

6º Fórum CTVP

www.delp.com.br

“Novos desafios em fabricação de vasos de pressão, considerando a severidade das novas condições de contorno (temperatura e pressão), aliada a necessidade de novos materiais, em paralelo aos novos requisitos normativos (ex.: N-1706-E, N-133-K)”



6º Fórum CTVP



Refino: Alta pressão e temperatura com serviços especiais (H_2 e H_2S) para atender as novas exigências de qualidade de combustíveis de baixo teor de Enxofre.

Exploração: Alta pressão aliado a presença de H_2S e CO_2

6º Fórum CTVP



Objetivo: Demonstrar o contexto da cadeia produtiva de Vasos de Pressão com ênfase nos atuais requisitos normativos da Petrobras e seus impactos na fabricação.



6º Fórum CTVP



Cenário Atual Relacionado a Fabricação de Vasos de Pressão no Brasil:

- RECURSOS DE FABRICAÇÃO

- Boa capacidade de máquinas de processo
- Boa capacidade de movimentação de carga
- Terceirização de especialidades

- RECURSOS DE ENGENHARIA

- Capacidade de engenharia completa e multidisciplinar nos grandes fabricantes
- Domínio Tecnológico pela Petrobras
- Recursos para P&D – Inova Petro

- RECURSOS DE MATÉRIA PRIMA

- Acesso a todos os tipos de materiais devido ao Mercado Globalizado



Limitadores:

- RECURSOS DE FABRICAÇÃO
 - Dificuldade de manutenção de expertise devido a descontinuidade de demanda de equipamentos com requisitos especiais
 - Falta de critérios uniformes para Controle de Qualidade e Inspeção
- RECURSOS DE ENGENHARIA
 - Falta de Autonomia da Engenharia do Fabricante
 - Carência de informações para engenharia de processo
- RECURSOS DE MATÉRIA PRIMA
 - Volume para aquisição de usina
 - Prazo para aquisição internacional
 - Qualificação de fornecedores
- NORMAS DE FABRICAÇÃO
 - Exigências muito restritivas (além do código de projeto)
 - Divergência entre requisitos de normas
 - Divergência de interpretação durante inspeção

• Normas De Fabricação

- Exigências muito restritivas (além do código de projeto)
- Divergência entre requisitos de normas
- Divergência de interpretação durante inspeção

A ABIMAQ como representante dos fabricantes de equipamentos, tomou a iniciativa para formação de um grupo de análise da Revisão K da norma Petrobras N-133.

A partir dos comentários deste grupo, foram realizadas reuniões com a Petrobras com o intuito de elaboração de nova revisão da N-133.

Os comentários foram aceitos em sua maioria e estão em análise e elaboração da revisão pelo Grupo de Trabalho definido pela Petrobras.

Normas PETROBRAS

Comentários:

N-1706-E

**Requisitos adicionais para Vaso de
Pressão em Serviço com H₂S Úmido**

PETROBRAS N-1706-E



PONTOS POSITIVOS:

- Definição clara do material para qualificação de EPS's;
- Utilização de chapas fabricadas por TMCP, permitindo o uso de chapas nacionais;
- Eliminação do TTAT para vasos fabricados com chapa cladeada, quando não requerido pelo código;
- Eliminação do TTAT simulado em matéria prima para equipamentos sem requisito de tenacidade.

PETROBRAS N-1706-E



PONTOS POSITIVOS:

- Simplificação em somente duas categorias e definição de requisitos para vaso cladeado;
- Eliminação do ensaio de SSC – SULFIDE STRESS CORROSION CRACKING, para aquisição de chapas;
- Definição da condição de exigência para tratamento de globulização das inclusões;
- Marca comercial do consumível homologado no Brasil deixa de ser variável essencial.

PETROBRAS N-1706-E

7.1 Todas as soldas em partes pressurizadas devem ser de penetração total. Quando o uso de solda de penetração total não for tecnicamente viável, o detalhe construtivo deve ser submetido à aprovação prévia da PETROBRAS.

7.2 Não é permitido o uso de detalhes construtivos que resultem em frestas em contato com o fluido.

7.3 Não é permitido espaço confinado entre soldas.

NOTA: Em caso de acessórios internos soldados ao casco por solda contínua na parte superior, a solda na parte inferior deve ser descontínua.

