

7ª aula - ELETRODOS REVESTIDOS

- Bibliografia Recomendada

- 1) Soldagem – Processos e Metalurgia – Capítulo 2b
- 2) Normas da AWS – A5.1-81, A5.5-81 e demais normas
- 3) Catálogo de fabricantes de eletrodos revestidos e de fontes de soldagem
- 4) Inspetor de soldagem - FBTS

1 – CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO

- ◆ Processo de soldagem antigo, datado de 1905, de ampla aplicação devido ao baixo custo, simplicidade do equipamento, solda de boa qualidade em qualquer posição de soldagem e possibilidade de operar em locais remotos;
- ◆ **Desvantagens** : requer mão de obra habilidosa, é necessário a mudança frequente de eletrodos, automatização difícil e na soldagem de várias camadas é necessário retirar a escória;
- ◆ **Fonte de soldagem (energia)** :

Os eletrodos revestidos podem ser utilizados em fontes de soldagem do tipo transformadores, retificadores e geradores. O tipo de equipamento depende do tipo de eletrodo revestido utilizado. A maioria solda na polaridade **CC⁺ (corrente contínua polaridade inversa ou positiva)**, entretanto existem alguns eletrodos que soldam em **CA (corrente alternada)** e outros em **CC⁻ (corrente contínua polaridade direta ou negativa)**.

Qualquer que seja o tipo de fonte de soldagem, todas elas são do tipo corrente constante (ver figuras 2 e 4 da 4ª aula), onde a única variável a ser regulada é a corrente de soldagem, o que facilita seu manuseio.

2) REVESTIMENTOS

◆ Funções dos constituintes do revestimento

- formar gases que auxiliam na estabilização do arco e na proteção da poça de fusão
- formação de escória
- agente fluxante (desoxidante)
- adicionar elementos de liga ou mesmo ferro no cordão de solda
- permitir e melhorar a fabricação do eletrodo, aglomerando os constituintes e facilitando a extrudabilidade
- melhorar as propriedades do revestimento (aderência, ductilidade, etc)

◆ Constituintes do revestimento → ver tabela livro

Os constituintes do revestimento são bastante variados e alguns são até exóticos, entretanto todos têm funções específicas para que o eletrodo funcione adequadamente. Na tabela abaixo encontram-se os principais tipos de constituintes, com suas funções. Menciona-se que cada tipo de eletrodo tem apenas alguns destes constituintes.

◆ Tipos de Revestimentos

a) Celulósicos – exemplo da aula prática : E6010 (vermelho)

- possuem grande quantidade de material celulósico, que sob ação do arco gera grande quantidade de gases H_2 , CO e CO_2 , através de reações do tipo: $2 C_2H_{10}O_5 + 7 O_2 \rightarrow 12 CO_2 + 10 H_2$
- forte jato plasmático favorece cordões com elevada penetração, sendo bastante utilizado na soldagem de tubulações e no passe de raiz de juntas de grande espessura
- arco de difícil manutenção, o que requer habilidade do soldador

- escória fina e de rápida solidificação, facilitando a soldagem fora da posição
- cordão irregular (escamas) e respingos favorecem acabamento ruim, porém com boas propriedades mecânicas (resistência e alongamento)
- presença do hidrogênio favorece formação de trincas a frio, não sendo utilizado para soldagem de componentes estruturais
- baixa estabilidade do arco melhorada pela utilização de CC^+
- adição de estabilizadores como silicato de potássio melhoram a estabilidade do arco, permitindo soldar com CC^- e CA

b) Rútílicos – exemplo da aula prática : E6013 (cinza claro)

- recebem esta denominação devido a presença do rutilo (TiO_2), que favorece a estabilização do arco, facilitando a soldagem
- cordões de bom acabamento, com poucos respingos
- baixa penetração do cordão favorece a utilização em chapas mais finas
- proteção gasosa contem H_2 , CO e CO_2 e N_2
- pode-se adicionar pó de ferro ao revestimento para aumentar taxa de deposição
- cordões com boa resistência mecânica e utilidade
- permite utilizar CA, CC^+ ou CC^-

c) Básicos– exemplo da aula prática : E7018 (cinza escuro)

- revestimento contem carbonato de cálcio, que se decompõe no arco segundo a reação : $CaCO_3 + calor \rightarrow CaO + CO_2$
- ausência de H_2 favorece aplicações onde risco de trincas a frio deve ser reduzido – soldagem de componentes estruturais de responsabilidade tais como caldeiras, vasos de pressão, etc

