

Nº	DESCRIÇÃO	REVISOR(ES)	APROVAÇÃO	DATA

REVISÕES



EMIÇÃO INICIAL		ÁREA INDUSTRIAL ELÉTRICA - MECÂNICA Área Industrial DIRETRIZES BÁSICAS PARA SERVIÇOS DE SOLDAGEM NA ÁREA INDUSTRIAL			
ÁREA RESPONSÁVEL SOCM.DT DIVISÃO DE MONTAGEM ELETROMECAÂNICA					
DIRETORIA TÉCNICA					
AUTORIA DIEISONF					
VERIFICAÇÃO AGUERA					
APROVAÇÃO ALEXLE		ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			
DATA 17/12/2020	CONTROLE DO EMITENTE -				

SUMÁRIO		SUMÁRIO	
1.	OBJETO 4	1.	OBJETO 4
2.	ABRANGENCIA..... 4	2.	ALCANCE..... 4
3.	DEFINIÇÕES..... 4	3.	DEFINICIONES 4
4.	DISPOSIÇÕES GERAIS..... 5	4.	DISPOSICIONES GENERALES 5
4.1	DOCUMENTOS..... 6	4.1	DOCUMENTOS.....6
4.2	NORMAS TECNICAS 6	4.2	NORMAS TÉCNICAS6
4.3	DOCUMENTOS DE SOLDAGEM 6	4.3	DOCUMENTOS DE SOLDADURA.....6
4.4	MÃO DE OBRA..... 7	4.4	MANO DE TRABAJO.....7
4.5	PROCESSO DE SOLDAGEM, EQUIPAMENTOS E CONSUMÍVEIS..... 7	4.5	PROCESO DE SOLDADURA, EQUIPOS Y CONSUMIBLES.7
4.6	TÉCNICA DE SOLDAGEM 12	4.6	TÉCNICA DE SOLDADURA 12
4.7	CONDIÇÕES AMBIENTAIS..... 13	4.7	CONDICIONES AMBIENTALES 13
4.8	INSPEÇÕES NAS SOLDAS 13	4.8	INSPECCIONES DE SOLDADURA 13
4.9	SEGURANÇA NA SOLDAGEM 14	4.9	SEGURIDAD DE SOLDADURA..... 14
4.9.1	EQUIPAMENTOS DE SOLDA E CORTE A GÁS..... 15	4.9.1	EQUIPOS DE SOLDADURA Y CORTE DE GAS15
5.	MATERIAIS 16	5.	MATERIALES..... 16
5.1	AÇOS-CARBONO, AÇOS CARBONO- MANGANÊS E MICRO LIGADOS 16	5.1	ACEROS AL CARBONO, ACERO AL CARBONO-MANGANESO Y ALEACIONES DE ACERO CARBONO . 16
5.1.1	SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO 17	5.1.1	SMAW - PROCESO DE SOLDADURA DE ELECTRODO REVESTIDO..... 17
5.1.2	GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG 17	5.1.2	GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG 17
5.1.3	GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG 17	5.1.3	GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG 17
5.2	AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS . 17	5.2	ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS1
5.2.1	TÉCNICA GERAL DE SOLDAGEM . 18	5.2.1	TÉCNICA GENERAL DE SOLDADURA11
5.2.2	SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO 19	5.2.2	SMAW - PROCESO DE SOLDADURA DE ELECTRODO REVESTIDO..... 19
5.2.3	GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG 20	5.2.3	GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG 20
5.2.4	GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG 20	5.2.4	GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG 20
5.2.5	CONDIÇÕES GERAIS PARA CONSUMÍVEIS..... 21	5.2.5	CONDICIONES GENERALES PARA CONSUMIBLES 21
5.3	AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS..... 23	5.3	ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS . 23
5.3.1	TÉCNICA GERAL DE SOLDAGEM . 24	5.3.1	TÉCNICA GENERAL DE SOLDADURA2
5.3.2	SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO 24	5.3.2	SMAW - PROCESO DE SOLDADURA DE ELECTRODO REVESTIDO..... 24
5.3.3	GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG 24	5.3.3	GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG 24
5.3.4	GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG 25	5.3.4	GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG 25
5.3.5	CONDIÇÕES GERAIS PARA CONSUMÍVEIS..... 25	5.3.5	CONDICIONES GENERALES PARA

CONSUMIBLES.....25

1. OBJETO

O objetivo desta Especificação Técnica é a definição dos requisitos básicos para os **SERVIÇOS DE SOLDAGEM**, na Usina Hidrelétrica de Itaipu.

2. ABRANGENCIA

Esta especificação compreende:

- a) Definição dos requisitos mínimos para os serviços soldagem;
- b) Definição dos requisitos mínimos de qualidade de todos os materiais, equipamentos e insumos necessários à execução dos serviços.

3. DEFINIÇÕES

ESW ("Electroslag Welding"): Processo de soldagem por eletro-escória;

FCAW-G ("Gas-Shielded Flux Cored Arc Welding"): Processo de soldagem por arame tubular com proteção gasosa;

FCAW-S ("Self-Shielded Flux Cored Arc Welding"): Processo de soldagem por arame tubular auto protegido;

GMAW ("Gas Metal Arc Welding"): Processo de soldagem ao arco com gás de proteção, com alimentação automática do arame. Também conhecido como "MIG/MAG". O "Metal Cored" pode ser classificado como GMAW;

GMAW-P ("Pulsed Gas Metal Arc Welding"): Processo de soldagem GMAW em que a transferência metálica se faz com arco pulsado;

GMAW-S ("Short Circuit Gas Metal Arc Welding"): Processo de soldagem GMAW em que a transferência metálica se faz por curto-circuito;

GTAW ("Gas Tungsten Arc Welding"):

1. OBJETO

El propósito de esta Especificación Técnica es definir los requisitos básicos para los **SERVICIOS DE SOLDADURA**, en la Central Hidroeléctrica de Itaipú.

2. ALCANCE

Esta especificación comprende:

- a) Definición de los requisitos mínimos para los servicios de soldadura;
- b) Definición de los requisitos mínimos de calidad para todos los materiales, equipos y suministros necesarios para realizar los servicios.

3. DEFINICIONES

ESW ("Electroslag Welding"): Proceso de soldadura por electroescoria;

FCAW-G ("Gas-Shielded Flux Cored Arc Welding"): Proceso de soldadura por alambre tubular con protección de gas;

FCAW-S ("Self-Shielded Flux Cored Arc Welding"): Proceso de soldadura mediante alambre tubular autoprotegido;

GMAW ("Gas Metal Arc Welding"): Proceso de soldadura por arco con gas protector, con alimentación automática de alambre. También conocido como "MIG / MAG". Metal Cored puede clasificarse como GMAW;

GMAW-P ("Pulsed Gas Metal Arc Welding"): Proceso de soldadura GMAW en el que la transferencia metálica se realiza con un arco pulsado;

GMAW-S ("Short Circuit Gas Metal Arc Welding"): Proceso de soldadura GMAW en el que la transferencia de metal se realiza por cortocircuito;

GTAW ("Gas Tungsten Arc Welding"): Proceso de soldadura por arco con gas

Processo de soldagem ao arco com gás de proteção com eletrodo de tungstênio não consumível. Também conhecido como "TIG";

PAW - ("Plasma Arc Welding"): Processo de soldagem por plasma;

SAW ("Submerged Arc Welding"): Processo de soldagem por arco submerso;

SMAW ("Shielded Metal Arc Welding"): Processo de soldagem por eletrodo revestido.

protector con electrodo de tungsteno no consumible. También conocido como "TIG";

PAW - ("Plasma Arc Welding"): Proceso de soldadura por plasma;

SAW ("Submerged Arc Welding"): Proceso de soldadura por arco sumergido;

SMAW ("Shielded Metal Arc Welding"): Proceso de soldadura por electrodo revestido.

4. DISPOSIÇÕES GERAIS

Os serviços de soldagem serão realizados na Usina Hidrelétrica de ITAIPU e Área Industrial com peculiaridades próprias de acesso, dimensões, altura de equipamentos e condições de trabalho.

Os Serviços de soldagem devem ser executados com acabamento perfeito, isentas de quaisquer defeitos que possam impactar no funcionamento dos sistemas eletromecânicos.

Qualquer detalhe técnico eventualmente não previsto nessas Especificações Técnicas será solucionado sempre dentro das normas técnicas construtivas usuais.

Esta Especificação deve ser empregada em conjunto com projetos, procedimentos de fabricação e montagem, procedimentos de requisitos adicionais relativos às condições de serviço do equipamento ou da estrutura. Os requisitos conflitantes devem ser discutidos durante a fase de esclarecimento no período que antecede o início das atividades, prevalecendo à decisão da ITAIPU.

Não é permitida a soldagem sem a qualificação dos soldadores e dos procedimentos de soldagem requeridos e aprovados pela ITAIPU.