7.10 Nenhuma solda pode ser realizada após o TTAT, mesmo quando permitido pelo Código de Projeto.

Comentário: O Código ASME prevê situações específicas onde soldas podem ser realizadas após TTAT. Em certos casos pode ser necessário realizar novo ciclo de TTAT mesmo a soldagem estando de acordo com o previsto pelo ASME.

- (c) for welded joints of all thicknesses if required by UW-2, except postweld heat treatment is not mandatory under the conditions specified below:
- (1) for groove welds not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) size and fillet welds with a throat not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) that attach nozzle connections that have a finished inside diameter not greater than 2 in. (50 mm), provided the connections do not form ligaments that require an increase in shell or head thickness, and preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied;
 - (2) for groove welds not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) in size or fillet welds with a throat thickness of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) or less that attach tubes to a tubesheet when the tube diameter does not exceed 2 in. (50 mm). A preheat of 200°F (95°C) minimum must be applied when the carbon content of the tubesheet exceeds 0.22%.
 - (3) for groove welds not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) in size or fillet welds with a throat thickness of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) or less used for attaching nonpressure parts to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of the pressure part exceeds $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm);
 - (4) for studs welded to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of the pressure part exceeds $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm);
 - (5) for corrosion resistant weld metal overlay cladding or for welds attaching corrosion resistant applied lining (see UCL-34) provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is maintained during application of the first layer when the thickness of the pressure part exceeds $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm).

PETROBRAS N-1706-E



8.2.1.1 As chapas devem ser de aço carbono ASME BPVC Section II - Part A-2 - SA-516/SA-516M, fornecidas na condição totalmente acalmadas.

ASME SEC II Part A – SA 516/SA 516M

4. Materials and Manufacture

4.1 Steelmaking Practice—The steel shall be killed and shall conform to the fine austenitic grain size requirement of Specification A 20/A 20M.

Comentário: A composição química do material já define a condição de totalmente acalmado ao Silício. Teor de Si: 015-040 %

Normalmente é adicionado Alumínio para refino de grão que também contribui para a desoxidação do aço.

TABLE 1
CHEMICAL REQUIREMENTS

Elements	Composition, %			
	Grade 55 [Grade 380]	Grade 60 [Grade 415]	Grade 65 [Grade 450]	Grade 70 [Grade 485]
Silicon:				
Heat analysis	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Product analysis	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45

PETROBRAS N-1706-E



8.2.1.2 As chapas devem ser preferencialmente normalizadas, entretanto, são permitidas taxas de resfriamento maiores do que aquelas obtidas pelo resfriamento ao ar desde que as chapas sejam subsequentemente revenidas na faixa de temperatura de 595 °C a 705 °C.

9.4 O procedimento de TTAT deve ser conforme o código ASME, exceto que a temperatura do patamar deve estar entre 620 °C e 640 °C. O fornecedor da matéria-prima, mediante a apresentação prévia de justificativa técnica à PETROBRAS, pode propor o uso de temperaturas menores que garantam as propriedades mecânicas de tração, tenacidade e dureza especificadas nesta Norma.

Comentário: Abertura para resfriamento acelerado abre a opção para uso de chapas nacionais (USIMINAS – produzidas pelo processo CLC), porém a temperatura de revenimento especificada é incompatível com as temperaturas de TTAT (620 °C a 640 °C). Temperaturas de TTAT previstas pelo ASME atendem aos requisitos, porém a norma não deixa claro se a redução de temperatura abaixo dos 620 °C terá de ser compensada com aumento do tempo de TTAT.

PETROBRAS N-1706-E



8.3 Forjados, Tubos e Acessórios de Tubulação

Qualquer acessório fabricado a partir de chapa deve atender aos requisitos listados em 8.2 (ex.: tubos com costura fabricados a partir de chapa).

NOTA Os demais acessórios devem estar de acordo com as especificações do ASME BPVC Section II - Part A-1 e A-2, ASME BPVC Section II - Part A-1 SA-105/SA-105M, SA-106/SA-106M, SA-234/SA-234M e SA-266/SA-266M, com os requisitos complementares 8.3.1 até 8.3.3.

*Comentário: Norma limita as opções de materiais para uso e não é permite a utilização de materiais equivalentes, inclusive de qualidade superior.
Ex.: SA 350 – para forjados com requisito tenacidade.*

PETROBRAS N-1706-E



8.5.2 Para vasos de pressão com requisito de tenacidade, a qualificação dos consumíveis de soldagem deve atender a PETROBRAS N-1859 para consumíveis de soldagem com propriedade assegurada no lote.

