



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Tema

Análise comparativa das propriedades mecânicas e metalúrgicas na soldagem heterogênea de aços baixa liga com metal de adição austeno-ferrítico, através da utilização de métodos de deposição controlada.





ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Relevância do Tema

A Zona Afetada pelo Calor (ZAC) e a Zona Fundida (ZF), em uma solda heterogênea multipasse, apresentam características metalúrgicas e comportamentos mecânicos distintos.

A fabricação de uma junta soldada com estas características demanda uma série de ponderações relacionadas às variáveis de soldagem e problemas de soldabilidade particulares a cada material, visando garantir o desempenho satisfatório desta união em serviço.



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Abordagem Geral

1 – ZAC (Zona Afetada pelo Calor)

Formação da ZAC;

Susceptibilidade a trincas induzidas por hidrogênio, característica intrínseca aos aços baixa liga;

Formação das Zonas Frágeis Localizadas (ZFL), decorrente da soldagem multipasse, ocasionando a redução da ductilidade;

Deposição Controlada, visando o refino da RGG;

Difusão de carbono.



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Abordagem Geral

2 – ZF (Zona Fundida)

Tipo de Solidificação do Metal de Solda;

Diagramas Constitucionais (Schaeffler e WRC-1992) na seleção dos consumíveis de soldagem e previsão dos modos de solidificação;

Susceptibilidade a trincas de solidificação e liquação e a correlação com os modos de solidificação de austenita e ferrita primárias;

Precipitação de carbonetos e fases intermetálicas fragilizantes na soldagem multipasse de aços inoxidáveis austeníticos.