- escória básica reduz risco de formação de trincas a quente e presença de inclusões no metal de solda (sulfetos, óxidos, etc), ocasionando cordões de solda de excelentes propriedades mecânicas (resistência e tenacidade)
- recomendado para soldagem de aços liga e ligas não-ferrosas
- cordões de bom aspecto superficial, porém requer habilidade do soldador para evitar defeitos como porosidade e inclusão de escória
- revestimento é muito higroscópico, o que requer armazenagem em estufa. Eletrodos úmidos devem ser secados em estufas próximo a 300°C → ver recomendação dos fabricantes
- permite utilizar CA, CC⁺ ou CC⁻

Resumo

	Rutílico	Celulósico	Básico
Acabamento	Bom	Ruim	Muito Bom
Estabilidade do arco / manuseio	Alta	Baixa	Baixa
Escória	Média	Fina	Grossa
Penetração	Baixa	Alta	Média
Presença de Hidrogênio	Média/Alta	Alta	Baixa
Tendência a reter umidade	Baixa	Baixa	Alta, exige armazenamento e secagem adequados
Aplicações principais	Uso geral	Para soldagens de alta penetração, envolvendo passes de raiz e tubulações	Soldagem de responsabilidade, aços de baixa, média e alta liga. Soldagem de chapas espessas.
Habilidade do soldador	Baixa	Alta	Alta
Tipo de máquina requerido	Transformador ou retificador	Retificador	

3. Classificação e nomenclatura dos eletrodos revestidos

A classificação e nomenclatura dos eletrodos revestidos mais difundidos no Brasil são os normalizados pela AWS – American Welding Society. Os eletrodos são classificados em oito grupos, havendo uma norma específica para cada grupo, que são :

- 1) aço comum ao carbono : norma AWS A5.1 – AA (sendo AA o ano da última revisão)
- 2) aço baixa liga : norma AWS A5.5-AA
- 3) aço inoxidável : norma AWS A5.4 – AA
- 4) Níquel e suas ligas : norma AWS A5.11 – AA
- 5) Revestimentos : norma AWS A5.13 – AA
- 6) Alumínio e suas ligas : norma AWS A5.3 – AA
- 7) Cobre e suas ligas : norma AWS 5.6 – AA
- 8) Ferro fundido : norma AWS 5.15 – AA

1) AÇO COMUM AO CARBONO

Segundo norma AWS 5.1-81, a nomenclatura é composta por :

EXXXYZ

Sendo :

E – indica que o eletrodo é do tipo revestido

XXX – resistência mínima à tração do metal de solda em 1000 psi (ksi) –
ver tabela FBTS

Y – indica a posição de soldagem : 1 – todas as posições

2 – posição plana e filetes horizontais

3 - plana

4 – vertical descendente e outras posições

Z – indica o tipo de corrente e o tipo de revestimento – ver tabela FBTS

Tabela : Características dos ER em função do 4º dígito da classificação da AWS.

4º dígito	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de corrente	CC+	CC+ CA	CC- CA	CC+ CC- CA	CC+ CC- CA	CC+	CC+ CA	CC- CA	CC+ CA
Caract. do arco	Intenso com salpico	Intenso	Médio com salpico	Leve	Leve	Médio	Médio	Leve	Leve
Penetração	Alta	Alta	Média	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Média
Teor de Hidrogênio	Alto 20ml/100g	Alto 20ml/100g	Moderado 15ml/100g	Moderado 15ml/100g	Moderado 15ml/100g	Baixo 2ml/100g	Baixo 2ml/100g	Moderado 15ml/100g	Baixo 2ml/100g
Revestimento e Escória	XX10 Celulósico com silicato de Na XX20 Óxido de ferro XX30 Óxido de ferro	Celulósico Com silicato de K	TiO ₂ e silicato de Na	TiO ₂ e silicato de K	TiO ₂ , silicatos, Pó de ferro (20%) Escória espessa	Calcáreo, Silicato de Na	TiO ₂ , calcáreo, silicato de K	Óxido de ferro, silicato de Na, Pó de ferro, escória de fácil remoção	Calcáreo, TiO ₂ , Silicatos, pó de ferro (25 a 40%)

2) AÇO BAIXA LIGA

Segundo a norma AWS 5.5-81, a classificação é composta por :

E₁X₂X₃YZ – N

X₁X₂X₃, Y e Z – idem anterior

N – indica o grupo de composição química – ver tabela FBTS

Propriedades mecânicas do metal de solda

- resistência a tração
- limite de escoamento
- alongamento

-
- dureza
 - ensaio Charpy
 - ver catálogo Eletrodo e norma AWS

Exemplos de recomendações de soldagem com Eletrodo Revestido

- Ver exemplos livro de soldagem