Todos os requisitos de soldagem que dependem das características dos equipamentos ou da estrutura como, por exemplo, o detalhamento de chanfros, a ajustagem de peças, as tolerâncias dimensionais, a necessidade de tratamentos

4. DISPOSICIONES GENERALES

Los servicios de soldadura se realizarán en la Central Hidroeléctrica ITAIPU y en el Área Industrial con particularidades de acceso, dimensiones, altura del equipo y condiciones de trabajo.

Los servicios de soldadura deben realizarse con un acabado perfecto, libre de defectos que puedan afectar el funcionamiento de los sistemas electromecánicos.

Cualquier detalle técnico que no esté previsto en estas Especificaciones técnicas siempre se resolverá dentro de las normas técnicas de construcción habituales.

Esta especificación debe usarse junto con proyectos, procedimientos de fabricación y montaje, a partir de requisitos adicionales con respecto a las condiciones de servicio del equipo o estructura. Los requisitos en conflicto deben discutirse durante la fase de aclaración en el período que precede al comienzo de las actividades, prevaleciendo la decisión de ITAIPU.

No está permitido realizar soldaduras sin la calificación de los soldadores y los procedimientos de soldadura requeridos y aprobados por ITAIPU.

Todos los requisitos de soldadura que dependen de las características del equipo o la estructura, por ejemplo, detalles de chaflán, ajuste de piezas, tolerancias dimensionales, la necesidad de tratamientos térmicos y la forma en que se

térmicos e o modo de sua aplicação, as exigências de inspeção e os critérios de avaliação de defeitos, não constam nesta especificação. Todas estas informações são definidas em projetos, normas de fabricação e montagem, normas pós-fabricação e requisitos adicionais relativos às condições de serviço do equipamento ou da estrutura.

4.1 DOCUMENTOS

Quaisquer desenhos, especificações ou outros documentos que forem fornecidos à CONTRATADA continuarão sendo propriedade da ITAIPU, não podendo a CONTRATADA usá-los para outros fins que não aqueles que motivaram o seu fornecimento.

4.2 NORMAS TECNICAS

- **PETROBRAS N-1438** - Terminologia soldagem;
- **PETROBRAS N-133** - Soldagem
- **PETROBRAS N-2301** - Elaboração da Documentação Técnica de Soldagem;
- **PETROBRAS N-2349** - Segurança nos Trabalhos de Soldagem e Corte;
- **AWS D1.1/D1.1M** - Structural Welding Code-Steel;

4.3 DOCUMENTOS DE SOLDAGEM

Os documentos de soldagem devem ser elaborados e qualificados de acordo as normas de projeto, fabricação, montagem e manutenção, bem como especificações técnicas e requisitos contratuais os quais podem indicar ensaios adicionais em função das condições de serviço ou material.

A CONTRATADA deverá apresentar à ITAIPU toda a documentação necessária para execução da soldagem.

Deverá ser elaborado um procedimento de soldagem e entregue para aprovação da ITAIPU, incluindo a especificação de procedimento de soldagem

aplican, los requisitos de inspección y los criterios de evaluación de defectos no están incluidos en esta especificación. Toda esta información se define en diseños, estándares de fabricación y montaje, estándares posteriores a la fabricación y requisitos adicionales con respecto a las condiciones de servicio del equipo o estructura.

4.1 DOCUMENTOS

Cualquier dibujo, especificaciones u otros documentos que fueran provistos al CONTRATISTA continuarán siendo propiedad de ITAIPU, y el CONTRATISTA no podrá utilizarlos para fines distintos de los que motivaron su provisión.

4.2 NORMAS TÉCNICAS

- **PETROBRAS N-1438** - Terminología de soldadura;
- **PETROBRAS N-133** - Soldadura
- **PETROBRAS N-2301** - Preparación de documentación técnica de soldadura;
- **PETROBRAS N-2349** - Seguridad en trabajos de soldadura y corte;
- **AWS D1.1 / D1.1M** - Código de soldadura estructural de acero;

4.3 DOCUMENTOS DE SOLDADURA

Los documentos de soldadura deben prepararse y calificarse de acuerdo con las normas de diseño, fabricación, montaje y mantenimiento, así como con las especificaciones técnicas y los requisitos contractuales que pueden indicar pruebas adicionales según el servicio o las condiciones del material.

El CONTRATISTA deberá presentar a ITAIPU toda la documentación necesaria para la ejecución de la soldadura.

Se debe preparar y entregar un procedimiento de soldadura a ITAIPU para su aprobación, incluyendo la especificación

(EPS), os registros de qualificação de procedimento de soldagem (RQPS), os certificados de qualificação dos soldadores (RQS), além dos certificados de qualidade dos insumos de solda, os certificados dos insumos utilizados na execução dos ensaios não destrutivos (END) e a qualificação do inspetor de END's.

Todos os documentos de soldagem utilizados durante a execução dos serviços deverão ser elaborados conforme código ASME SEC IX ou AWS D1.1. O procedimento de soldagem deve ser qualificado e aprovado por inspetor de soldagem nível II que seja certificado por algum órgão certificador. A contratada deverá apresentar uma cópia do certificado deste profissional.

4.4 MÃO DE OBRA

Os supervisores e encarregados de soldagem devem ter os seguintes conhecimentos mínimos:

- Saber interpretar as informações e os parâmetros de soldagem da IEIS;
- Conhecer a sistemática de controle de qualidade, armazenamento e secagem de consumíveis especificado no procedimento da empresa contratada;
- Conhecer os limites de qualificação dos soldadores;
- Conhecer e instruir aos soldadores os cuidados necessários para o preaquecimento (homogeneização e medição de temperatura), controle de temperatura interpasso e pós-aquecimento.

4.5 Processo de Soldagem, equipamentos e consumíveis

As soldagens deverão ser executadas pelo processo de eletrodo revestido - SMAW ou soldagem a arco elétrico com gás de proteção, MIG/MAG - GMAW ou TIG- GTAW. Outros processos de

del procedimiento de soldadura (EPS), los registros de calificación del procedimiento de soldadura (RQPS), los certificados de calificación de soldadura (RQS), además de los certificados de calidad de los insumos de soldadura, los certificados de los insumos utilizados en la ejecución de las pruebas no destructivas (END) y la calificación del inspector de END.

Todos los documentos de soldadura utilizados durante la ejecución de los servicios deben prepararse de acuerdo con el código ASME SEC IX o AWS D1.1. El procedimiento de soldadura debe ser calificado y aprobado por un inspector de soldadura de nivel II certificado por un organismo certificador. El contratista debe presentar una copia del certificado de este profesional.

4.4 MANO DE TRABAJO

Los supervisores de soldadura y los encargados de soldadura deben tener el siguiente conocimiento mínimo:

- Saber interpretar la información y los parámetros de soldadura de IEIS;
- Conocer el sistema de control de calidad, almacenamiento y secado de consumibles especificados en el procedimiento de la empresa contratista;
- Conocer los límites de calificación de los soldadores;
- Conocer e instruir a los soldadores sobre las precauciones necesarias para el precalentamiento (homogeneización y medición de temperatura), control de temperatura entre pasadas y poscalentamiento.

4.5 Proceso de soldadura, equipos y consumibles.

La soldadura se debe realizar utilizando el proceso de electrodo revestido: SMAW o soldadura por arco eléctrico con gas de protección, MIG / MAG - GMAW o TIG-GTAW. Otros procesos de

soldagem serão sujeitos a aprovação da ITAIPU.

Os instrumentos de medição presentes nas fontes de soldagem devem estar calibrados e dentro do prazo de validade.

Deverá ser evidenciado que a intensidade de corrente e a tensão prevista na EPS/IEIS permaneçam dentro dos limites qualificados durante toda a execução da soldagem. A tensão deve ser medida o mais próximo possível do porta-eletrodo sem influenciar na operacionalidade do serviço de soldagem em execução.

Eletrodos e arames de solda utilizados devem estar de acordo com as exigências das últimas edições da norma AWS ou conforme indicação dos desenhos especiais das peças de fabricação.

As embalagens do eletrodo revestido, vareta ou rolo de arame deve indicar, de modo legível e sem rasuras, a marca comercial, a sua especificação, a sua classificação, o seu diâmetro, o número de sua corrida e data da sua fabricação.

São inaceitáveis irregularidades ou descontinuidades no revestimento de eletrodo revestido, tais como redução localizada de espessura, trinca, dano na extremidade, falta de aderência, bem como deficiência dimensional de comprimento e excentricidade além dos limites da especificação e sinal de oxidação da alma do eletrodo revestido. Eletrodo nu ou vareta com sinal de oxidação são inaceitáveis.

Os eletrodos revestidos devem estar completamente secos para execução das soldas, devendo, portanto ser mantidos em lugares secos. Os eletrodos revestidos, eletrodos nus, eletrodos tubulares, varetas e fluxos em sua embalagem original devem ser armazenados sobre estrados ou prateleiras, em estufas de armazenamento. As seguintes condições, no interior da estufa, devem ser observadas:

- a) A temperatura deve ser sempre igual ou superior a 20°C;
- b) A temperatura deve ser no mínimo 10°C acima da temperatura ambiente, não sendo necessário ultrapassar 40°C;
- c) A umidade relativa do ar deve

soldadura estarán sujetos a la aprobación de ITAIPU.