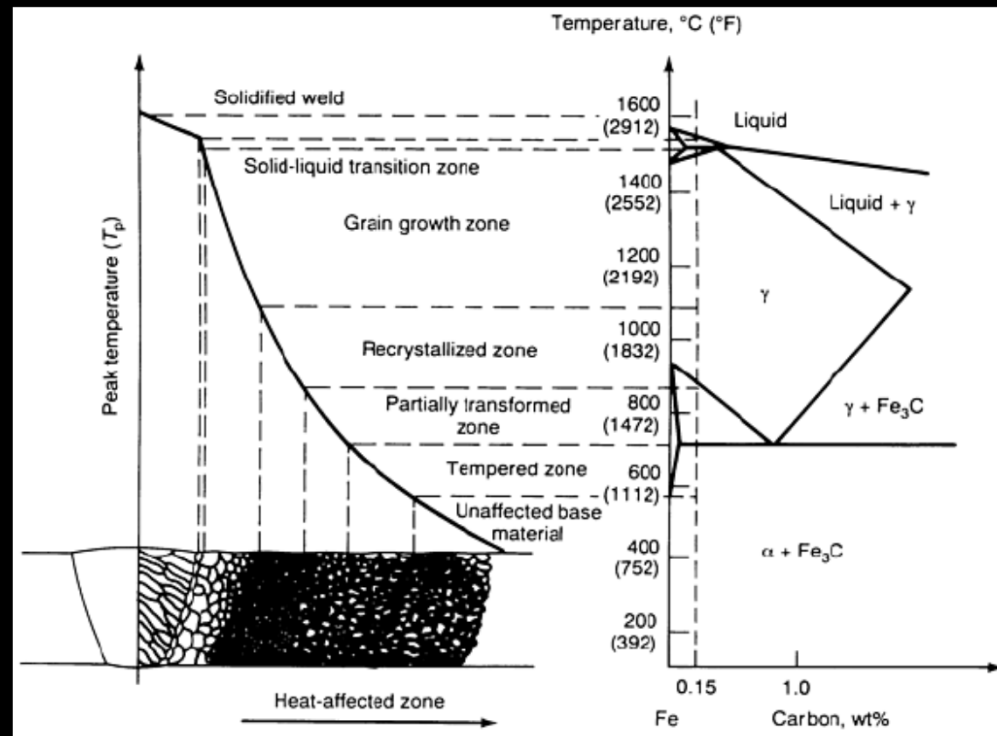




ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Formação da ZAC



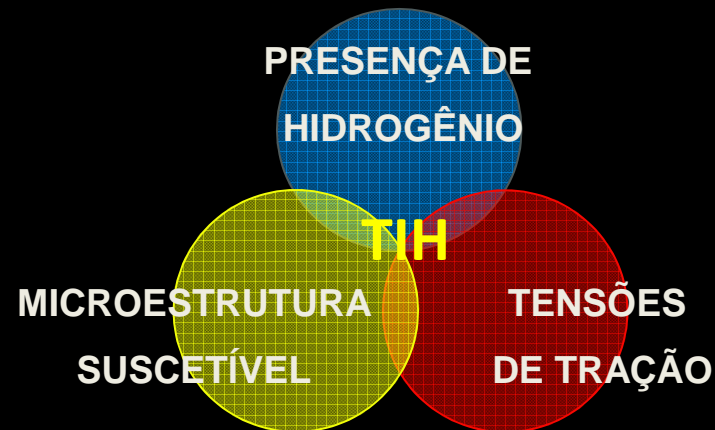


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Trinca Induzida por Hidrogênio

Os ciclos térmicos de soldagem, invariavelmente levarão a formação de Martensita na ZAC, em virtude da alta temperabilidade dos aços 5Cr/0,5Mo.

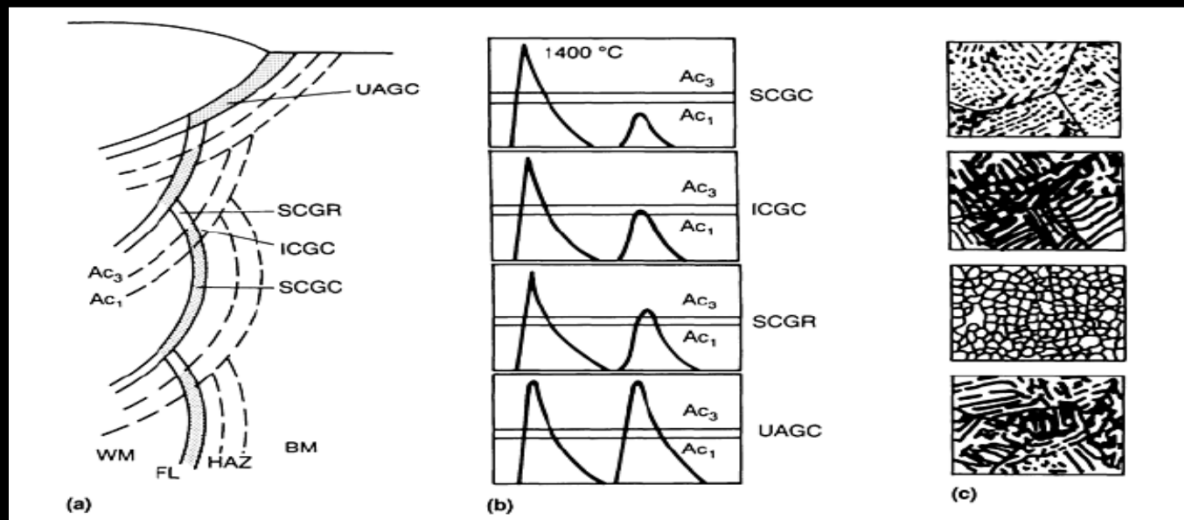


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Zonas Frágeis Localizadas

Na soldagem multipasse, pequenas regiões de baixa tenacidade são geradas, reflexo do crescimento de grão durante o reaquecimento.