Comentário: A N-1859 restringe e atribui ao usuário final do consumível a responsabilidade de repetir os testes já realizados pelo fabricante de consumíveis. Ensaio como CTOD deverão ser realizado no recebimento de consumíveis, com testemunho Petrobras, na condição como soldado e após TTAT. Trata-se de ensaio caro, com pouca opção de laboratórios, com tempo elevado de preparação do CP, realização do ensaio e análise do resultado.

N-1859-E

4.4 No recebimento de cada lote do consumível deve ser preparada uma chapa de teste conforme item 5.1 e o metal de solda deve ser submetido aos ensaios de tração, impacto e ensaio de “Crack Tip Opening Displacement” (CTOD).

PETROBRAS N-1706-E



10.2 Para fins de qualificação do procedimento de soldagem, o carbono equivalente do material base deve ser considerado variável essencial, permitindo-se uma variação de mais ou menos 0,03 em relação ao empregado na qualificação.

Comentário: A inclusão do carbono equivalente como variável essencial para o processo de soldagem limita a aquisição de Matéria prima. A utilização de MP de fontes diferentes e para projetos diferentes torna-se impraticável.

PETROBRAS N-1706-E

Tabela 1 - Requisitos para Qualificação do Procedimento de Soldagem

Ensaio	Condição de TTAT simulado (ver NOTA 5)
Análise Química (ver NOTA 1)	TTAT Mínimo ou TTAT Máximo
Dureza (ver NOTA 2)	TTAT Mínimo e TTAT Máximo
Tração (ver NOTA 3)	TTAT Mínimo e Máximo
Dobramento	TTAT Mínimo e Máximo
Impacto (quando aplicável, ver NOTA 4)	TTAT Mínimo e Máximo
Teste de Sensitização ASTM A262 Prática E (chapas cladeadas ou revestidas com solda)	TTAT Máximo
NOTA 1	A composição química do metal depositado deve ser verificada e estar conforme ASME BPVC Section II - Part C para o metal base e, quando aplicável, para o revestimento.
NOTA 2	O ensaio de dureza dos corpos-de-prova para qualificação deve ser feita de acordo com o perfil de dureza sugerido pela PETROBRAS N-133, conforme chanfro a ser utilizado e os valores de dureza não devem exceder: a) metal de solda: máximo de 200HB (se medido conforme ASTM E10 ou A833) ou média de 210HV5 e máximo de 248HV5 para valor individual (se medido conforme ASTM A1038 ou E384 para durômetro de bancada). b) ZTA: média 210HV5 e máximo de 248HV5 para valor individual (medido conforme ASTM A1038 ou E384 para durômetro de bancada).
NOTA 3	Critério de aceitação conforme ASME BPVC Section IX.
NOTA 4	A necessidade do ensaio de impacto deve ser verificada conforme ASME BPVC Section VIII - Division 1 ou Division 2.
NOTA 5	Quando o TTAT for requerido (ver 9.1 e 9.2), efetuar 2 RQPSs distintos, sendo um para condição de TTAT Máximo e outro para a condição de TTAT Mínimo.

PETROBRAS N-1706-E



Comentário:

•**ANÁLISE QUÍMICA:** *A análise química realizada no CP de qualificação de procedimento de soldagem não é prevista pelas normas de qualificação e não representa a composição do metal de base ou do consumível. A norma cita que a composição deve atender ao ASME II parte C para o metal de base, porém a parte C qualifica apenas o metal de adição.*

Para análise química do metal de adição deveria ser soldado CP específico para este fim, conforme previsto no ASME II parte C em suas diversas classificações.

•**DUREZA:** *É requerido ensaio de dureza no TTAT mínimo e máximo. A revisão C especificava o ensaio de dureza somente para o TTAT mínimo, visto que esta é propriedade com limite máximo definido e que é reduzida como o TTAT.*

Todas as EPS's já qualificadas para atender a N-1706 atendem somente a exigência de controle de dureza após TTAT mínimo.

•**TRAÇÃO:** *É requerido ensaio de tração no TTAT mínimo e máximo. A revisão C especificava o ensaio de tração somente para o TTAT máximo, visto que esta é propriedade com limite mínimo definido e que é reduzida como o TTAT.*

Todas as EPS's já qualificadas para atender a N-1706 atendem somente a exigência de controle de tração após TTAT máximo.