Los instrumentos de medición presentes en las fuentes de soldadura deben estar calibrados y dentro del período de validez.

Debe evidenciarse que la intensidad de corriente y la tensión previstas en EPS / IEIS permanecen dentro de los límites calificados durante toda la ejecución de la soldadura. El voltaje debe medirse lo más cerca posible del portaelectrodos sin influir en la operatividad del servicio de soldadura en ejecución.

Los electrodos y alambres de soldadura utilizados deben cumplir con los requisitos de las últimas ediciones del estándar AWS o como se indica en los dibujos especiales de las piezas de fabricación.

El embalaje del electrodo revestido, el alambón o el rollo de alambre debe indicar, de forma legible y sin borrados, la marca registrada, su especificación, su clasificación, su diámetro, el número de su corrida y la fecha de su fabricación.

Las irregularidades o discontinuidades en el recubrimiento del electrodo revestido son inaceptables, como la reducción localizada del grosor, grietas, daños en las extremidades, falta de adhesión, así como deficiencia dimensional en longitud y excentricidad más allá de los límites de la especificación y la señal de oxidación del núcleo del electrodo revestido. . El electrodo desnudo o varilla con señal de oxidación es inaceptable.

Los electrodos revestidos deben estar completamente secos para realizar las soldaduras y, por lo tanto, deben mantenerse en lugares secos. Los electrodos revestidos, electrodos desnudos, electrodos tubulares, varillas y fundentes en su embalaje original deben almacenarse en bandejas o estantes, en estufas de almacenamiento. Se deben observar las siguientes condiciones, dentro de la estufa:

- a) la temperatura siempre debe ser igual o superior a 20°C;
- b) la temperatura debe estar al menos 10°C por encima de la temperatura ambiente, sin

ser no máximo 50%;

- d) Se o fabricante do consumível requerer condições de temperatura e umidade relativa mais restritivas que as exigidas em a), b) e c), as condições do fabricante devem ser atendidas.

A estufa para armazenagem ou recebimento de eletrodos revestidos, eletrodos nus, eletrodos tubulares, vareta e fluxos deve dispor de meio de aquecimento, termômetro e higrômetro. A figura 1 apresenta um exemplo de estufa de armazenamento para esta aplicação.

necesidad de superar los 40°C;

- c) la humedad relativa del aire debe ser como máximo del 50%;

- d) si el fabricante de consumibles requiere condiciones de temperatura y humedad relativa más estrictas que las requeridas en a), b) y c), se deben cumplir las condiciones del fabricante.

La estufa para almacenar o recibir electrodos revestidos, electrodos desnudos, electrodos tubulares, varillas y fundentes debe tener un medio de calentamiento, termómetro e higrómetro. La Figura 1 muestra un ejemplo de un estufa de almacenamiento para esta aplicación.

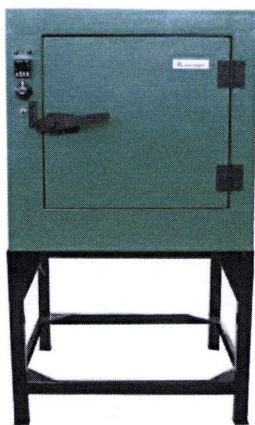


Figura 1 - Estufa de Armazenamento
Figura 1 - Estufa de Almacenamiento

Quando armazenadas na posição vertical, as embalagens de eletrodos revestidos devem ser posicionadas com as pontas de abertura de arco voltadas para cima.

A ordem de retirada de embalagens do estoque deve evitar a utilização preferencial dos materiais recém-chegados e consequente armazenagem prolongada de alguns lotes.

O tempo máximo que pode transcorrer entre o tempo de retirada dos eletrodos de revestimentos básicos e os fluxos de baixo hidrogênio da estufa de armazenamento e o momento de utilização é de 4 horas, após o qual os eletrodos não utilizados devem ser secados em estufa de secagem.

Para efeito de aplicação dos requisitos de secagem, de modo geral, as

Cuando se almacenan en posición vertical, los paquetes de electrodos revestidos deben colocarse con las puntas de abertura del arco hacia arriba.

La orden de retirar el embalaje del stock debe evitar el uso preferencial de materiales recién llegados y el consiguiente almacenamiento prolongado de algunos lotes.

El tiempo máximo que puede transcurrir entre el tiempo de extracción de los electrodos de recubrimiento básicos y los fundentes de bajo hidrógeno de la estufa de almacenamiento y el tiempo de uso es de 4 horas, después de lo cual los electrodos no utilizados deben secarse en una estufa de secado.

Con el fin de aplicar los requisitos de secado, en general, los paquetes de electrodos revestidos deben considerarse no

embalagens de eletrodos revestidos devem ser consideradas como não estanques. A secagem pode ser dispensada nos casos de embalagens projetadas visando a estanqueidade (embalagem a vácuo).

As estufas para secagem de eletrodos revestidos e fluxos devem dispor de resistências elétricas e termostato, para controlar e manter a temperatura de até 400°C, de termômetro, e respiro com diâmetro superior a 10mm. A estufa de secagem apresentada na figura 2 é um exemplo para esta aplicação.

estancos. Se puede prescindir del secado en casos de envases diseñados para la estanqueidad (envasado al vacío).

Las estufas para el secado de electrodos y fundentes revestidos deben tener resistencias eléctricas y un termostato para controlar y mantener una temperatura de hasta 400°C, con un termómetro y un respiradero con un diámetro superior a 10mm. La estufa de secado que se muestra en la figura 2 es un ejemplo para esta aplicación.



Figura 2 - Estufa de secagem
Figura 2 - Estufa de secado

Na estufa de secagem, os eletrodos revestidos devem ser dispostos em prateleiras, em camada não superior a 50mm e na estufa de manutenção da secagem em camada igual ou inferior a 150mm.

Nas estufas com bandejas para secagem ou manutenção da secagem, a camada de fluxo deve ser igual ou inferior a 50mm.

A secagem e a manutenção da secagem de eletrodos revestidos e fluxos devem obedecer aos parâmetros especificados pelo fabricante. Caso não haja uma recomendação específica do fabricante, devem ser utilizados os seguintes parâmetros:

- a) Eletrodos revestidos de baixo hidrogênio devem ser submetidos às seguintes condições:

En la estufa de secado, los electrodos revestidos deben colocarse en estantes, en una capa que no supere los 50mm y en la estufa de mantenimiento de secado en una capa igual o inferior a 150mm.

En estufas con bandejas para secado o mantener el secado, la capa de fundente debe ser de 50mm o menos.

El secado y el mantenimiento del secado de electrodos y fundentes revestidos deben cumplir con los parámetros especificados por el fabricante. Si no hay una recomendación específica del fabricante, se deben usar los siguientes parámetros:

- a) Los electrodos revestidos con bajo contenido de hidrógeno deben estar sujetos a las siguientes condiciones:

- Estufa de secado:

- Estufa de secagem: temperatura de $350^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora;
 - Estufa de manutenção da secagem: temperatura de 150°C a 180°C ;
- b) Fluxos de baixo hidrogênio devem ser submetidos às seguintes condições:
- Estufa de secagem com bandejas: temperatura de $250^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas;
 - Estufa de secagem com agitador: temperatura de $250^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora;
 - Estufa para manutenção da secagem: temperatura de $150^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$.

As estufas para manutenção da secagem de eletrodos revestidos e fluxos devem dispor de termômetro, termostato e de resistências elétricas, para controlar e manter a temperatura de até 200°C . As estufas para manutenção da secagem de eletrodos revestidos devem ter prateleiras furadas ou em forma de grade, conforme figura 3.

temperatura de $350^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora;

- Estufa de mantenimiento de secado: temperatura de 150°C a 180°C ;

b) los fundentes de bajo hidrógeno deben someterse a las siguientes condiciones:

- Estufa de secado con bandejas: temperatura de $250^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas;
- Estufa de secado con agitador: temperatura de $250^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora;
- Estufa para mantenimiento de secado: temperatura de $150^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$.

Las estufas para el mantenimiento del secado de electrodos y fundentes revestidos deben tener un termómetro, termostato y resistencias eléctricas, para controlar y mantener la temperatura hasta 200°C . Las estufas para el mantenimiento del secado de electrodos revestidos deben tener estantes perforados o en forma de rejilla, como se muestra en la figura 3.

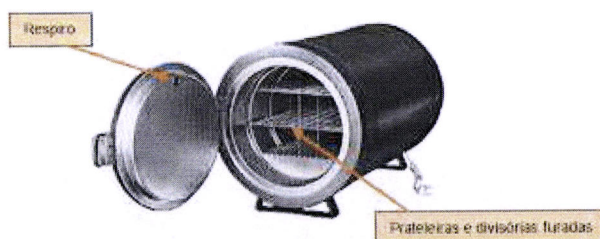


Figura 3 - Estufas de manutenção de secagem
Figura 3 - Estufas de mantenimiento de secado

Os eletrodos de revestimento básico, quando de sua utilização no campo, devem ser mantidos entre 80°C e 150°C , em estufas portáteis (cochicho).