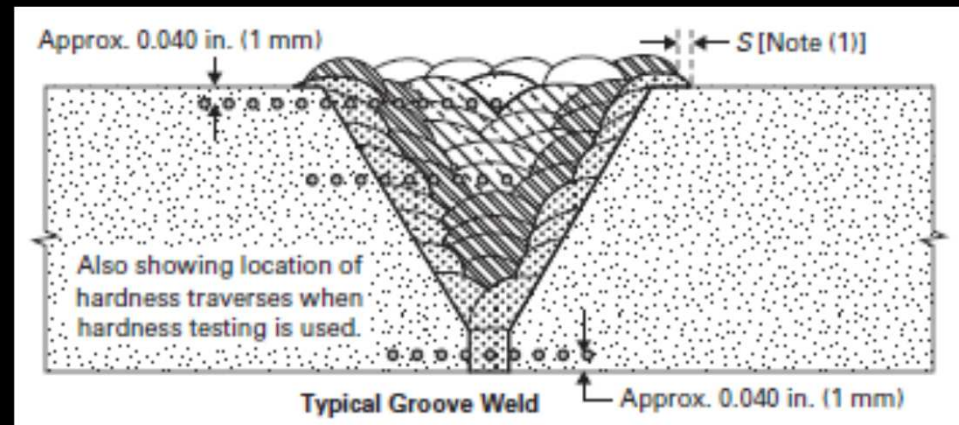
ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Técnicas de Deposição Controlada

As técnicas de deposição controlada tem por objetivo promover o refino de grão da RGG, visando melhorar a tenacidade desta região.

O controle da microestrutura pode ser obtido através das técnicas de meia e **dupla camada**, associadas ou não ao **passe de revenimento**.





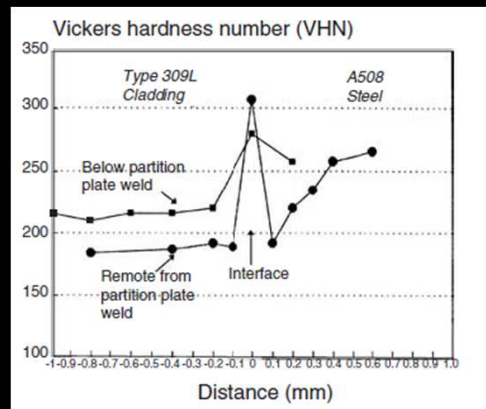
ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Difusão de Carbono

A soldagem heterogênea entre materiais CCC e CFC está sujeita a dois mecanismos deletérios:

Processo de difusão de carbono, formando uma estreita região com presença de carbonetos precipitados e elevada dureza junto à linha de fusão;

