- Eletrodo C : Idem anterior, utilizado na soldagem de alumínio em corrente alternada. Na ponta formaram-se várias pequenas calotas arredondadas, diferentemente ao eletrodo A;
- Eletrodo D : Tipo EWP, utilizado na soldagem de alumínio em corrente alternada. O eletrodo foi utilizado acima da corrente que ele suportaria, ocorrendo um agravamento da fusão da ponta do eletrodo, formando uma bola que pode se desprender e cair na poça de fusão, causando sua contaminação;
- Eletrodo E : Tipo EWP que foi afiado e utilizado na soldagem em CCPD. A ponta se funde, causando o seu arredondamento. Este tipo de eletrodo não deve ser apontado aguçadamente, para evitar este efeito, que pode contaminar a poça de fusão;
- Eletrodo F : Eletrodo altamente contaminada pelo contato entre a vareta do metal de adição e a ponta do eletrodo. O eletrodo deve ser novamente afiado;
- Eletrodo G : A superfície do eletrodo apresenta-se preta e fosca, devido a sua oxidação, indicando que houve problemas na pós-vazão do gás de proteção.

A afiação do eletrodo é muito importante pois pode influenciar na estabilidade do arco e também no formato do cordão de solda. Na figura 6 é mostrado como se deve proceder para efetuar a afiação utilizando-se um esmeril. As principais recomendações são : 1) uso exclusivo do esmeril para este fim; 2) não afiar utilizando-se o lado do rebolo e sim a parte frontal; 3) afiar até um profundidade 2,4 vezes o diâmetro do eletrodo.



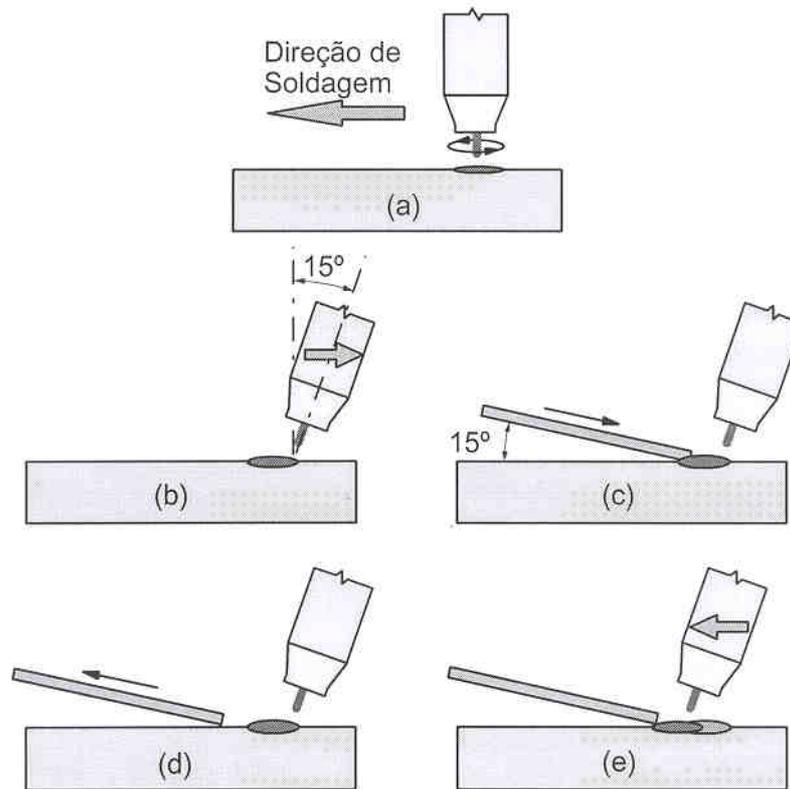
**Figura 6** : Recomendações para a afiação do eletrodo de W.

A afiação pode ainda afetar a penetração do cordão de solda. Quanto menor o ângulo da ponta do eletrodo, maior será a penetração obtida, conforme mostrado na figura 7. A medida que variamos o ângulo da ponta do eletrodo, o arco elétrico muda de formato, ocasionado esta variação.



**Figura 7** : Influência do ângulo da ponta do eletrodo na penetração do cordão no processo TIG.

A técnica manual de soldagem TIG pode ser vista na figura 8. Normalmente em TIG solda-se empurrando, para facilitar a inserção do metal de adição.



- a) formação da poça de fusão;
- b) inclinação da tocha para o ângulo de deslocamento apropriado;
- c) Inserção do material de adição;
- d) Afastamento da vareta;
- e) Avanço da tocha conduzindo a poça de fusão e nova inserção de material.

**Figura 8 :** A técnica manual da soldagem TIG.

Para finalizar vamos mostrar algumas recomendações para soldagem de diferentes materiais, mostrados na tabela 3.

**Tabela 3** : Recomendações para a soldagem através do processo TIG para diferentes materiais e espessuras

<b>Material</b>	<b>Espessura</b>	<b>Tipo de polaridade</b>	<b>Eletrodo recomendado</b>	<b>Gás de Proteção recomendado</b>
Alumínio e ligas	Todas	CA	EWP ou EWZr-1	Ar ou Ar-He
	Acima de 3,2mm	CCPD	EWTh-2	Ar-He ou Ar
	Abaixo de 3,2mm	CCPR	EWTh-1 ou EWZr-1	Ar
Aços carbono e baixa liga	Todas	CCPD	EWTh-2	Ar ou Ar-He
	Abaixo de 3,2mm	CA	EWTh-1 ou 2	Ar
Aços inoxidáveis	Todas	CCPD	EWTh-2	Ar ou Ar-He
	Abaixo de 3,2mm	CA	EWP ou EWZr-1	Ar ou Ar-H <sub>2</sub> (*)
Cobre e ligas	Todas	CCPD	EWTh-2	Ar
	Abaixo de 3,2mm	CA	EWP ou EWZr-1	Ar
Ligas de Magnésio	Todas	CA	EWP ou EWZr-1	Ar
	Abaixo de 3,2mm	CCPD	EWZr-1 ou EWTh-2	Ar
Titânio, Zircônio	Todas	CCPD	EWTh-2	Ar

(\*) para aços da série 300 - austeníticos