

Processos de Soldadura

Processo de Soldadura Eléctrodos Revestidos – 111

Direcção de Formação

Italo Fernandes



**instituto de soldadura
e qualidade**
direcção de formação

Temas a tratar neste módulo

Processos de Soldadura

- **Eléctrodos Revestidos – SER**
 - **Designação EN ISO – 111**
 - **Designação UE – MMA**
 - **Designação USA/AWS - SMAW**

Temas a tratar neste módulo

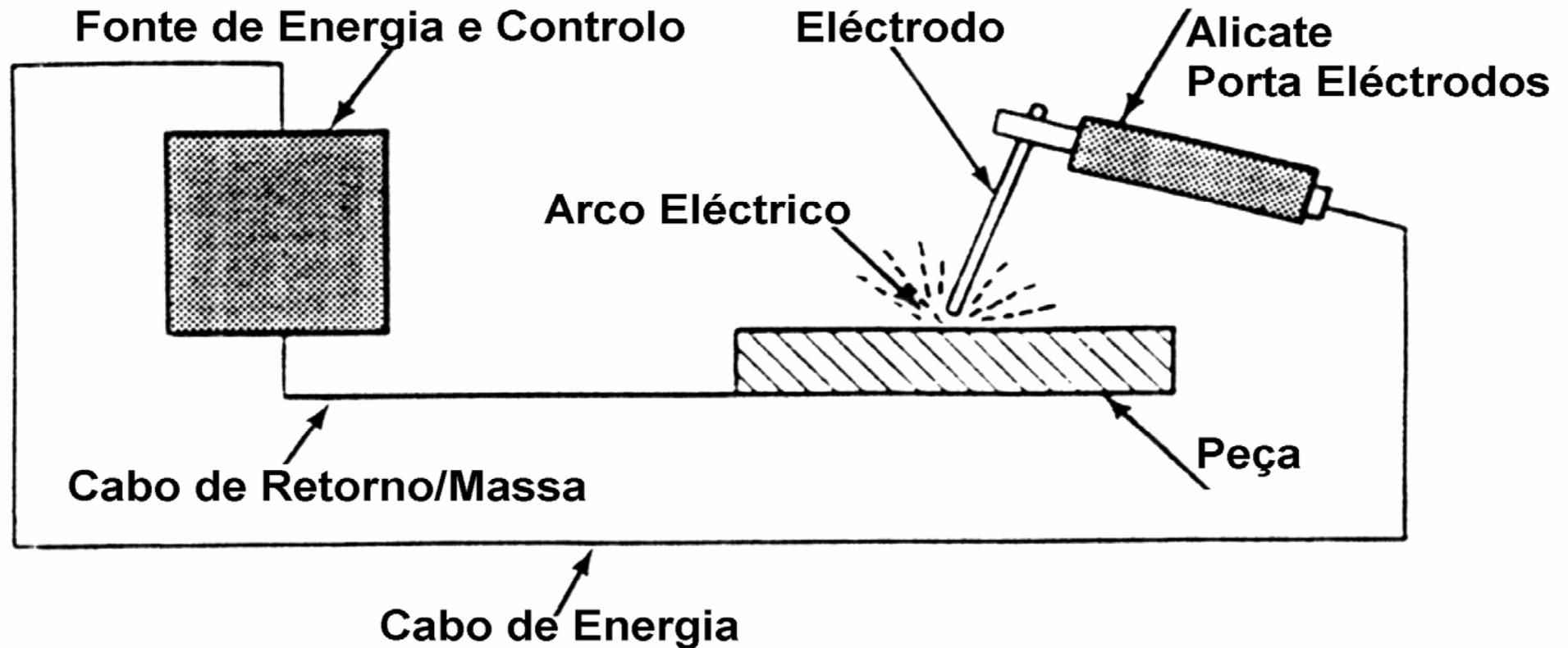
Objectivos

- ✓ **Princípio de Funcionamento**
- ✓ **Equipamentos e Acessórios**
- ✓ **Parâmetros (variáveis essenciais) de Soldadura**
- ✓ **Consumíveis – Tipos e Cuidados**
- ✓ **Imperfeições Típicas**

Princípio de Funcionamento

- **Processo de Soldadura por Fusão.**
- **A Fusão do material de adição e do material de base é obtida através do calor desenvolvido por um arco eléctrico.**
- **A Protecção do banho em fusão e das gotas de material de adição é obtida através de uma protecção gasosa, através da decomposição do Revestimento.**