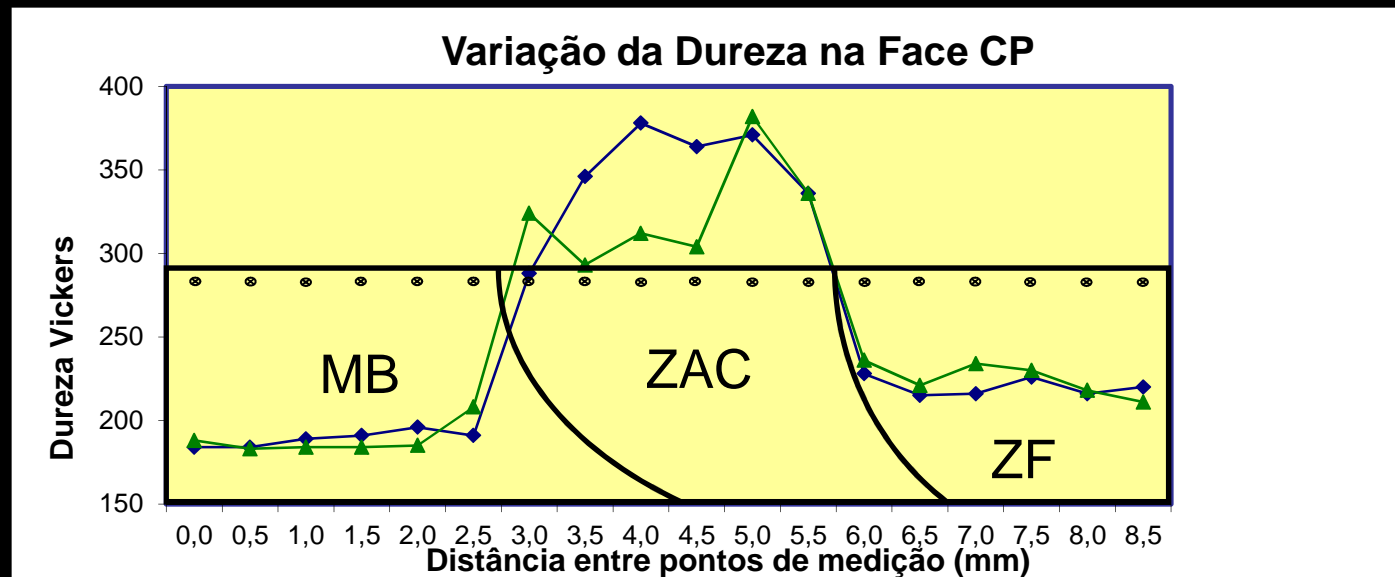


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Difusão de Carbono

Redução da resistência a quente da região empobrecida deste elemento, estando sujeita a falha por Fluência.