A estufa portátil para manutenção da secagem (cochicho) de eletrodos de revestimento básico deve dispor de resistências elétricas, para garantir a temperatura entre 80°C e 150°C , e ser de uso individual de cada soldador. As estufas devem estar calibradas.

Os eletrodos de revestimento

Los electrodos de recubrimiento básicos, cuando se usan en el campo, deben mantenerse entre 80°C y 150°C , en estufas portátiles.

La estufa portátil para mantener el secado de los electrodos de recubrimiento básicos debe tener resistencias eléctricas, para garantizar la temperatura entre 80°C y 150°C , y ser para el uso individual de cada soldador. Las estufas deben estar calibradas.

básico que, fora da estufa de manutenção de secagem ou da embalagem a vácuo, não forem utilizados devem ser identificados (com tinta vermelha na ponta de pega) e separados, retornando à estufa de armazenagem para posterior ressecagem. Permite-se apenas uma ressecagem.

4.6 TÉCNICA DE SOLDAGEM

Não é permitida a utilização de garras de aterramento fabricadas de ligas de cobre. Também, não deve haver contato de qualquer tipo entre peças de cobre (ou suas ligas) e as áreas aquecidas ou fundidas pela soldagem e tratamento térmico, excetuando-se as barras de cobre para proteção lateral da soldagem eletrogás ou eletroescória e cobre-juntas de cobre não consumíveis em qualquer processo.

O arco elétrico de soldagem deve ser aberto no chanfro ou em uma chapa-apêndice utilizada para esse fim.

As juntas a serem soldadas devem estar isentas de óleo, graxa, óxido, carepas, tinta, resíduos do ensaio por líquido penetrante, areia e fuligem do preaquecimento a gás, numa faixa de no mínimo 25 mm de cada lado das bordas, interna e externamente.

Para soldagem nos processos GMAW, GTAW e PAW a limpeza do chanfro e das bordas deve ser ao metal brilhante, numa faixa mínima de 10mm, nos lados interno e externo.

Na preparação do chanfro as irregularidades e a escória do corte, térmico ou mecânico, devem ser removidas. Entende-se como irregularidades sulcos, ranhuras e amassamentos.

Depósitos de carbono, escória e cobre resultantes do corte com eletrodos de grafite devem ser removidos mecanicamente para garantir a remoção total da ZTA e dos contaminantes.

Os materiais de aço inoxidável, níquel e suas ligas devem ser armazenados, manuseados e processados totalmente segregados dos demais materiais, de forma a evitar o risco de contaminação.

As ferramentas de remoção de escória e de limpeza devem ser de materiais

Los electrodos de recubrimiento básicos que, fuera del la estufa de mantenimiento de secado o del empaque al vacío, no se deben usar (deben identificarse con pintura roja en la punta del mango) y separarse, regresando a la estufa de almacenamiento para su posterior secado. Solo se permite un ressecado.

4.6 TÉCNICA DE SOLDADURA

Las garras de conexión a tierra hechas de aleaciones de cobre no están permitidas. Además, no debe haber ningún tipo de contacto entre las partes de cobre (o sus aleaciones) y las áreas calentadas o fusionadas mediante soldadura y tratamiento térmico, con la excepción de las barras de cobre para la protección lateral de la soldadura de electrogenos o electroescoria y las juntas de cobre juntas de cobre no consumibles en cualquier proceso.

El arco de soldadura eléctrica debe abrirse en el chaflán o en una placa de apéndice utilizada para este fin.

Las juntas a soldar deben estar libres de aceite, grasa, óxido, incrustaciones, pintura, residuos de ensayo por líquido penetrante, arena y hollín del precalentamiento de gas, en un rango de al menos 25 mm a cada lado de los bordes, interna y externamente. .

Para soldar en los procesos GMAW, GTAW y PAW, el chaflán y los bordes deben limpiarse al metal brillante, en un rango mínimo de 10mm, en los lados interno y externo.

Al preparar el chaflán, se deben eliminar las irregularidades y la escoria, térmica o mecánica. Entiendase como irregularidades surcos, ranuras y abolladuras.

Los depósitos de carbón, escoria y cobre resultantes del corte con electrodos de grafito deben eliminarse mecánicamente para garantizar la eliminación total de la ZAC y los contaminantes.

Los materiales de acero inoxidable, níquel y sus aleaciones deben almacenarse, manipularse y procesarse totalmente segregados de los otros materiales, para evitar el riesgo de contaminación.

adequados para cada MB (metal de base).

O gás de proteção deve ser conforme requisitos da AWS A5.32M/A5.32.

Durante a execução da soldagem, poro, escória e descontinuidades identificados por ensaio visual devem ser removidos.

4.7 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A soldagem não deve ser executada sob chuva, vento forte ou poeiras em geral, como por exemplo, as provenientes de jato abrasivo, aplicação ou remoção de isolamento térmico e refratário, a menos que a junta esteja protegida.

Para todos os processos de soldagem, meios de proteção devem ser empregados para evitar a ação de correntes de ar que possam alterar as condições de soldagem.

4.8 INSPEÇÕES NAS SOLDAS

Todas as peças, componentes montados e cordões de solda, de verão ser inspecionados visualmente para verificação da ausência de imperfeições de fabricação e irregularidades das superfícies.

Todos os cordões de solda executados na Obra deverão ser inspecionados visualmente por um inspetor de END nível II com qualificação e certificada de acordo com a norma SNT-TC-1A ou SNQC/Abendi.

Na inspeção visual das soldas os seguintes tipos de defeitos são inaceitáveis:

- Trincas na superfície externa;
- Mordeduras na superfície com profundidade superior a 1,0mm.
- Reforço nas soldas de topo, maiores que o especificado na seguinte tabela 1.

Las herramientas de eliminación y limpieza de escoria deben ser de materiales adecuados para cada MB (metal base).

El gas de protección debe cumplir con los requisitos de AWS A5.32M / A5.32.

Durante la ejecución de la soldadura, se deben eliminar los poros, las escorias y las discontinuidades identificadas por la prueba visual.

4.7 CONDICIONES AMBIENTALES

La soldadura no debe realizarse bajo lluvia, viento fuerte o polvo en general, como por ejemplo, el proveniente del granallado, abrasivo, aplicación o eliminación de aislamiento térmico y refractario, a menos que la junta esté protegida.

Para todos los procesos de soldadura, se deben emplear medios de protección para evitar la acción de corrientes de aire que puedan alterar las condiciones de soldadura.

4.8 INSPECCIONES DE SOLDADURA

Todas las partes, componentes ensamblados y cordones de soldadura serán inspeccionados visualmente para verificar la ausencia de imperfecciones de fabricación e irregularidades en la superficie.

Todos los cordones de soldadura realizados en Obra deben ser inspeccionados visualmente por un inspector calificado de END de nivel II y certificados de acuerdo con SNT-TC-1A o SNQC / Abendi.

En la inspección visual de soldaduras, los siguientes tipos de defectos son inaceptables:

- Grietas en la superficie externa;
- Mordeduras (socavado) en la superficie con una profundidad mayor de 1.0mm.
- Refuerzo en soldaduras a tope, mayor que el especificado en la siguiente tabla 1.

Tabela 1 - Espessuras de reforço

Tabla 1 - Espesuras de refuerzo

ESPESSURA DO METAL DE BASE (mm)	ESPESSURA MÁXIMA DO REFORÇO (mm)
≤ 3	5
> 3 e ≤ 5	5
> 5 e ≤ 13	5
>13 e ≤ 25	5
> 25 ≤ 50	5
> 50	O maior entre 6mm ou 1/8 da largura da solda

- Fusão incompleta
- Penetração incompleta (no caso da superfície interna for acessível).

Deverá ser realizada a inspeção por líquido penetrante (LP) em 20% dos cordões de solda por um inspetor de END nível II com qualificação e certificada de acordo com a norma SNT-TC-1ª ou SNQC/Abendi.

A aceitação das soldas deve ser seguido conforme critérios da norma AWS D1.1.

- Fusión incompleta
- Penetración incompleta (em el caso que la superficie interna fuera accesible).

La inspección por líquido penetrante (LP) en el 20% de los cordones de soldadura debe ser realizada por un inspector END de nivel II calificado y certificado de acuerdo con el estándar SNT-TC-1ª o SNQC / Abendi.

La aceptación de la soldadura debe seguirse de acuerdo con los criterios AWS D1.1.

4.9 SEGURANÇA NA SOLDAGEM

A alimentação elétrica das máquinas de solda deve ser feita através de chave blindada e aterrada ou disjuntor eletromagnético, protegidos contra intempéries e dimensionados e revisados para atender à demanda dos trabalhos.

Os cabos elétricos que alimentam as chaves blindadas e as máquinas de solda devem ser mantidos aéreos, em área de passagem de pessoas, a uma altura mínima de 2,5m do piso e, em áreas de passagem de veículos, a uma altura mínima de 4,5m do piso.