Princípio de Funcionamento



Princípio de Funcionamento

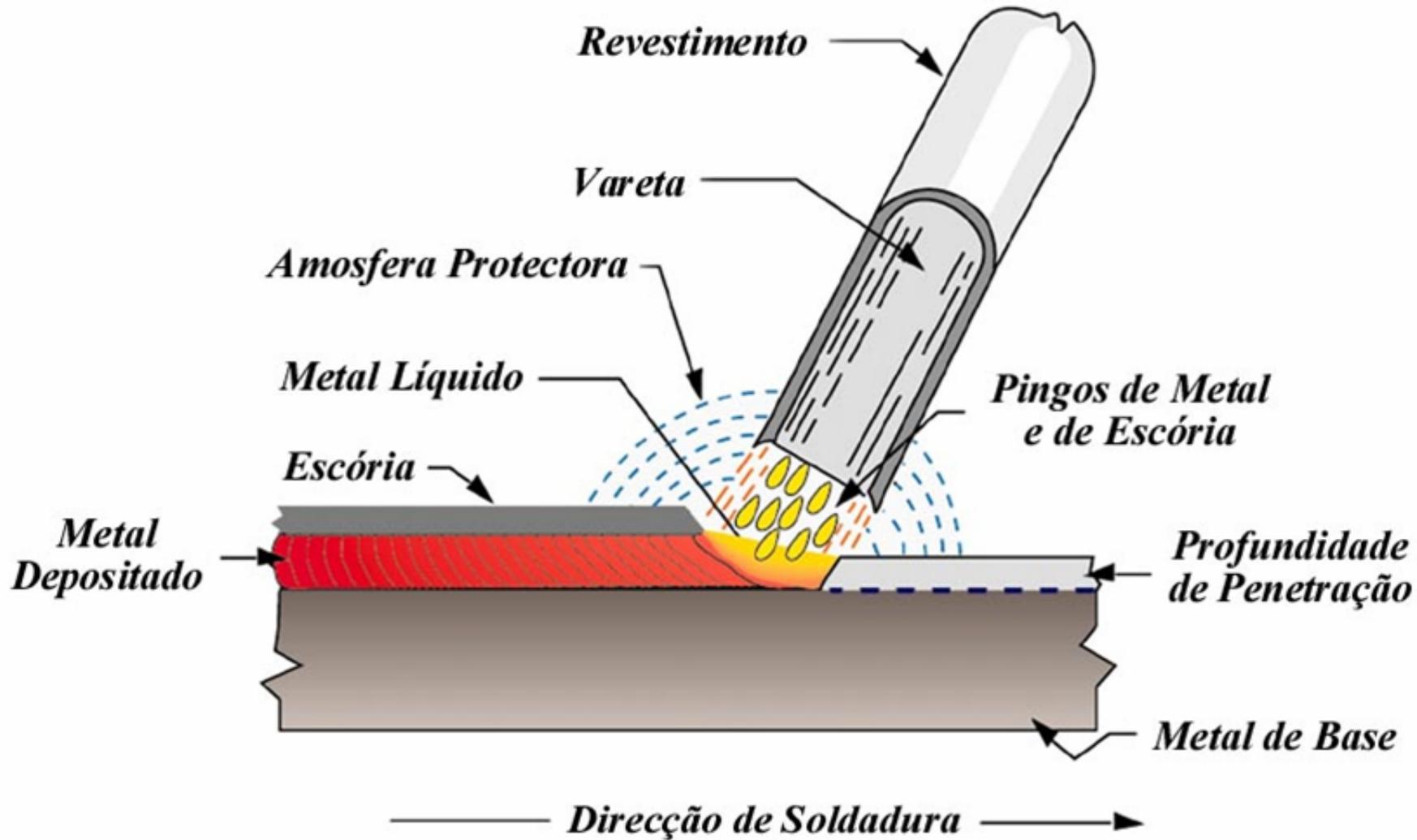
- **O Material de Adição é obtido através da utilização de um consumível do tipo Eléctrodo Revestido.**
 - ❖ **Eléctrodo Revestido é composto por uma vareta metálica e por um revestimento.**
 - ❖ **Eléctrodo tem um comprimento típico de 230 a 460mm.**

- **Tipo de Corrente Eléctrica:**
 - ❖ **Continua: DC(+) / DCEP ou DC(-) /DCEN**
 - ❖ **Alterna: AC**

Princípio de Funcionamento

- **O Arco – Eléctrico é escorvado utilizando a técnica de curto circuito.**
 - ❖ **Necessário que a fonte tenha um OCV adequado ao tipo de Eléctrodo Revestido.**
 - ❖ **Técnica é por “Toque” ou “Riscamento” do eléctrodo sobre a peça.**
 - ❖ **O escorvamento é sempre feito mais à frente do local onde se pretende iniciar o arco-eléctrico.**

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



Aplicações

- ✓ **Soldadura em Todas as Posições;**
- ✓ **Soldadura tanto em Chapas como em Tubos e/ou Perfis;**
- ✓ **Soldadura Topo-a-Topo e de Ângulo (de canto com ou sem penetração total);**
- ✓ **Passes de Raiz com penetração total sem e com juntas de suporte;**
- ✓ **Espessura mínima na ordem do 1 mm, espessura máxima infinito;**

Aplicações

- ✓ **Todo o tipo de construção soldada em quase todo o tipo de materiais soldáveis**
 - ⇒ **Estruturas**
 - ⇒ **Reservatórios de Pressão**
 - ⇒ **Tubagens**
 - ⇒ **Cascas**
 - ⇒ **Equipamentos rodoviários, ferroviários, agrícolas,**
 - ⇒ **Indústria química, petroquímica, de refinação e construção naval, etc.**

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

Vantagens:

- ❖ Solda a maioria dos metais
- ❖ Equipamentos Simples e Económicos
- ❖ Usa AC e DC
- ❖ Solda em Todas as Posições
- ❖ Boa Acessibilidade e Mobilidade



Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

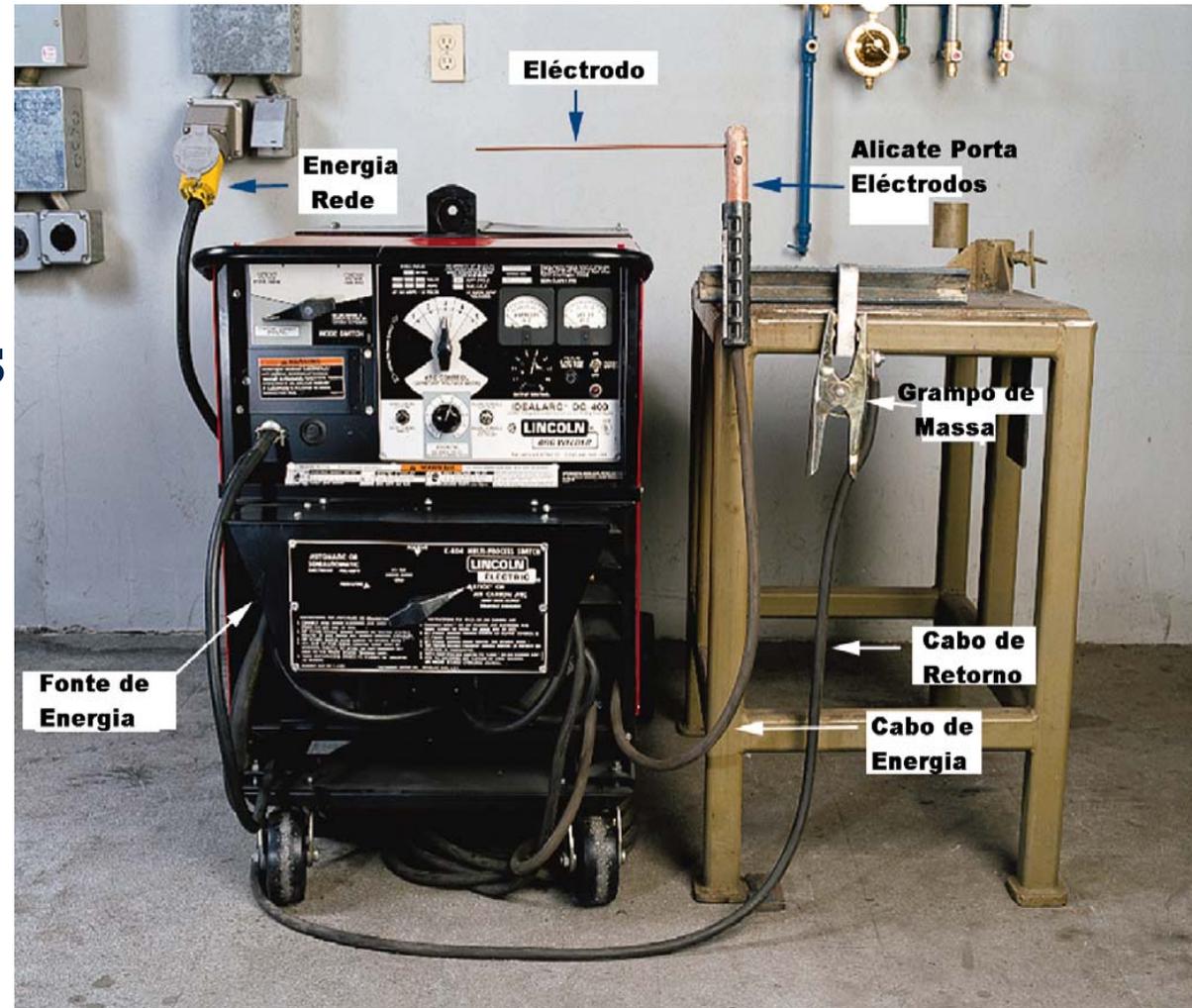
Desvantagens:

- ❖ Comprimento fixo dos Eléctrodos (230 a 460 mm)
- ❖ Limitação da capacidade de corrente máxima
- ❖ Baixo Rendimento ≤ 1 Kg/h
- ❖ Factor de marcha $\leq 30\%$
- ❖ Limitado a esp. de 200 mm
- ❖ Ligas leves (Al e Cu) e material reactivo (Ti)
- ❖ Existência de Escória
- ❖ Não automatizável



Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

- ❖ Fonte de Energia
- ❖ Alicate Porta-Eléctrodos
- ❖ Cabo de Energia
- ❖ Cabo de Retorno
- ❖ Alicate de Massa



Fontes de Energia:

✧ Tipo Estático:

- ✧ Convencionais ou Inversores
- ✧ Rectificadores debitam corrente DC
- ✧ Transformadores debitam corrente AC

✧ Tipo Rotativo:

- ✧ Geradores debitam corrente DC
- ✧ Alternadores debitam corrente AC

✧ Factor de Marcha de 35%

✧ Curva Estática Tipo Mergulhante ou Intensidade Constante

Fontes de Energia:

✧ Escolha do tipo de Fonte:

- ✧ Intensidade Máxima a utilizar (diâmetro de eléctrodo e/ou espessura do material a soldar)
- ✧ Utilização em oficina ou em estaleiro (nível de protecção eléctrica e a estabilidade do fornecimento de corrente)
- ✧ Se máxima estabilidade do arco (DC) ou baixa estabilidade do arco (AC)

Porta Eléctrodos e Alicates de Massa:

✧ Adequados à Intensidade máxima a utilizar

Cabos de Energia e de Retorno:

- ✧ Escolha da Secção mínima de Cabo:
 - ✧ Intensidade Máxima a utilizar (diâmetro de eléctrodo e/ou espessura do material a soldar)
 - ✧ Distância máxima entre a fonte e o local de trabalho
 - ✧ Factor de Marcha utilizado