PETROBRAS N-1706-E



Comentário:

- DOBRAMENTO: É requerido ensaio de dobramento no TTAT mínimo e máximo. A revisão C especificava o ensaio de dobramento somente para o TTAT máximo. Entendemos que a condição mais crítica para dobramento é após TTAT mínimo, portanto esta condição é suficiente para aprovar o RQPS.

Todas as EPS's já qualificadas para atender a N-1706 atendem somente a exigência de dobramento após TTAT máximo.

As exigências da Rev.E inviabilizam todas as EPS's já qualificadas para atender a equipamentos em serviço com H₂S e aumentam consideravelmente os custos e prazo de qualificação de novas EPS's.

Normas PETROBRAS



Comentários:

N-133-K

SOLDAGEM



PETROBRAS N-133-K



- 4.1.6 A soldagem heterogênea deve ser evitada, e sua execução está obrigatoriamente atrelada à aprovação prévia da PETROBRAS.

A Soldagem heterogênea é uma necessidade de projeto. Entendemos que a aprovação do projeto significa também a aprovação da soldagem envolvida.

- 4.3.13 Em fabricação ou montagem empregando materiais fornecidos na condição de temperado e revenido ou tratamento termo mecânico, a qualificação do procedimento de soldagem deve ser realizada com o material da mesma corrida destinada para a obra.

Item irá gerar grande número de qualificação de EPS's. Falta definir "Corrida" para o caso de aços tratados termicamente, será considerado corrida de aciaria e de Tratamento Térmico.

PETROBRAS N-133-K



- 4.1.6 A soldagem heterogênea deve ser evitada, e sua execução está obrigatoriamente atrelada à aprovação prévia da PETROBRAS.

A Soldagem heterogênea é uma necessidade de projeto. Entendemos que a aprovação do projeto significa também a aprovação da soldagem envolvida.

- 4.3.13 Em fabricação ou montagem empregando materiais fornecidos na condição de temperado e revenido ou tratamento termo mecânico, a qualificação do procedimento de soldagem deve ser realizada com o material da mesma corrida destinada para a obra.

Item irá gerar grande número de qualificação de EPS's. Falta definir "Corrida" para o caso de aços tratados termicamente, será considerado corrida de aciaria e de Tratamento Térmico.

PETROBRAS N-133-K



➤ 4.4.1.8 O controle de desempenho de soldadores deve ser executado utilizando-se o formulário Controle do Desempenho dos Soldadores e Operadores de Soldagem (CDS) conforme metodologia de cálculo definida na PETROBRAS N-2301. Os critérios de aceitação indicados abaixo devem constar em procedimento específico da contratada, o qual deve ser avaliado e aprovado pela PETROBRAS antes do início dos serviços

Esclarecer que notas 1 e 2 são aplicáveis somente a controle de desempenho para soldadores em processo de manutenção, não aplicável para fabricação e montagem.

➤ 4.4.3 Supervisores ou Encarregados de Soldagem
O critério para avaliação do conhecimento requerido para capacitação desta função está sujeito à aprovação prévia da PETROBRAS.

Excesso de interferência da PETROBRAS no controle interno das fábricas. O Inspetor de Soldagem, Níveis 1 e 2, são os profissionais que necessitam de qualificação externa para exercer a função.

PETROBRAS N-133-K



➤ 4.5.13 Deve-se utilizar eletrodos de tungstênio especificados pela AWS A5.12. Os eletrodos toriados devem ter seu uso descontinuado e alternativamente substituídos pelos eletrodos ligados ao Cério (Ce), Lantânio (La) e Zircônio (Zr). Para a preparação da ponta deve ser empregado afiador de tungstênio com reservatório que evite dispersão no meio ambiente. A afiação deve ser realizada no sentido longitudinal do eletrodo. O ângulo da afiação é determinante no perfil de penetração (perfeita simetria e centralização da afiação) e também deve ser controlada.

Solicitado tempo para que as empresas façam as alterações nas EPS's e nos equipamentos necessários.

PETROBRAS N-133-K



- 4.6.9 O gás de proteção deve ser fornecido com certificado de qualidade conforme os requisitos da AWS A5.32.

Tem impacto no sistema de fornecimento de Gases. Fornecedores não rastreiam as garrafas por lote, fornecem apenas atestado de conformidade.

- 4.6.10 A soldagem somente deve ser iniciada após a purga ter garantido a renovação em pelo menos seis vezes o volume do ambiente a ser inertizado e deve atender ao teor máximo de O₂ indicado para o material de base.