A máquina de solda deve ser posicionada em local seco e protegida contra intempéries. Preferencialmente a máquina de solda deve ser instalada em área não classificada. Quando instalada em área classificada a mesma deve ser considerada como fonte de ignição prevista na análise de risco do trabalho.

Quando várias máquinas de solda elétrica forem utilizadas em um mesmo local, deve ser prevista uma identificação

4.9 SEGURIDAD DE SOLDADURA

El suministro eléctrico de las máquinas de soldar debe realizarse a través de un interruptor blindado y conectado a tierra o un disyuntor electromagnético, protegido contra la intemperie y dimensionado y revisado para satisfacer la demanda de las obras.

Los cables eléctricos que suministran las llaves blindadas y las máquinas de soldar deben mantenerse por encima, en un área de paso para personas, a una altura mínima de 2.5m del piso y, en áreas donde pasan los vehículos, a una altura mínima de 4.5m del piso.

La máquina de soldar debe colocarse en un lugar seco y protegida de la intemperie. Preferiblemente, la máquina de soldar debe instalarse en un área no clasificada. Cuando se instala en un área clasificada, debe considerarse como una fuente de ignición prevista en el análisis de riesgo de trabajo.

Quando se usan varias máquinas de soldadura eléctrica en el mismo lugar, se

do ponto de tensão de alimentação da máquina e uma identificação entre a máquina e o soldador que a utiliza.

Os cabos elétricos não devem ser mantidos em locais encharcados tais como poças, valas e canaletas.

O cabo de aterramento da máquina de solda deve ser isolado, ter garras apropriadas e estar conectado à peça a ser soldada, de forma a evitar aberturas indesejadas de arcos elétricos.

Deve ser verificado o travamento das partes, antes da execução do corte ou da solda, para evitar movimentos indesejáveis das mesmas.

As pinças e o porta eletrodo não devem ser deixados no piso e sim apoiados em superfícies isolantes ou pendurados em cabides para este fim, devendo ser mantidos afastados de locais ou recipientes que contenham ou que tenham contido substâncias inflamáveis ou combustíveis.

Ao finalizar ou interromper o trabalho de soldagem, deve-se desligar a chave de alimentação da máquina de solda.

Durante a atividade soldagem a arco elétrico o soldador não deve enrolar cabo elétrico, em partes do corpo.

Os cabos elétricos das máquinas de solda não devem ser apoiados sobre válvulas, eletrocalhas, tubulações que apresentem condições adversas (como temperaturas extremas), linhas ou equipamentos que contenham produtos tóxicos, corrosivos, combustíveis, inflamáveis.

4.9.1 EQUIPAMENTOS DE SOLDA E CORTE A GÁS

Os cilindros cheios e vazios, quando não estiverem acoplados ao manômetro, devem ter as respectivas tampas ou capacetes instalados. Os cilindros vazios devem ser identificados de forma indelével e mantidos separados dos cheios.

Para a movimentação dos cilindros deve ser utilizado um carrinho adequado ou outro equipamento possuindo dispositivos para fixá-los e movimentá-los com segurança. O capacete de segurança do cilindro nunca deve ser utilizado como

debe proporcionar una identificación del punto de voltaje de suministro de la máquina y una identificación entre la máquina y el soldador que la utiliza.

Los cables eléctricos no deben mantenerse en lugares empapados como charcos, zanjas y canales.

El cable de puesta a tierra de la máquina de soldar debe estar aislado, tener garras apropiadas y estar conectado a la parte a soldar, para evitar aberturas no deseadas de arcos eléctricos.

Se debe verificar el bloqueo de las piezas, antes de cortar o soldar, para evitar movimientos indeseables.

Las abrazaderas y el portaelectrodos no deben dejarse en el piso, sino apoyarse en superficies aislantes o colgarse de perchas para este propósito, y deben mantenerse alejados de lugares o recipientes que contengan sustancias inflamables o combustibles.

Al terminar o interrumpir el trabajo de soldadura, el interruptor de encendido de la máquina de soldar debe estar apagado.

Durante la actividad de soldadura por arco eléctrico, el soldador no debe enrollar el cable eléctrico en partes del cuerpo.

Los cables eléctricos de las máquinas de soldar no deben apoyarse en válvulas, bandejas de cables, tuberías que presenten condiciones adversas (como temperaturas extremas), líneas o equipos que contengan productos tóxicos, corrosivos, combustibles e inflamables.

4.9.1 EQUIPOS DE SOLDADURA Y CORTE DE GAS

Los cilindros llenos y vacíos, cuando no están unidos al manómetro, deben tener las respectivas tapas o cascos instalados. Los cilindros vacíos deben identificarse indeleblemente y mantenerse separados de los llenos.

Para el movimiento de los cilindros, se debe utilizar un carro u otro equipo adecuado, con dispositivos para asegurarlos y moverlos de manera segura. El casco de seguridad del cilindro nunca debe usarse como sustentación del mismo.

sustentação do mesmo.

Os cilindros de gases devem ser armazenados em áreas permanentemente limpas, ventiladas, secas e sinalizadas, respeitando-se a compatibilidade entre os gases.

Os cilindros devem ser mantidos na posição vertical, fixados e com seus capacetes de proteção. Nunca devem ser expostos a calor excessivo nem instalados em locais confinados ou com ventilação deficiente.

Os cilindros devem passar por inspeção para verificar a presença de possíveis danos, tais como: mochas, amassamentos, oxidação, corrosão, indícios de incêndio, devem ser removidos para local seguro e isolado. Deve ser providenciada a identificação no corpo do cilindro do tipo de acidente ocorrido e a imediata remoção para o fabricante.

Ao finalizar ou interromper os trabalhos as mangueiras devem ser despressurizadas e enroladas, devendo-se assegurar que:

- a) as válvulas dos cilindros estejam fechadas;
- b) as válvulas dos maçaricos estejam abertas;
- c) os manômetros estejam zerados.

5. MATERIAIS

5.1 AÇOS-CARBONO, AÇOS CARBONO-MANGANÊS E MICRO LIGADOS

São permitidos os processos SMAW, GTAW, GMAW. Outros processos podem ser aplicados mediante aprovação prévia por meio de consulta técnica à ITAIPU.

A preparação da junta soldada pode ser feita por usinagem, corte a frio, esmerilamento, oxi-corte, plasma, laser ou hidrocorte. Para os aços de alta resistência a ZTA formada pelos processos de corte deve ser removida por usinagem ou esmerilhamento.

Quando exigido requisito de impacto, a soldagem multipasse deve ser realizada com passes retilíneos e de

Los cilindros de gas deben almacenarse en áreas permanentemente limpias, ventiladas, secas y señalizadas, respetando la compatibilidad entre los gases.

Los cilindros deben mantenerse en posición vertical, fijos y con sus cascos protectores. Nunca deben exponerse al calor excesivo o instalarse en espacios reducidos o con poca ventilación.

Los cilindros deben pasar la inspección para verificar la presencia de posibles daños, tales como: golpes, abolladuras, oxidación, corrosión, signos de fuego, deben retirarse a un lugar seguro y aislado. Debe identificarse en el cuerpo del cilindro el tipo de accidente ocurrido y se debe encaminar el cilindro para el fabricante.

Al terminar o interrumpir el trabajo, las mangueras deben ser despresurizadas y enrolladas, asegurando que:

- a) las válvulas del cilindro se encuentren cerradas;
- b) las válvulas de la antorcha se encuentren abiertas;
- c) los manómetros se encuentren cerados.

5. MATERIALES

5.1 ACEROS AL CARBONO, ACERO AL CARBONO-MANGANESO Y ALEACIONES DE ACERO CARBONO

Se permiten procesos SMAW, GTAW, GMAW. Se pueden aplicar otros procesos previa aprobación previa mediante consulta técnica con ITAIPU.

La preparación de la unión soldada se puede realizar mediante mecanizado, corte en frío, rectificado, corte con oxígeno, plasma, láser o hidrocorte. Para aceros de alta resistencia, la ZAC formada por procesos de corte debe eliminarse mediante mecanizado o rectificado.

Cuando se exigiera el requisito de impacto, la soldadura multipaso debe realizarse con pasadas rectas y delgadas,

pequena espessura, não devendo exceder a três vezes ao diâmetro da alma do eletrodo revestido no processo SMAW.

que no excedan tres veces el diámetro del núcleo del electrodo revestido en el proceso SMAW.