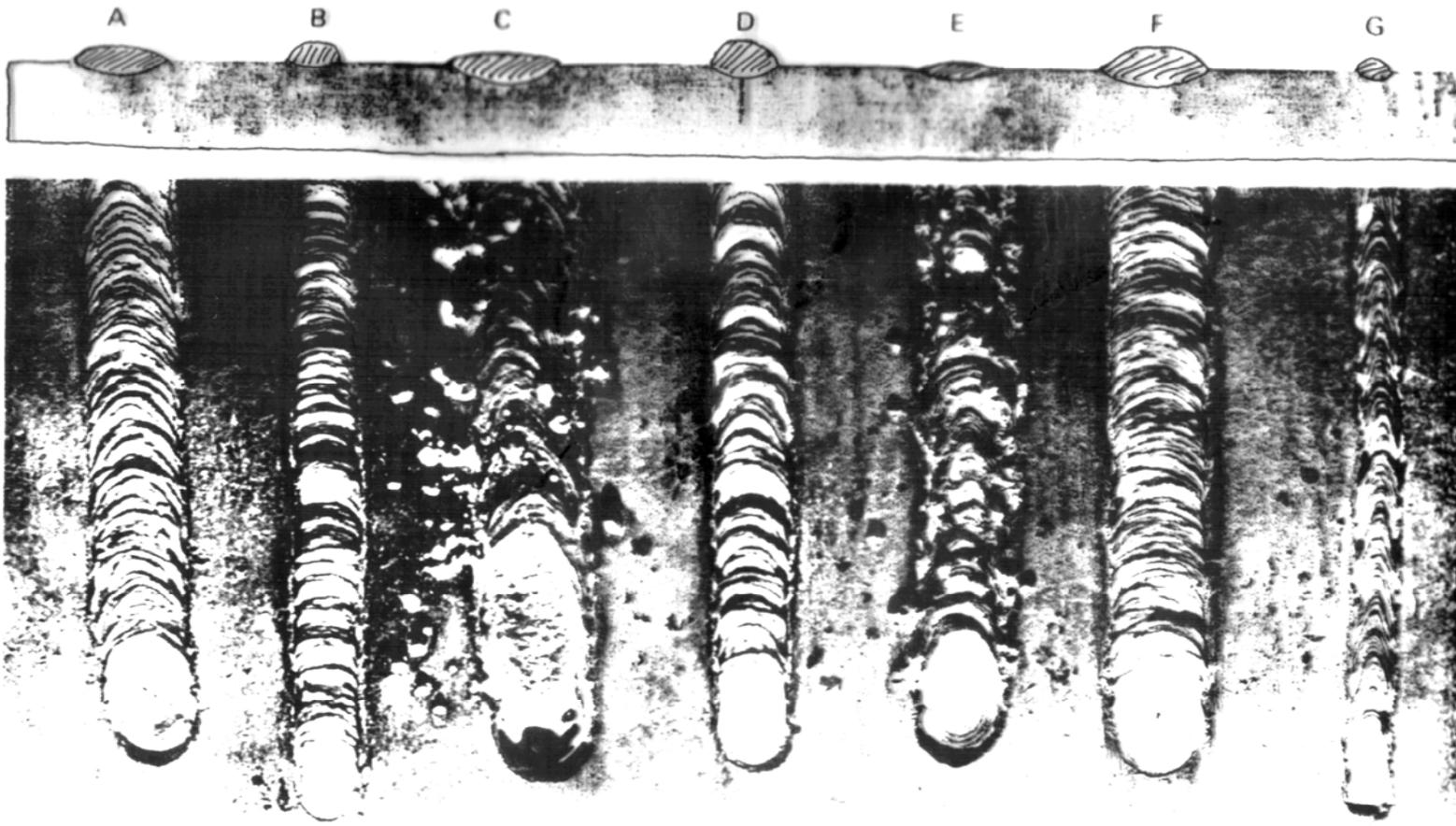
Cuidados Gerais:

- ❶ As Linhas de Distribuição da energia devem estar balanceadas
- ❷ A Massa deve estar bem fixa, dimensionada e ter bom contacto
- ❸ Verificar os apertos, evitar os Pontos Quentes
- ❹ Garantir os Isolamentos eléctricos
- ❺ A Terra por segurança deve existir sempre

Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais):

- ❶** Intensidade de Soldadura (corrente)
- ❷** Tensão Arco Eléctrico (voltagem)
- ❸** Velocidade de Soldadura
- ❹** Tipo de Eléctrodo e seu Diâmetro