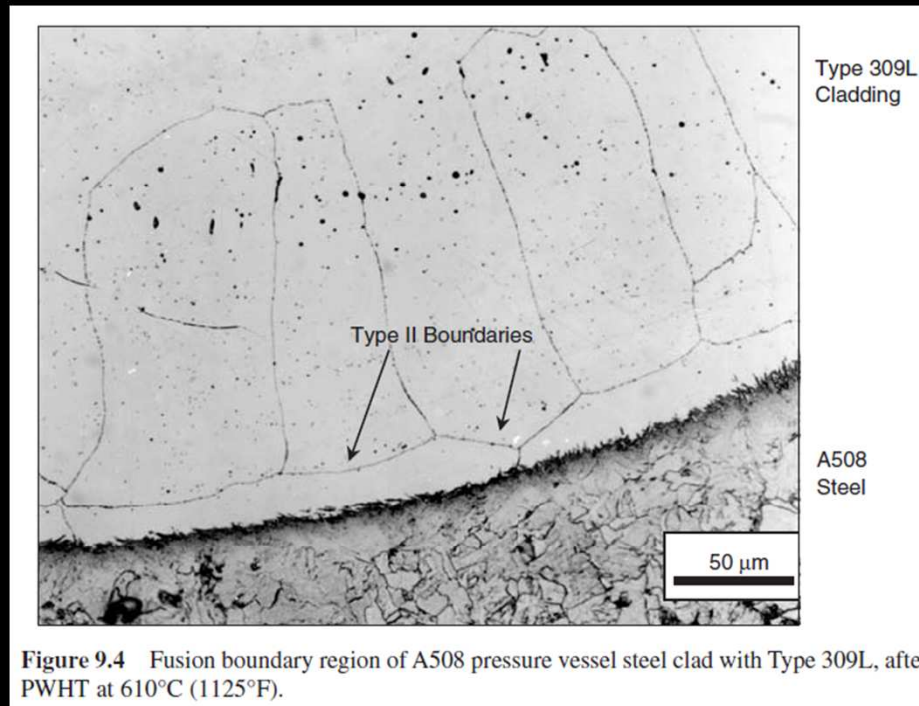


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Zona Fundida

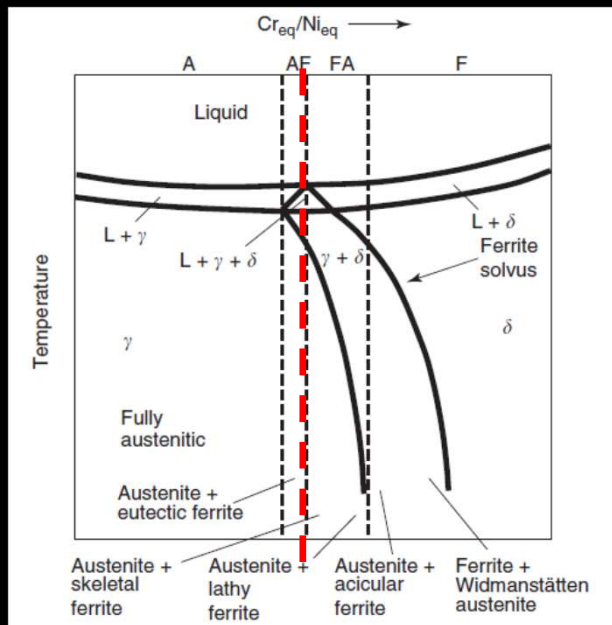
A soldagem de aços ligados pode ser realizada utilizando-se consumíveis de soldagem não temperáveis.



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Modo de Solidificação



O tipo de microestrutura cristalina e morfologia da ZF estão relacionadas ao tipo de fase presente no início da solidificação. As transformações posteriores ocorrem no estado sólido.

Diagrama de Fases Pseudo-binário Fe-Cr-Ni a 70% de Ferro



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Diagramas Constitucionais

São empregados na previsão da microestrutura da ZF e na possibilidade da ocorrência defeitos metalúrgicos e formação de fases intermetálicas fragilizantes.

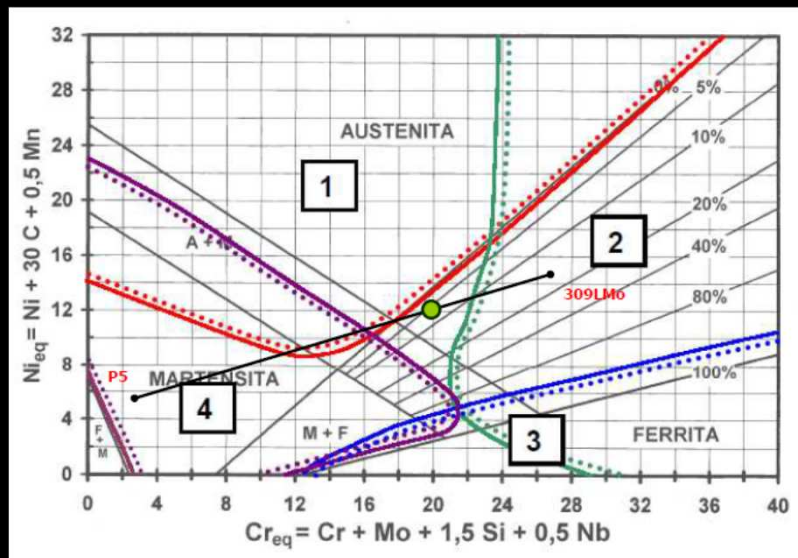


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Seleção do Metal de Adição

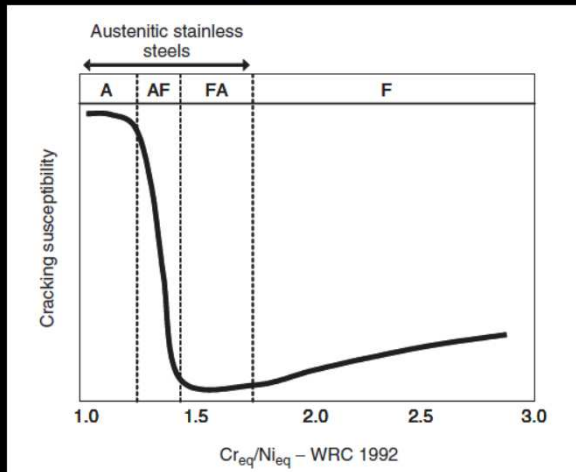
Consumíveis das classificações 312, 309, apresentam ferrita variando de 3 a 20%. A ZF produzida tende a apresentar modo de solidificação FA com elevada resistência à trinca de solidificação e liquação.