5.1.1 SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO

a) os consumíveis devem ser especificados de acordo com as AWS A5.1/A5.1M ou AWS A5.5/A5.5M;

b) os eletrodos de classificação AWS EXX12, EXX13, EXX14, EXX24 e EXX27 não devem ser empregados na soldagem de estruturas metálicas marítimas e de componentes sujeitos a pressão;

c) os eletrodos de classificação AWS EXX10 e EXX11 não devem ser empregados na soldagem de estruturas metálicas, componentes sujeitos a pressão e fundidos de qualquer espessura, exceto para oleodutos e gasodutos;

5.1.1 SMAW - PROCESO DE SOLDADURA DE ELECTRODO REVESTIDO

a) los consumibles deben especificarse de acuerdo con AWS A5.1 / A5.1M o AWS A5.5 / A5.5M;

b) Los electrodos de clasificación AWS EXX12, EXX13, EXX14, EXX24 y EXX27 no deben usarse en la soldadura de estructuras y componentes metálicos marinos sujetos a presión;

c) Los electrodos de clasificación AWS EXX10 y EXX11 no deben usarse en la soldadura de estructuras metálicas, componentes sujetos a presión y piezas fundidas de cualquier espesor, excepto para tuberías de petróleo y gas;

5.1.2 GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG

a) os consumíveis devem seguir a especificação AWS A5.18/A5.18M;

b) não é obrigatório o uso de gás de purga para proteção da raiz de solda pelo lado interno da peça.

5.1.2 GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG

a) los consumibles deben seguir la especificación AWS A5.18 / A5.18M;

b) no es obligatorio el uso de gas de purga para proteger la raíz de la soldadura desde el interior de la pieza.

5.1.3 GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG

a) os consumíveis devem seguir a especificação AWS A5.18/A5.18M;

b) não é obrigatório o uso de gás de purga para proteção da raiz de solda pelo lado interno da peça;

c) o modo de transferência por curto circuito convencional não pode ser usado em espessura maior do que 10mm ou para o passe de raiz;

d) é permitido o uso do GMAW com curto-circuito controlado para realização de passe de raiz em dutos ou tubulações, exceto em derivações, ramais abaixo de 6" e soldas de encaixe.

5.1.3 GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG

a) los consumibles deben seguir la especificación AWS A5.18 / A5.18M;

b) no es obligatorio el uso de gas de purga para proteger la raíz de la soldadura desde el interior de la pieza;

c) el modo de transferencia de cortocircuito convencional no se puede utilizar en un grosor mayor de 10mm o para el pase de raíz;

d) se permite el uso de GMAW con cortocircuito controlado para llevar a cabo un paso de raíz en ductos o tuberías, excepto en derivaciones, ramificaciones por debajo de 6" y soldaduras de encastre.

5.2 AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS

5.2 ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Esta família apresenta boa resistência à corrosão e à fluência, além de apresentar boa tenacidade em baixas temperaturas. O cromo é mantido acima de 16% e o níquel adicionado em percentual suficiente para manter a austenita estável à temperatura ambiente, sendo a composição básica 18Cr-8Ni.

Nesta Seção estão incluídos os aços inoxidáveis austeníticos de microestrutura integralmente austenítica ou austeno - ferrítica, como:

- Aços da série AISI 3XX (304, 316, 317, 321, 347, 310) "standard" ou convencionais;
- Aços de baixo carbono da série AISI 3XXL empregados em serviços corrosivos com teor de carbono inferior a 0,04%;
- Aços de carbono controlado da série AISI 3XXH empregados em serviços em alta temperatura, com teores de carbono compreendidos entre 0,04% a 0,1%;
- Aços inoxidáveis austeníticos da série 2XX não são considerados nesta especificação.

5.2.1 TÉCNICA GERAL DE SOLDAGEM

A fabricação de tubulações e equipamentos em aços inoxidáveis deve ser feita em área segregada e protegida, de preferência em galpão separado de outros materiais.

Não é permitido corte a quente com eletrodo de grafite ou oxicorte. O corte a quente deve ser realizado preferencialmente por plasma ou laser, sendo a superfície esmerilhada para remover quaisquer vestígios de oxidação e irregularidades.

A abertura da raiz deve ser um pouco mais larga que a comumente usada para os aços-carbono, pois a raiz tende a fechar mais, podendo resultar em falta de fusão. Os aços inoxidáveis austeníticos apresentam coeficiente de expansão térmica aproximadamente 50% superior ao

Esta familia tiene buena resistencia a la corrosión y a la fluencia, además de tener una buena tenacidad a bajas temperaturas. El cromo se mantiene por encima del 16% y el níquel se agrega en un porcentaje suficiente para mantener la austenita estable a temperatura ambiente, siendo la composición básica 18Cr-8Ni.

Esta sección incluye acero inoxidable austenítico con microestructura integralmente austenítica o austeno-ferrítica, como:

- Aceros de la serie AISI 3XX (304, 316, 317, 321, 347, 310) "estándar" o convencional;
- Aceros con bajo contenido de carbono de la serie AISI 3XXL utilizados en servicios corrosivos con un contenido de carbono inferior al 0,04%;
- Aceros al carbono controlados de la serie AISI 3XXH utilizados en servicios de alta temperatura, con contenidos de carbono entre 0.04% a 0.1%;
- Los aceros inoxidables austeníticos de la serie 2XX no se consideran en esta especificación.

5.2.1 TÉCNICA GENERAL DE SOLDADURA

La fabricación de tuberías y equipos de acero inoxidable debe realizarse en un área segregada y protegida, preferiblemente en un almacén separado de otros materiales.

No se permite el corte en caliente con electrodo de grafito u oxicorte. El corte en caliente se debe realizar preferiblemente con plasma o láser, la superficie se rectifica para eliminar cualquier rastro de oxidación e irregularidades.

La apertura de la raíz debe ser un poco más ancha que la utilizada comúnmente para los aceros al carbono, ya que la raíz tiende a cerrarse más, lo que puede provocar una falta de fusión. Los aceros inoxidables austeníticos tienen un coeficiente de expansión térmica

aço carbono e menor condutividade térmica. Esses fatores geram na junta soldada, altas tensões residuais e maior tendência à distorção (empenamento).

A soldagem deve ser realizada com passes retilíneos e baixo aporte térmico. O aporte para os processos de alta densidade de corrente, como o SAW, GMAW e FCAW, não deve exceder a 2,5kJ/mm. Para os processos GTAW, PAW e SMAW não deve exceder a 1,5kJ/mm, exceto para o AISI 317(L), no qual o aporte deve ser inferior a 1,3kJ/mm em função do alto teor de molibdênio.

Escória e resíduo de fluxo devem ser removidos após soldagem, pois comprometem a resistência a corrosão em operação (fluoreto). Contato com cloreto ou fluoreto é extremamente danoso, provocando corrosão sobtensão ou "pitting".

As ferramentas de remoção de escória, de limpeza e de corte devem ser utilizadas apenas para estes materiais e devem atender às seguintes condições:

- As ferramentas de remoção de escória e de limpeza devem ser de aço inoxidável ou revestidas com este material;
- Os discos de corte devem ser de óxido de alumínio com alma de náilon ou de fibra de vidro.

A soldagem pelos processos GTAW e GMAW deve ser realizada com gás de proteção, isento de oxigênio, na raiz da solda para proteção da zona fundida e ZTA. Esta proteção deve ser mantida até ser completada a terceira camada de solda ou 6,4 mm, o que for maior, garantindo a ausência de oxigênio. Argônio e hélio podem ser empregados como gás de purga. A efetividade da purga da raiz pode ser identificada através de avaliação visual.

São permitidos os processos SMAW, GMAW-P, GMAW, FCAW-G, GTAW, SAW e PAW. O processo FCAW-S não é permitido. Outros processos podem ser aplicados mediante aprovação prévia por meio de consulta técnica à ITAIPU.

aproximadamente 50% más alto que el acero al carbono y menos conductividad térmica. Estos factores generan en la unión soldada, tensiones residuales elevadas y una mayor tendencia a la distorsión (deformación).

La soldadura debe realizarse con pasadas rectas y bajo aporte térmico. La contribución a los procesos de alta densidad de corriente, como SAW, GMAW y FCAW, no debe exceder los 2.5kJ/mm. Para los procesos GTAW, PAW y SMAW no debe exceder 1.5kJ / mm, excepto para AISI 317(L), en el cual la contribución debe ser menor a 1.3kJ/mm debido al alto contenido de molibdeno.

Los residuos de escoria y fundente deben eliminarse después de la soldadura, ya que comprometen la resistencia a la corrosión en funcionamiento (fluoruro). El contacto con cloruro o fluoruro es extremadamente dañino, causando corrosión bajo tensión o "picaduras".

Las herramientas de eliminación, limpieza y corte de escoria solo deben usarse para estos materiales y deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las herramientas de eliminación y limpieza de escoria deben estar hechas de acero inoxidable o recubiertas con este material;
- Los discos de corte deben estar hechos de óxido de aluminio con un núcleo de nylon o fibra de vidrio.

La soldadura por los procesos GTAW y GMAW debe realizarse con gas protector sin oxígeno en la raíz de la soldadura para proteger la zona fundida y la ZAC. Esta protección debe mantenerse hasta que se complete la tercera capa de soldadura o 6.4 mm, lo que sea mayor, asegurando la ausencia de oxígeno. El argón y el helio se pueden usar como gas de purga. La efectividad de la purga de la raíz se puede identificar mediante una evaluación visual.