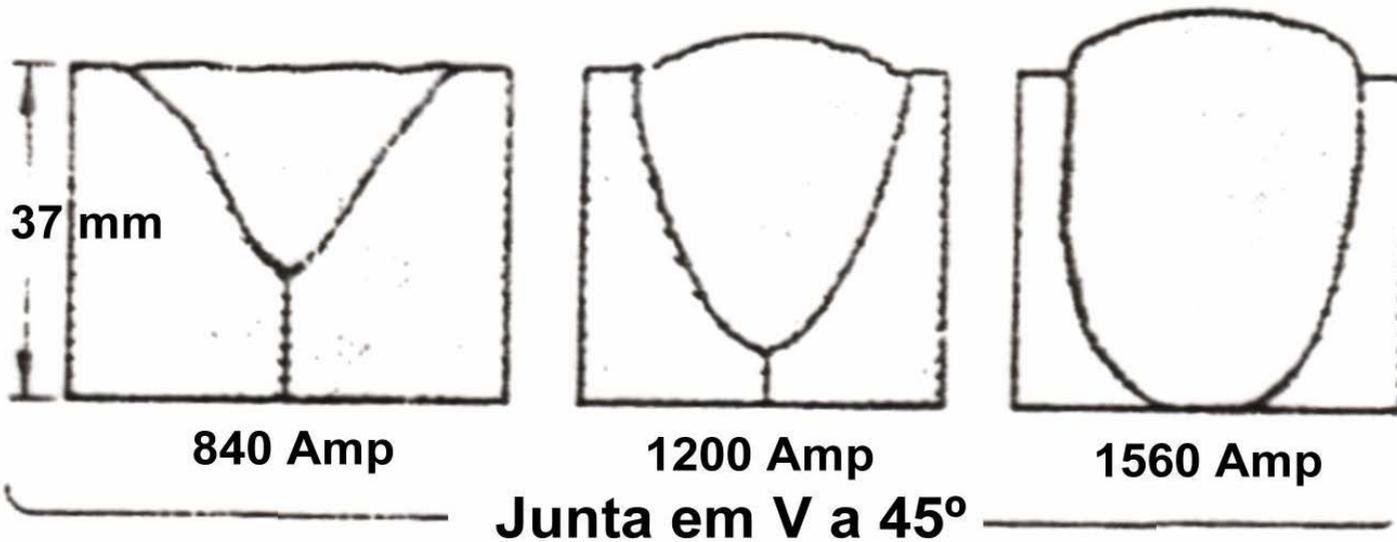
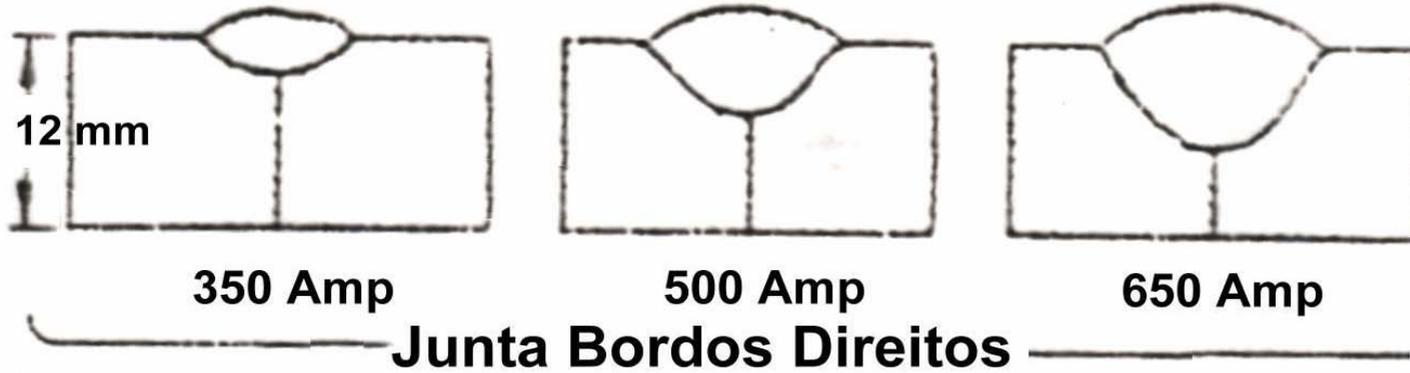
Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do cordão de soldadura

Figure 2.11 – The Effect of Welding Amperage, Arc Length, and Travel Speed; (A) Proper Amperage, Arc Length, and Travel Speed; (B) Amperage Too Low; (C) Amperage Too High; (D) Arc Length Too Short; (E) Arc Length Too Long; (F) Travel Speed Too Slow; (G) Travel Speed Too Fast

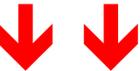
Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



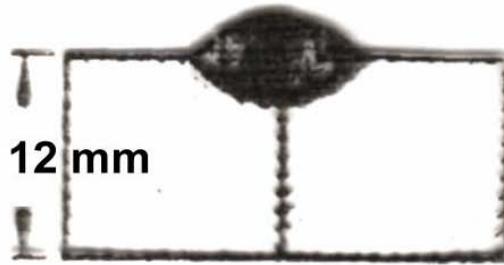
Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Intensidade:

- Determina a taxa de Depósito
- Profundidade da Penetração
- Volume de metal Fundido
- I  ⇒ Implicam Bordos queimados, cordões “altos” e estreitos
- I  ⇒ Arcos Instáveis