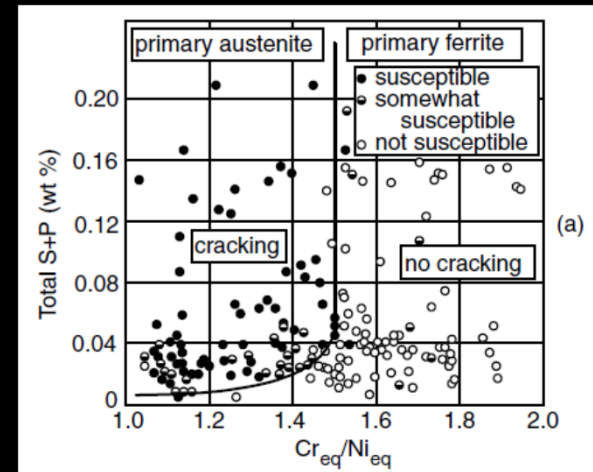
ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Modo de Solidificação x Trincas de Solidificação



Susceptibilidade a trincas de solidificação em função da composição baseado nos registros de Varestraint



Susceptibilidade à trinca de solidificação nos aços inoxidáveis austeníticos em função da presença de S e P

Relações entre Cr_{eq} / Ni_{eq} de 1,5 a 2, a susceptibilidade a trincas de solidificação e liquação é muito reduzida

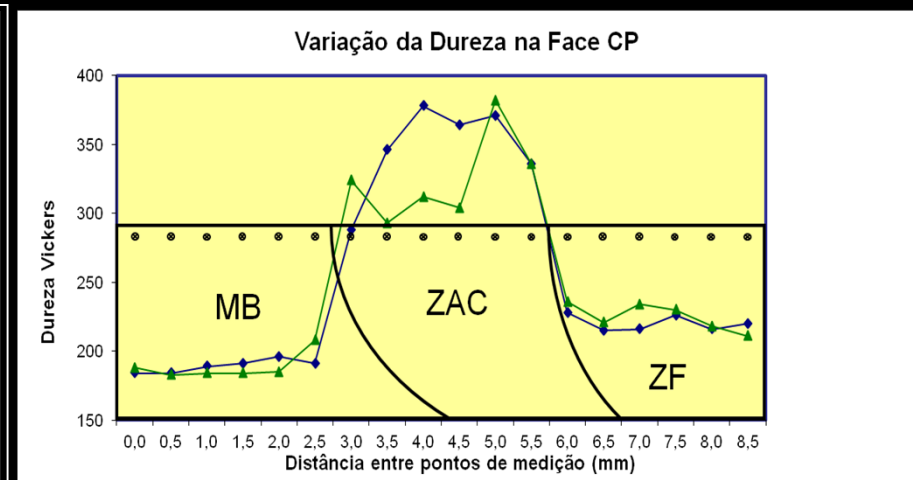
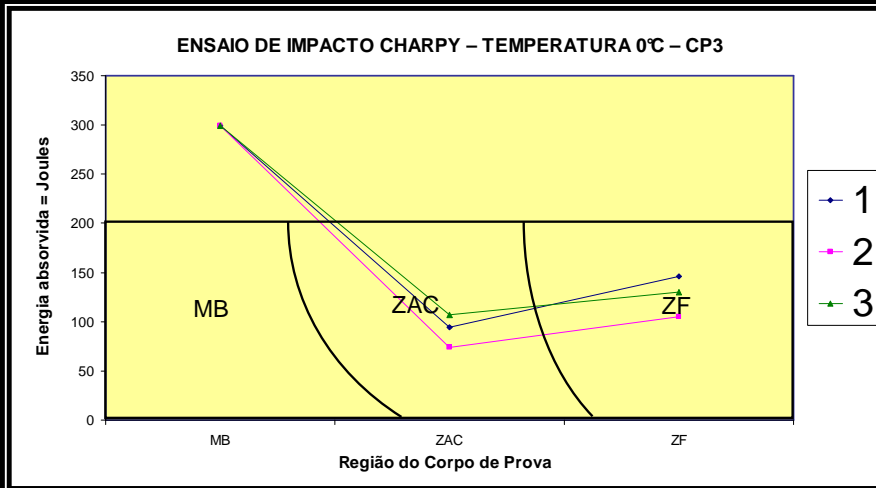


ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ZAC	Tamanho de Grão			Dureza Média (HV)		Charpy (J)	Resultados
	raiz	enchim.	acabam.	raiz	acabam.	média	
CT1	6	7	7	223	357	94	Intermediário
CT2	5	6	4	294	366	74	Pior
CT3	8	7	7	279	341	107	Melhor

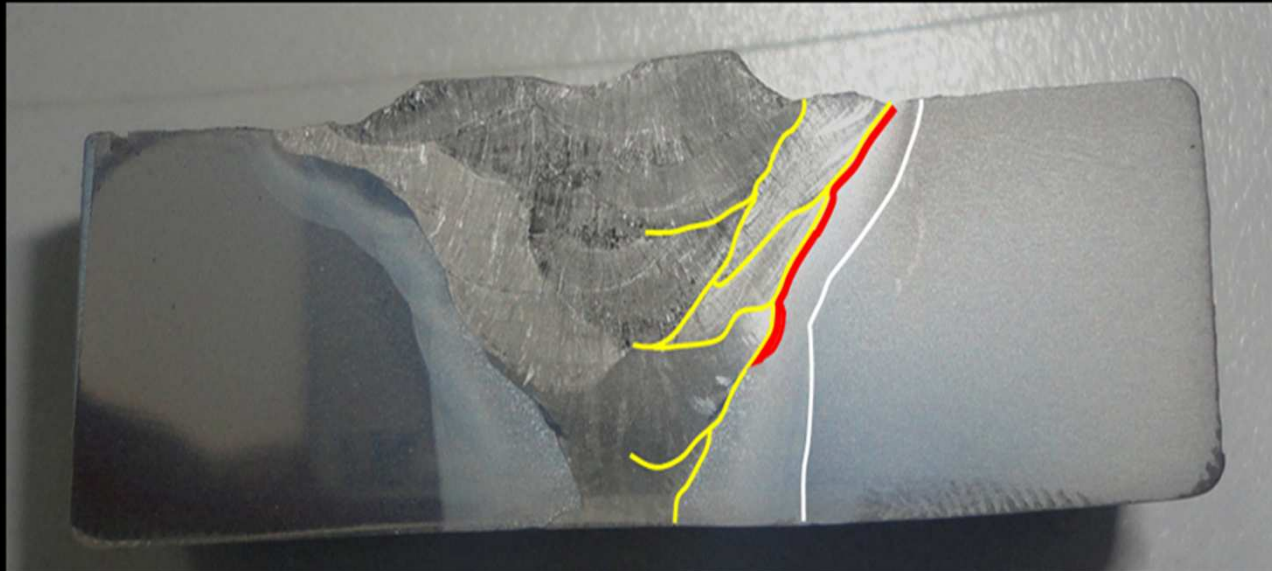




ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

Formação das ZFL's





ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

CONCLUSÕES

- 1. A ZAC do corpo de teste nº 2 apresentou os piores resultados em todos os requisitos. Os corpos de prova 1 e 3 apresentaram tamanhos de grão relativamente menores e melhores resultados no ensaio Charpy;**



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

CONCLUSÕES

- 2. As relações entre Creq / Nieq entre 1,5 e 2 conferem boa segurança quanto à susceptibilidade a trincas de solidificação e liquação;**
- 3. A região empobrecida de carbono presente na ZAC apresentou relevante decréscimo nos valores de microdureza. Este fenômeno foi verificado nos CP 1 e 3.**



ENSOLD 2012

ENCONTRO DE SOLDAGEM DA PETROBRAS

OBRIGADO