Se permiten los procesos SMAW, GMAW-P, GMAW, FCAW-G, GTAW, SAW y PAW. El proceso FCAW-S no está permitido. Se pueden aplicar otros procesos previa aprobación previa mediante consulta técnica con ITAIPU.

5.2.2 SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM

5.2.2 SMAW - PROCESO DE SOLDADURA

POR ELETRODO REVESTIDO

a) não é permitido o emprego de consumíveis sintéticos;

b) a soldagem do aço AISI 321 deve ser realizada com consumível 347 em função da baixa transferência do titânio neste processo;

c) sempre que na operação o material for exposto a temperatura superior a 480°C, o consumível deve ser adquirido conforme AWS A5.01M/A5.0.1, Schedule J garantindo que o teor de bismuto não exceda a 0,002%.

5.2.3 GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG

a) além do argônio (99,99%), pode ser empregado como gás de proteção mistura argônio + hélio ou somente hélio. A mistura argônio + H₂ (máximo 3% de H₂) somente pode ser usada mediante aprovação prévia por meio de consulta técnica à ITAIPU;

b) a purga da raiz com gás inerte é obrigatória na soldagem com a finalidade de prevenir a oxidação interna na face da raiz e ZTA;

c) quando utilizado arame tubular específico para soldagem GTAW (100% de argônio) qualquer resíduo de fluxo deve ser removido, especialmente onde há contato com o fluido;

d) purga com o nitrogênio durante a soldagem não é permitida.

5.2.4 GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG

a) a soldagem do passe de raiz pode ser realizada com curto circuito controlado desde que os soldadores sejam treinados e qualificados empregando material de base (peça de teste) e consumíveis em aço inoxidável austenítico;

b) o processo pode ser empregado no enchimento e acabamento. Não é permitida a soldagem de derivações, ramais, uniões de casco com tubo (bocais) e soldas de encaixe;

DE ELECTRODO REVESTIDO

a) no se permite el uso de consumibles sintéticos;

b) la soldadura del acero AISI 321 debe realizarse con 347 consumibles debido a la baja transferencia de titanio en este proceso;

c) siempre que el material esté expuesto a una temperatura superior a 480°C en la operación, el consumible debe comprarse de acuerdo con AWS A5.01M / A5.0.1, Anexo J, asegurando que el contenido de bismuto no exceda 0.002%.

5.2.3 GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG

a) además del argón (99.99%), puede usarse como gas protector con una mezcla de argón + helio o simplemente helio. La mezcla de argón + H₂ (máximo 3% H₂) solo se puede usar con aprobación previa mediante consulta técnica con ITAIPU;

b) la purga de la raíz con gas inerte es obligatoria cuando se suelda para evitar la oxidación interna en la cara de la raíz y la ZAC;

c) cuando se utiliza un alambre tubular específico para la soldadura GTAW (100% argón), se debe eliminar cualquier residuo de fundente, especialmente cuando hay contacto con el fluido;

d) no se permite la purga con nitrógeno durante la soldadura.

5.2.4 GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG

a) la soldadura del paso de raíz se puede realizar con un cortocircuito controlado, siempre que los soldadores estén capacitados y calificados utilizando material base (pieza de prueba) y consumibles en acero inoxidable austenítico;

b) el proceso puede usarse para llenado y acabado. No está permitido soldar grifos, ramas, juntas de casco con tuberías (boquillas) y soldaduras de tapón;

c) a soldagem pode ser realizada com gás inerte, misturas destes gases, argônio + O₂ (máximo 2% de O₂) ou argônio + CO₂ (máximo 5% de CO₂). Outras misturas mais ricas em CO₂ podem ser empregadas desde que previamente aprovada pela ITAIPU e que adicionalmente, na qualificação do procedimento de soldagem, seja realizado o ensaio de corrosão intergranular conforme ASTM A262;

d) a purga da raiz com gás inerte é obrigatória na soldagem com a finalidade de prevenir a oxidação interna na face da raiz e ZTA.

5.2.5 CONDIÇÕES GERAIS PARA CONSUMÍVEIS

Os consumíveis devem seguir as indicações da Tabela 13 da norma PETROBRAS N-133, conforme figuras 4 e 5.

c) la soldadura puede realizarse con gas inerte, mezclas de estos gases, argón + O₂ (máximo 2% O₂) o argón + CO₂ (máximo 5% CO₂). Se pueden usar otras mezclas más ricas en CO₂ siempre que haya sido aprobado previamente por ITAIPU y que además, en la calificación del procedimiento de soldadura, la prueba de corrosión intergranular se realice de acuerdo con ASTM A262;

d) la purga de la raíz con gas inerte es obligatoria cuando se suelda para evitar la oxidación interna en la cara de la raíz y la ZAC.

5.2.5 CONDICIONES GENERALES PARA CONSUMIBLES

Los consumibles deben seguir las indicaciones de la Tabla 13 del estándar PETROBRAS N-133, de acuerdo con las Figuras 4 y 5.

Tabela 13 - Consumíveis de Aços Inoxidáveis Austeníticos

Material tipo	Espec. AWS	Eletrodo revestido (SMAW)		Espec. AWS	Eletrodo nu e vareta (GMAW / GTAW)	
		Classificação AWS			Classificação AWS	
		Preferida	Alternativa		Preferida	Alternativa
304 / CF8	A5.4/ A5.4M	E308	E308L	A5.9/ A5.9M	ER308	ER308L
304L / CF3	A5.4/ A5.4M	E308L	E347	A5.9/ A5.9M	ER308L	ER347
304H	A5.4/ A5.4M	E308H	E308 (Nota 3)	A5.9/ A5.9M	ER308H	ER308 (Nota 3)
CH-20(~309)	A5.4/ A5.4M	E309	E309 Mo E309MoL	A5.9/ A5.9M	ER309	ER309 Mo
310/ (CK-20)	A5.4/ A5.4M	E310	E310Nb	A5.9/ A5.9M	ER310	-
316	A5.4/ A5.4M	E316 (Nota 2)	E316L	A5.9/ A5.9M	ER316 (Nota 2)	ER316L
CF8M (~316)	A5.4/ A5.4M	E308Mo	E316	A5.9/ A5.9M	ER308Mo	-
316L	A5.4/ A5.4M	E316L	-	A5.9/ A5.9M	ER316L	-
CF3M(~316L)	A5.4/ A5.4M	E308LMo	E316L	A5.9/ A5.9M	ER308LMo	-
316H	A5.4/ A5.4M	E316H	E316 (Nota 3)	A5.9/ A5.9M	ER316H	ER316(Nota 3)
317/CG-8M	A5.4/ A5.4M	E317	E385	A5.9/ A5.9M	ER317	ER385
317L	A5.4/ A5.4M	E317L	E385	A5.9/ A5.9M	ER317L	ER385
321	A5.4/ A5.4M	E347	-	A5.9/ A5.9M	ER321	ER347
347	A5.4/ A5.4M	E347	-	A5.9/ A5.9M	ER347	-
CF8C	A5.4/ A5.4M	E347	-	A5.9/ A5.9M	ER347	-
347H	A5.4/ A5.4M	E347H	E347 (Nota 3)		ER347H	ER347 (Nota 3)
HK-40	-	-	E310-H (Nota 1)	-	ER35Ni- 25Cr- 0.4C	ER310H (Nota 1)

Figura 4 - Consumíveis dos aços inoxidáveis austeníticos.
 Figura 4 - Consumibles para aceros inoxidables austeníticos.

Tabela 13 - Consumíveis de Aços Inoxidáveis Austeníticos(Continuação)

Material tipo	Espec. AWS	Arame tubular (FCAW-G)		Espec. AWS	Arco submerso (SAW)	
		Classificação AWS			Classificação AWS	
		Preferida (ver Nota 4)	Alternativa		Preferida (ver Nota 5)	Alternativa
304	A5.22/ A5.22M	E308TX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER308	-
304L	A5.22/ A5.22M	E308LTX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER308L	-
304H	A5.22/ A5.22M	E308HTX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER308H	-
310	A5.22/ A5.22M	E310TX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER310	-
316	A5.22/ A5.22M	E316TX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER316H	-
316L	A5.22/ A5.22M	E316LTX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER316L	-
316H	A5.22/ A5.22M	E316HTX-X (Nota 3)	-	A5.9/ A5.9M	ER316	-
317	A5.22/ A5.22M	E317TX-X	E317LTX-X	A5.9/ A5.9M	ER317	ER317L
317L	A5.22/ A5.22M	E317LTX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER317L	-
321	A5.22/ A5.22M	E347TX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER321	-
347	A5.22/ A5.22M	E347TX-X	-	A5.9/ A5.9M	ER347	-
347H	A5.22/ A5.22M	E347HTX-X	E347TX-X (Nota 3)	A5.9/ A5.9M	ER347H	-

Figura 5 - Consumíveis dos aços inoxidáveis austeníticos (continuação).
 Figura 5 - Consumibles para aceros inoxidables austeníticos (continuación).