- 4.6.15 O procedimento de soldagem de juntas de encaixe deve ser realizado com o processo GTAW, com no mínimo três camadas e perfil levemente convexo.

Limitação em função da espessura da junta soldada.

PETROBRAS N-133-K



➤4.6.16 Para os processos de soldagem GTAW-P e GMAW-P que empregam corrente pulsada o equipamento, o programa e os parâmetros são variáveis essenciais na qualificação do procedimento de soldagem.

Inviabiliza nossas EPS's atuais. Cria restrições ao uso de máquinas e programas de soldagem.

➤4.6.17 Condições específicas para o processo de soldagem Arame Tubular (FCAW):

c) somente podem ser utilizados eletrodos cuja classificação estabeleça requisitos mínimos de impacto;

d) não é permitida a utilização do processo em combinação com outros processos sem que seja realizada qualificação específica;

Limita consumíveis e combinação de processos permitidos por normas internacionais (ASME /ISO)

g) o processo não deve ser empregado em derivações, ramais, uniões de tubo com casco (bocais) e soldas de encaixe

Proíbe o uso de FCAW para soldagem de bocais. É o processo preferencial para soldagem de bocais fora de posição.

PETROBRAS N-133-K



➤4.6.19 Condições específicas para o processo de soldagem a arco submerso (SAW):

- a) o processo manual semi-automático não é permitido;
- b) sempre que houver mudança da marca comercial do fluxo o procedimento de soldagem deve ser qualificado novamente;

Restringe o uso das EPS's à marca comercial usada na qualificação.

- c) para fluxo de soldagem de baixo hidrogênio, durante todo o processo de soldagem o fluxo deve ser mantido em recipientes que o mantenham na faixa de temperatura de manutenção da secagem.

Silos das máquinas não possuem sistema de aquecimento.

➤4.7.10 Os eletrodos revestidos, eletrodos nus, eletrodos tubulares, varetas e fluxos em sua embalagem original devem ser armazenados sobre estrados ou prateleiras, em estufas que atendam às condições citadas no 4.5.5. As seguintes condições, no interior da estufa, devem ser observadas:

Limitação de espaço em estufas. Itens não higroscópicos com exigência de armazenagem em estufas.

PETROBRAS N-133-K



➤4.9.4 O preaquecimento deve ser realizado através de resistência elétrica ou indução. O preaquecimento por chama com maçarico tipo chuveiro pode ser utilizado desde que haja aprovação prévia da PETROBRAS. Os profissionais encarregados do aquecimento à chama devem receber treinamento prévio e também devem ser orientados sobre os possíveis danos metalúrgicos para os diferentes materiais a serem soldados se esta operação for mal executada. Por segurança, a realização do preaquecimento a gás e a distribuição de gás devem estar no lado oposto onde o soldador está trabalhando. Não é permitido o uso de maçarico de bico de corte.

Aprovação prévia da PETROBRAS para item corriqueiro de produção. Aquecimento por resistência ou indução nem sempre são aplicáveis em função da geometria, volume a ser soldado, acessibilidade, custo, etc.

PETROBRAS N-133-K



➤4.9.5 De forma geral, a temperatura de preaquecimento deve ser medida no metal de base, em todos os membros da junta, do lado oposto à fonte de aquecimento, a uma distância de 75 mm das margens da solda. Se a espessura do metal de base for maior que 63 mm devem ser apresentados planos de preaquecimento e controle de temperatura para aprovação prévia da PETROBRAS e estes devem ser validados na qualificação do procedimento de soldagem

Necessidade de aprovação prévia da PETROBRAS. Variações de geometria e espessura vão demandar novas EPS's.

PETROBRAS N-133-K



➤4.10.2 O pós-aquecimento deve ser realizado através de resistência elétrica ou indução. O pós-aquecimento por chama com maçarico tipo chuveiro pode ser utilizado desde que haja aprovação prévia da PETROBRAS. Os profissionais encarregados do pós-aquecimento à chama devem receber treinamento prévio e também devem ser orientados sobre os possíveis danos metalúrgicos para os diferentes materiais a serem soldados se esta operação for mal executada. Não é permitido o uso de maçarico de bico de corte.