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



22 Volts

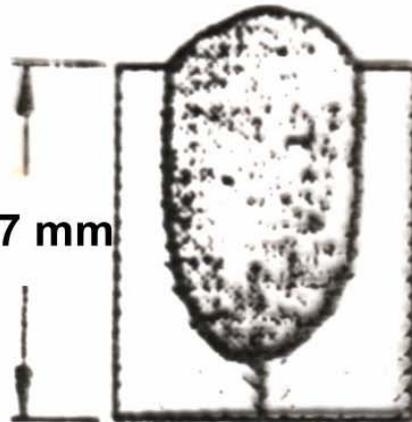


29 Volts



32 Volts

Junta de Bordos Direitos



28 Volts



40 Volts



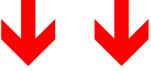
52 Volts

Junta em V a 45°

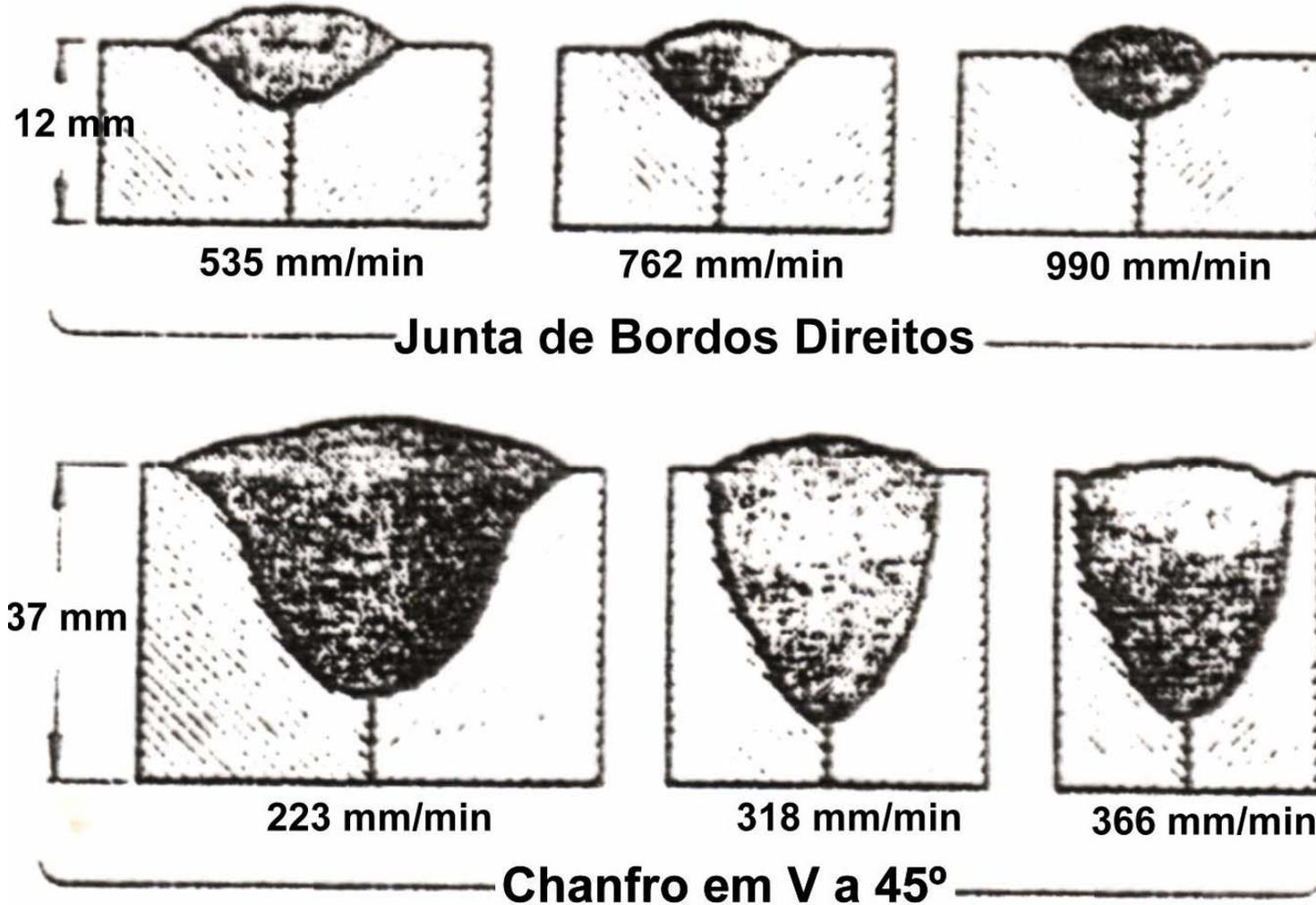
Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Tensão:

- Determina a largura e a convexidade do Cordão
- Melhora a resistência à porosidade (óleos e humidade)
- V  ⇒ Cordões muito largos (2 x a penetração) pode originar fissuração
- V  ⇒ Difícil remoção da escória, aumento exagerado de elementos liga no depósito podendo originar fissuração

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Parâmetros de Soldadura (variáveis essenciais), influência na morfologia do Cordão de Soldadura

Velocidade de Soldadura Excessiva:

- Diminui o efeito de molhagem, aumenta a convexidade
- Aumenta a probabilidade de bordos queimados
- Aumenta a probabilidade da porosidade e da fissuração

Velocidade de Soldadura muito Baixa:

- Aumenta a probabilidade de fissuração pelo efeito de aumentar a largura do cordão
- Aumenta a probabilidade de inclusões de escória devido a volumes de material fundido muito grandes e baixa velocidade
- Morfologia do cordão muito rugosa

Função dos Constituintes do Consumível de Soldadura

➤ **Alma**

- ❖ **Permite a passagem da Corrente Eléctrica**
- ❖ **Fornece o material de adição**

➤ **Revestimento**

- ❖ **Função Física e Mecânica**
- ❖ **Função Metalúrgica**
- ❖ **Função Eléctrica**

Tipos de Consumíveis:

- Básicos
- Rutílicos
- Celulósicos

Escolha do tipo de Revestimento:

- Material base tem exigências de Resiliência (boa energia de impacto a baixa temperatura)
- Se a construção tem exigências de projecto ao nível das Resiliências

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



Tipos de Revestimentos - Comparação

Regras Básicas para a Escolha do Consumível/Eléctrodo

- O material depositado deve ser o adequado à soldadura, isto é, compatível com o material base (metalurgicamente, características físicas e químicas)
- Propriedades mecânicas definidas na especificação de construção



Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

Regras Básicas para a Escolha do Consumível/Eléctrodo

- Em função da Espessura (Intensidade de Soldadura)
- Em função da posição de Soldadura (Intensidade de Soldadura)
- Em função do tipo de Corrente que se vai utilizar (DC/AC)



Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

Armazenagem e Secagem dos Consumíveis/Eléctrodos

O Porquê da Secagem antes da soldadura:

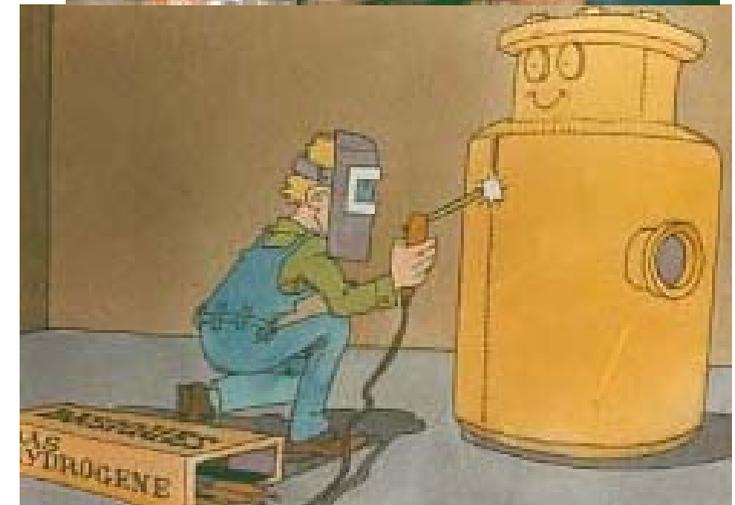
- Eliminação da Húmida que está no Revestimento
- Básicos – $250^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ /2-3 horas
- Rutílicos – $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ /1-2 horas



Armazenagem e Secagem dos Consumíveis/Eléctrodos

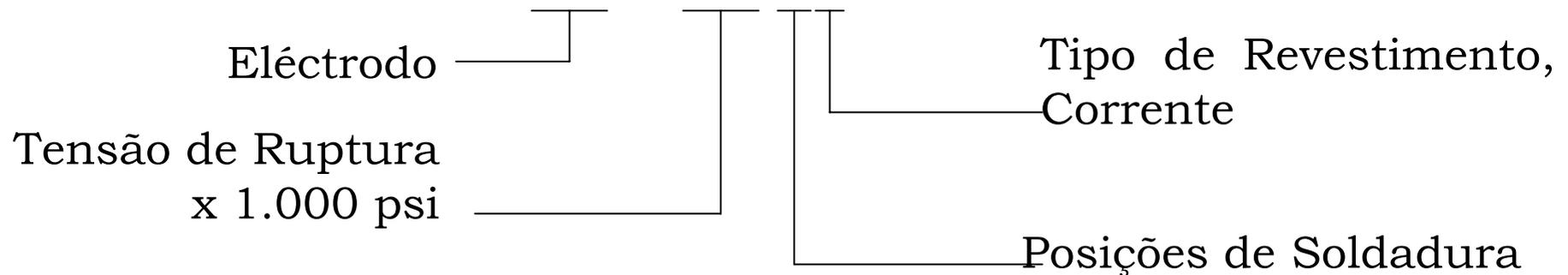
➤ O que nunca fazer:

- Eliminar a Húmida com curto circuitos eléctricos
- Aquecer com maçarico os eléctrodos
- Usar os Básicos sem terem sido secados (excepto se embalados a vácuo)



Classificação dos Consumíveis Norma AWS A5.1-91 - Aços não Ligados

E - 7010



Posições de Soldadura

1	Baixo; Horizontal; Vertical; Tecto
2	Baixo e Horizontal
4	Baixo; Horizontal; Vertical descendente; Tecto

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111

Classificação dos Consumíveis Norma AWS A5.1-91 - Aços não Ligados

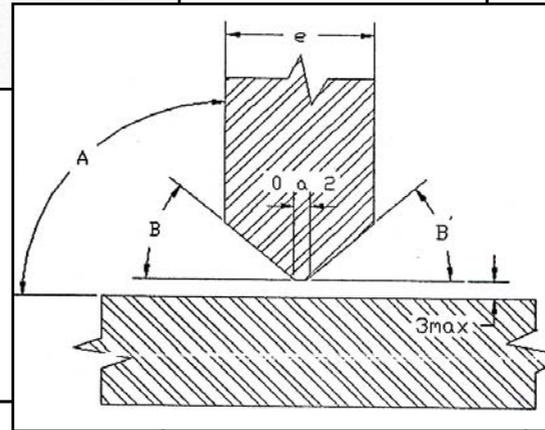
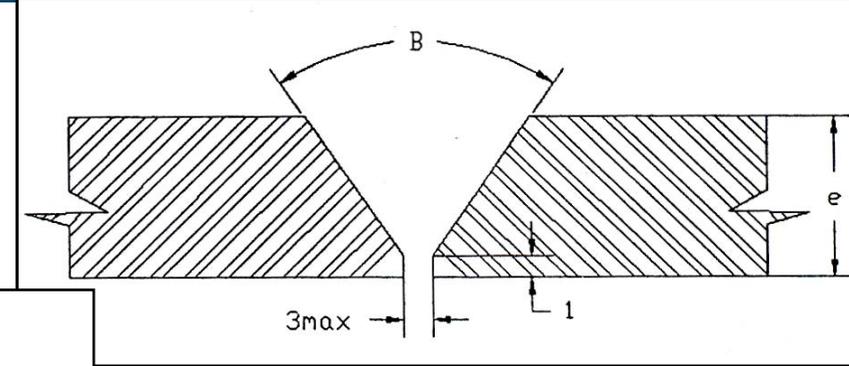
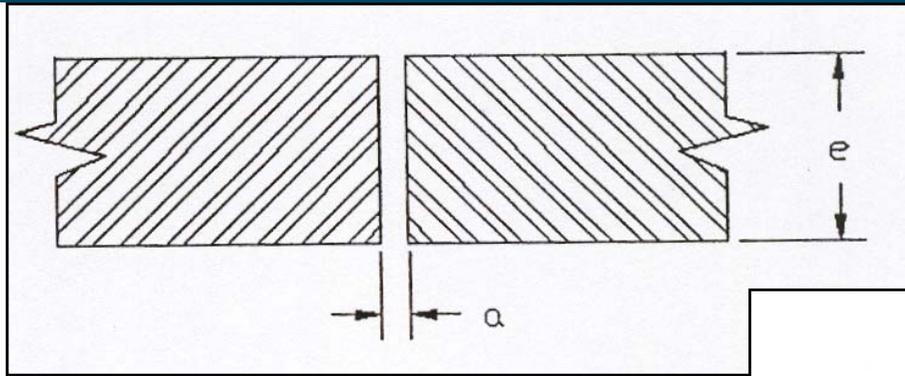
Tipos de Revestimento e Corrente de soldadura