5.3 AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS

Esta família compreende os aços inoxidáveis "standard" enquadrados como "P number" 7, sendo os de alto cromo como "P number" 10 (I,J,K) conforme o ASME BPVC Section IX. Em geral a microestrutura destas ligas na condição como recebida a temperatura ambiente é composta integralmente de ferrita. Entretanto, a ZTA de algumas ligas resultam em microestrutura composta de ferrita e martensita.

Estes aços devem ser soldados com baixo aporte térmico para evitar o crescimento excessivo dos grãos que tende a diminuir a tenacidade.

5.3 ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS

Esta familia comprende acero inoxidable "estandar" y enmarcado como "número P" 7, con alto contenido de cromo como "número P" 10 (I, J, K) de acuerdo con ASME BPVC Sección IX. En general, la microestructura de estas aleaciones en la condición recibida a temperatura ambiente está compuesta completamente de ferrita. Sin embargo, la ZAC de algunas aleaciones da como resultado una microestructura compuesta de ferrita y martensita.

Estos aceros deben soldarse con un bajo aporte térmico para evitar el crecimiento excesivo de grano que tiende a disminuir la tenacidad.

5.3.1 TÉCNICA GERAL DE SOLDAGEM

As ferramentas para remoção de escória, limpeza e corte devem ser utilizadas unicamente para os aços inoxidáveis ferríticos e devem atender as seguintes condições:

- As ferramentas de remoção de escória e limpeza devem ser fabricadas em aço inoxidável ou revestidas com este material;
- Os discos de corte devem ser de óxido de alumínio com alma de náilon ou fibra de vidro;
- Devem ser tomados cuidados adicionais quanto à limpeza e à preparação da junta a ser soldada para evitar contaminantes.

A superfície das peças deve ser protegida contra a aderência de respingos e demais projeções resultantes da soldagem.

A preparação da junta soldada pode ser feita por usinagem, plasma, laser ou hidrocorte. No caso de corte térmico, a ZTA deve ser removida por usinagem ou esmerilhamento.

São permitidos os processos SMAW, GMAW, FCAW, GTAW e SAW. Não é permitido o processo FCAW-S. Outros processos podem ser aplicados mediante aprovação prévia por meio de consulta técnica à ITAIPU.

5.3.2 SMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO

a) a soldagem deve ser realizada com eletrodos básicos de baixo hidrogênio, gerando um depósito de solda com um teor de hidrogênio não superior a 8mL por 100g de MS depositado;

b) a escória deve ser totalmente removida antes do material ser exposto as condições operacionais;

c) não é permitido eletrodo sintético.

5.3.3 GTAW - PROCESSO DE SOLDAGEM TIG

5.3.1 TÉCNICA GENERAL DE SOLDADURA

Las herramientas de extracción, limpieza y corte de escoria deben usarse solo para aceros inoxidables ferríticos y deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las herramientas de eliminación y limpieza de escoria deben estar hechas de acero inoxidable o recubiertas con este material;
- Los discos de corte deben estar hechos de óxido de aluminio con un núcleo de nylon o fibra de vidrio;
- Se debe tener cuidado adicional con respecto a la limpieza y preparación de la unión a soldar para evitar contaminantes.

La superficie de las piezas debe protegerse contra salpicaduras y otras proyecciones resultantes de la soldadura.

La preparación de la unión soldada se puede realizar mediante mecanizado, plasma, láser o hidrocorte. En el caso de corte térmico, la ZAC debe eliminarse mediante mecanizado o rectificado.

Se permiten los procesos SMAW, GMAW, FCAW, GTAW y SAW. El proceso FCAW-S no está permitido. Se pueden aplicar otros procesos previa aprobación previa mediante consulta técnica con ITAIPU.

5.3.2 SMAW - PROCESO DE SOLDADURA DE ELECTRODO REVESTIDO

a) la soldadura debe realizarse con electrodos básicos de bajo hidrógeno, generando un depósito de soldadura con un contenido de hidrógeno que no exceda de 8ml por 100g de MS depositado;

b) la escoria debe eliminarse por completo antes de que el material esté expuesto a condiciones operativas;

c) el electrodo sintético no está permitido.

5.3.3 GTAW - PROCESO DE SOLDADURA TIG

a) o gás a ser utilizado deve ser argônio 99,99%, exceto para os aços com alto percentual de cromo e controle de elementos intersticiais (%C + %N) no qual a composição do argônio deve conter 99,998% (alta pureza);

b) a purga da raiz deve ser mantida até a 3ª camada de solda ou 6,4mm, o que for maior.

5.3.4 GMAW - PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG

a) não é permitida a soldagem de raiz pelo processo GMAW, exceto para o enchimento e acabamento;

b) a soldagem pode ser realizada com gás inerte conforme indicado para o processo GTAW.

5.3.5 CONDIÇÕES GERAIS PARA CONSUMÍVEIS

Os consumíveis devem seguir as indicações da Tabela 20 da norma PETROBRAS N-133, conforme a Figura 6.

a) el gas a utilizar debe ser 99.99% de argón, excepto para aceros con un alto porcentaje de cromo y control de elementos intersticiales (% C +% N) en los que la composición de argón debe contener 99.998% (alta pureza) ;

b) la purga de la raíz debe mantenerse hasta la tercera capa de soldadura o 6.4mm, lo que sea mayor.

5.3.4 GMAW - PROCESO DE SOLDADURA MIG / MAG

a) el proceso GMAW no permite la soldadura de raíz, excepto para el llenado y el acabado;

b) la soldadura puede llevarse a cabo con gas inerte como se indica para el proceso GTAW.

5.3.5 CONDICIONES GENERALES PARA CONSUMIBLES

Los consumibles deben seguir las indicaciones de la Tabla 20 del estándar PETROBRAS N-133, de acuerdo con la Figura 6.

Tabela 20 - Eletrodos e Varetas para Aços Inoxidáveis Ferríticos

Material tipo	Espec. AWS	Eletrodo revestido (SMAW)		Espec. AWS	Eletrodo nu e vareta (GMAW / GTAW)	
		Classificação AWS			Classificação AWS	
		Preferida (Nota 2)	Alternativa		Preferida (Nota 2)	Alternativa
405, 410S	A5.4/ A5.4M	E410 (Nota 1)	E409Nb E410NiMo	A5.9/ A5.9M	ER410 (Nota 1)	ER409Nb ER410NiMo
	A5.11/ A5.11M	ENiCrMo-3 ENiCrFe-2		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
409	A5.4/ A5.4M	E409Nb		A5.9/ A5.9M	ER409Nb	
	A5.11/ A5.11M	ENiCrMo-3 ENiCrFe-2		A5.14/ A5.14M	ERNiCrMo-3 ERNiCr-3	
430	A5.4/ A5.4M	E430	E430Nb	A5.9/ A5.9M	ER430	
	A5.11/ A5.11M	ENiCrMo-3 ENiCrFe-2		A5.14/ A5.14M	ERNiCrMo-3 ERNiCr-3	
439	A5.11/ A5.11M	ENiCrMo-3 ENiCrFe-2		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	ER439
444 e ≥ 25 %Cr (446, 447, 448)	A5.11/ A5.11M	ENiCrMo-3 ENiCrFe-2		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
Material tipo	Espec. AWS	Arame tubular (FCAW-G)		Espec. AWS	Arco submerso (SAW) (Nota 3)	
		Classificação AWS			Classificação AWS	
		Preferida (Nota 2)	Alternativa		Preferida (Nota 2)	Alternativa
405, 410S	A5.22/ A5.22M	E410TX-X	E409TX-X E409NbTX-X	A5.9/ A5.9M	ER410	ER409Nb ER410NiMo
	A5.34/ A5.34M	ENiCrMo3Tx-y ENiCr3Tx-y		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
409	A5.22/ A5.22M	E409TX-X	E409NbTX-X	A5.9/ A5.9M	ER409Nb	
	A5.34/ A5.34M	ENiCrMo3Tx-y ENiCr3Tx-y		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
430	A5.22/ A5.22M	E430TX-X	E430NbTX-X	A5.9/ A5.9M	ER430	ER430Nb
	A5.34/ A5.34M	ENiCrMo3Tx-y ENiCr3Tx-y		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
439	A5.34/ A5.34M	ENiCrMo3Tx-y ENiCr3Tx-y		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
444 e ≥ 25 %Cr (446, 447, 448)	A5.34/ A5.34M	ENiCrMo3Tx-y ENiCr3Tx-y		A5.14/ A5.14M	ERNiCr-3 ERNiCrMo-3	
NOTA 1 Empregar consumível com teor de carbono até 0,05 %.						
NOTA 2 Consumível de aço inoxidável austenítico de composição nominal 25Cr13Ni (309 e família) somente pode ser empregado quando a temperatura de operação for inferior a 315 °C.						
NOTA 3 Apenas o consumível apresenta especificação / classificação AWS, não havendo o mesmo para o fluxo.						

Figura 6 - Eletrodos e varetas para aços inoxidáveis Ferríticos.
 Figura 6 - Electrodo y varillas para aceros inoxidables ferríticos.