➤4.10.4 A temperatura de pós-aquecimento deve ser medida no metal de base, em todos os membros da junta, do lado oposto à fonte de aquecimento, a uma distância de 75 mm das margens da solda. Se a espessura do metal de base for maior que 75 mm então deve ser apresentado um plano de pós-aquecimento e controle de temperatura para aprovação prévia da PETROBRAS.

Necessidade de aprovação prévia da PETROBRAS. Aquecimento por resistência ou indução nem sempre são aplicáveis em função da geometria, acessibilidade, custo, etc.

PETROBRAS N-133-K



➤4.12.1 O reparo de defeitos de soldagem, detectados por radiografia ou ultrassom, deve ter autorização prévia da PETROBRAS e ser executado por soldadores ou operadores de soldagem qualificados, atuando sob orientação de supervisores de soldagem

Engessa totalmente o processo produtivo. Para casos específicos é necessário qualificar a EPS para reparo, porém é impraticável aguardar autorização para cada reparo a ser realizado. Ver item 5.1.8 abaixo:

“5.1.8 Reparo por Soldagem

5.1.8.1 O procedimento de reparo de solda deve ser previamente qualificado quando houver requisito de tenacidade.

5.1.8.2 A mesma área de solda não pode ser reparada mais do que duas vezes, quando houver requisito de tenacidade. Quando não há requisito de tenacidade o número máximo de reparos fica limitado a três vezes.”

PETROBRAS N-133-K



➤4.13.4 Os termopares devem ser soldados por descarga capacitiva às peças de modo a garantir o contato elétrico entre os fios do termopar e a superfície aquecida.

Investimento em soldagem de termopares por descarga capacitiva e maior desgaste dos termopares.

➤4.13.7 Para execução do TTAT localizado em soldas circunferenciais, ou no qual o componente tenha a liberdade de dilatação durante o tratamento, devem ser atendidas as condições estabelecidas na AWS D 10.10 ou WRC 452.

➤4.13.8 Outras configurações de TTAT localizado não são permitidas, exceto quando aprovado pela PETROBRAS, com base em análise do gradiente térmico gerado por simulação computacional.

WRC 452 é restritivo e caro. Aumento significativo nos pontos de controle de restrições de áreas a ser tratadas.

PETROBRAS N-133-K



➤5.1.4.5 SAW

Os consumíveis devem seguir as especificações da AWS A5.17.

Limitado a consumíveis de baixa resistência.

➤5.1.5.1 As juntas devem ser preaquecidas a temperatura igual ou superior às indicadas na Tabela 2

Tabela 2 - Temperaturas (°C) Mínimas de Preaquecimento e Interpasse Especificadas para a Soldagem de Aços-carbono e Carbono-manganês

Carbono equivalente - CE (ver Nota 1 do 5.1.5.2)	Espessura calculada da junta soldada, e [mm] (ver Nota 2 do 5.1.5.2)		
	e ≤ 20	20 < e ≤ 30	e > 30
CE _{IIV} ≤ 0,41%	10 °C _(min.)	10 °C _(min.)	10 °C _(min.) (75 °C)
0,41 % < CE _{IIV} ≤ 0,43 %	10 °C _(min.)	10 °C _(min.) (50 °C)	100 °C
0,43 % < CE _{IIV} ≤ 0,45 %	10 °C _(min.) (50 °C)	10 °C _(min.) (100 °C)	100 °C (125 °C)
0,45 % < CE _{IIV} ≤ 0,47 %	10 °C _(min.) (100 °C)	100 °C (125 °C)	125 °C (150 °C)
0,47 % < CE _{IIV} ≤ 0,50 %	100 °C (125 °C)	125 °C (150 °C)	150 °C (175 °C)

Tabela se refere somente a temperatura de pré-aquecimento.

PETROBRAS N-133-K

➤ 5.2.6 Preaquecimento e Interpasse

O preaquecimento e interpasse devem atender à Tabela 3

Tabela 3 - Temperatura de Preaquecimento e de Interpasse para Aços de Baixa Liga Tratados Termicamente

AISI	Preaquecimento para faixas de espessura (mm)			Interpasse
	< 12,7	≥ 12,7 a 25,4	≥ 25,4	
4130	150 °C	200 °C	230 °C	230 °C
4140	175 °C	230 °C	250 °C	260 °C
4340	230 °C	250 °C	300 °C	300 °C
8630	100 °C	120 °C	150 °C	150 °C

Temperatura de interpasse igual a temperatura de pré-aquecimento. Impraticável.