Digito	Revestimento	Corrente de Soldadura
0	Celulósico de Sódio	DCEP
1	Celulósico de Potássio	AC; DCEP e DCEN
2	Titania de Sódio	AC e DCEN
3	Titania de Potássio	AC e DCEP
4	Titania com pó de ferro	AC; DCEP e DCEN
5	Básico de Sódio	DCEP
6	Básico de Potássio	AC e DCEP
7	Ácido com pó de ferro	AC; DCEP e DCEN
8	Básico com pó de ferro	AC e DCEP
E6020	Ácido de Sódio	AC e DCEP

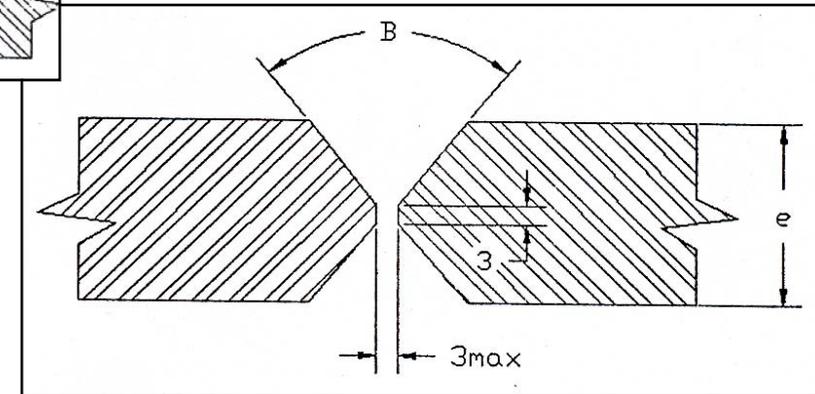
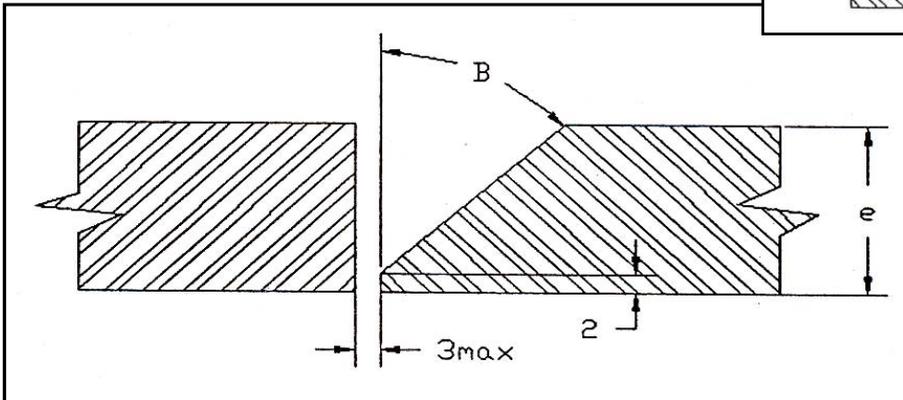
Técnicas Operatórias:

- Solda-se sempre a puxar pelo cordão (o arco-eléctrico aponta sempre ao banho em fusão)
- Cordões Corridos ou Balanceados (atenção às paragens nos bordos)
- Inclinação do eléctrodo no sentido da deslocação entre os 60 e os 80° (maior ângulo máxima penetração)
- Juntas de ângulo garantir inclinação a 45°, garantir a fusão da aresta
- Largura do cordão no máximo 4 x \varnothing Eléctrodo
- Com DC(-) Melhor Controlo da Penetração, DC(+) Máxima Penetração (atenção ao tipo de eléctrodo)

Soldadura por Eléctrodos Revestidos – SER – 111



Tipos de Chanfros:



Imperfeições Típicas:

- Faltas de Fusão/Penetração – Preparação, Parâmetros
- Porosidade – Gorduras, Falta de Protecção, Controlo de Altura de Arco
- Inclusões de Escória – Limpeza, Parâmetros
- Bordos Queimados – Parâmetros, Técnica Operatória
- Fissuração Frio/Quente – Problemas Metalurgicos