PETROBRAS N-133-K



➤5.3.2.2 O preaquecimento geralmente é necessário para reduzir a velocidade de resfriamento e favorecer a liberação do hidrogênio, uma vez que em alguns casos é inevitável a formação de microestrutura bainítica e/ou martensítica. O aquecimento manual por chama oxigás (maçarico tipo chuveiro) deve ser limitado a tubos com espessura abaixo de 12,5 mm e diâmetro nominal de até 8”.

➤5.3.7.2 O aquecimento manual por chama oxigás (maçarico tipo chuveiro) deve ser limitado a tubos com espessura abaixo de 12,5 mm e diâmetro nominal de até 8”.

Inconsistência. O aquecimento a gás não é permitido de uma forma geral e aceito para aquecimento de aços baixa liga, com maior complexidade de transformações metalúrgicas.

PETROBRAS N-133-K



- 5.3.4.3 GMAW - Deve ser evitada a soldagem de enchimento de derivações, ramais e uniões de tubo com o casco.
- 5.3.4.4 FCAW - O processo não deve ser empregado em equipamento pressurizado e sujeito a fragilização pelo revenido.

Definir melhor a condição de “sujeito a fragilização pelo revenido”.

Qual o método a ser usado em soldagem de bocais, visto que os processos GMAW e FCAW não são recomendados?

PETROBRAS N-133-K



➤5.3.5.1 Os consumíveis devem ser selecionados de acordo com a Tabela 5 e estar conforme as seguintes indicações:

a) para equipamentos fabricados em aço Cr-Mo, sujeitos a fragilização pelo revenido ou que apresentem apurado controle de impurezas, devem ser atendidos os requisitos mínimos das API RP 934 A/B/C/D/E e API TR 938-B. Restrições de composição química e controle de impurezas como Fator de Bruscato (Fator X), Fator de Watanabe (Fator J), Fator K e Fator Komizo/Sugiyama (Fator PE), percentual máximo de ferrita e de tenacidade ao impacto, quando aplicável, devem ser observados;

Quais os limites para “apurado controle de impurezas” e definição do equipamento sujeito a “fragilização pelo revenido”.

PETROBRAS N-133-K



➤5.3.8.3 As juntas soldadas em Cr-Mo que serão submetidos ao TTAT não podem ser movimentados no período compreendido entre o término da soldagem e a realização do tratamento. Excepcionalmente e desde que aprovado pela PETROBRAS, peças de espessura inferior a 16 mm podem ser movimentadas antes do TTAT se o pós-aquecimento é realizado. O içamento e transporte de peças de grande porte, seja por espessura ou comprimento, somente devem ser realizados após o TTAT

Inviabiliza o TTAT em forno. Este item considera somente o TTAT localizado.

➤5.4.11.1 O ensaio com líquido penetrante deve ser executado nos passes de raiz e reforço de raiz na soldagem de tubulação.

O LP na raiz e reforço da raiz causam grande impacto no prazo e custo devido ao tempo para resfriamento da junta.

PETROBRAS N-133-K



➤5.5.3.8 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 e FCAW, não deve exceder a 2,5 kJ/mm. Para os processos GTAW e SMAW não deve exceder a 1,5 kJ/mm, exceto para o AISI 317(L), no qual o aporte deve ser inferior a 1,3 kJ/mm em função do alto teor de molibdênio.

Parâmetros muito restritivos para soldagem.

➤5.5.5.2 Nas classificações 308, 316, 317 e 321 o teor de ferrita mínimo nos depósitos deve ser de 3 % ou 3FN. Para a classificação 347 deve ser de 5 % ou 5 FN.

➤5.5.5.4. A ferrita deve ser medida na fase de qualificação de procedimento de soldagem e quando solicitado comprovado na soldagem de fabricação.

Necessidade de controle de ferrita para todos os austeníticos.

PETROBRAS N-133-K



➤5.5.11.1 O ensaio com líquido penetrante deve ser executado em 100 % no passe de raiz, passe de reforço da raiz e acabamento..

O LP na raiz e reforço da raiz causam grande impacto no prazo e custo.

➤5.7.3.7 Os metais de adição (arames e eletrodos) devem ser adequadamente armazenados em locais limpos e secos e manuseados sempre com luvas limpas. Os arames devem ser limpos com solventes antes do uso.

Limpeza com solvente é inviável para arame (GMAW)

Geral: Grande número de itens sujeitos “aprovação prévia da PETROBRAS”.
Total: 56 itens.