



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE NORMALIZAÇÃO NA REGIÃO DA SOLDA DE TUBOS COM COSTURA PARA A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E GÁS NATURAL



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Integrantes do Grupo

Daniel Silva Rodrigues
Denis de Mello
Luciano de Rezende Silva
Wilson Henrique Moraes Freire



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Industria de Petróleo e Gás no Brasil

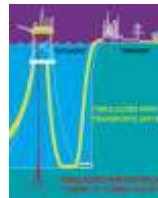
- O Brasil tende a se tornar o maior explorador de petróleo e gás no mercado.
- Descobertas recentes de novas reservas em águas profundas (Pré-Sal)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Industria de Petróleo e Gás no Brasil

- O crescimento da indústria petroquímica aumenta a demanda por tubos de aço carbono.



- Tubulações para transporte (API 5L)
- Tubulações para extração (API 5CT)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Utilizações dos Tubos de Aço

Os tubos de aço carbono estão divididos em 5 categorias:

CONDUÇÃO DE FLUIDOS

Utilização: Água, vapor, ar comprimido, incêndio, petróleo, gás predial, GNV e fluidos.

TROCA TÉRMICA

Utilização: Trocadores de calor, Pré- evaporadores, Caldeiras.

ESTRUTURAL

Utilização: Pontes, Torres, Treliças, Ônibus

INDUSTRIAL

Utilização: Insumos para indústria (móveis, máquinas, bicicletas, auto-peças)

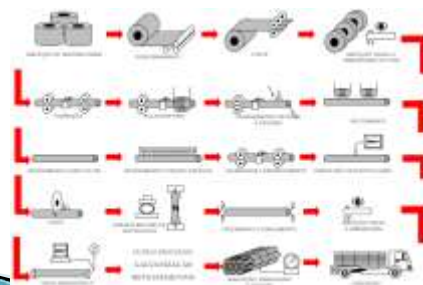
ELETRODUTOS

Utilização: Proteção de fios em rede elétrica e telecomunicações



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Linha de produção de tubos

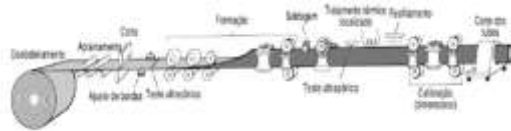




Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

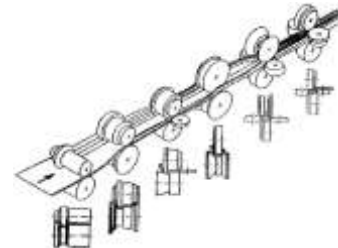
Tubos de Aço com Costura

Processo de Produção – Tubo com costura (pequenos e médios diâmetros)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

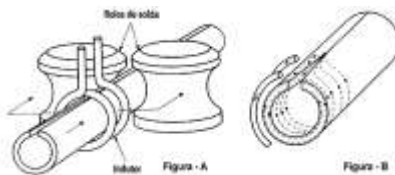
Processo de formação



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Processo de Soldagem ERW

(Solda por Resistência Elétrica com Alta Frequência)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Processo de Soldagem ERW

(Solda por Resistência Elétrica com Alta Frequência)

Características

- Alta Velocidade de Execução
- Aquecimento instantâneo da peça
- Baixo Aquecimento das Ferramentas
- Homogeneidade da Matéria Prima
- Remoção do Cordão de Solda
- Soldagem Limpa
- Zona Afetada Termicamente

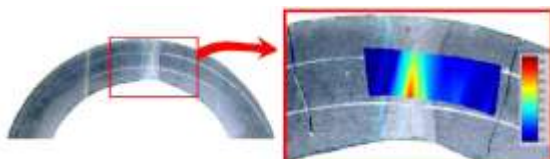


Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Processo de Soldagem ERW

(Solda por Resistência Elétrica com Alta Frequência)

Zona Afetada Termicamente - Distribuição da Dureza
(Tubo de Aço SAE 1020)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Tratamentos Térmicos

Tipos de Tratamentos

- Normalização
- Recozimento
- Tempera
- Revenimento



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Tratamentos Térmicos

Porque Realizar Tratamento Térmico em Tubos ?

- Obter as especificações e propriedades solicitadas pela norma;
API 5L (API Specification 5L, 2004).
- Para tubos com costura, tratar a ZTA (Zona Térmicamente Afetada) decorrente do processo de solda.
(API 5CT, 6ª Ed., 1998)



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Objetivo do Estudo:

Aplicar tratamento térmico em amostras de tubos soldados por resistência elétrica com diferentes faixas de temperatura, para estudo da dureza e micrografia na região da solda e Zona Afetada Térmicamente.

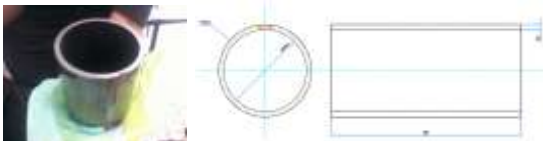


Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 1: Dimensionamento da amostra:

- Tubo com costura longitudinal por resistência elétrica de alta frequência – diâmetro nominal: 4 1/2" – espessura: 6,30 mm – comprimento: 232 mm



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 2: Validação da amostra:

1) Ensaio por Líquido penetrante.

Verificação de presença de trincas ou anomalias no tubo.



Aplicação de líquido penetrante



Aplicação de revelador



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 2: Validação da amostra:

2) Análise Química.

Verificação da composição química da amostra.



Amostra do tubo achatada para verificação no espectrômetro

Especificações que se enquadraram pela norma API 5L PSL1 Ed 2004, para a amostra analisada:

- API 5L Gr.B;
- API 5L X42;
- API 5L X46; X52, X56;
- API 5L X60;
- API 5L X65;
- API 5L X70.



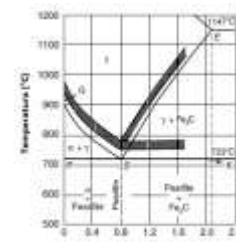
Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 3: Tratamentos Térmicos:

Temperaturas de Tratamento

O estudo foi iniciado a partir do ponto eutético (em torno de 720°C) com intervalos de 45°C, até culminar na temperatura nominal de normalização de 900°C, para aço com aproximadamente 0,2% de Carbono.



Faixa de temperaturas de austenização para normalizar aços sem liga.



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 3: Tratamentos Térmicos:

1) Preparação das amostras.

N°	N° Amostras	Temperatura (°C)	Tempo preparação amostras (min)	Tempo exposição ao forno (min)	Tempo resfriamento ao ar ambiente (min)
1	2	720	5	15	15
2	2	765	5	15	15
3	2	810	5	15	15
4	2	855	5	15	15
5	2	900	5	15	15



Conjunto de amostras



Amostra Preparada

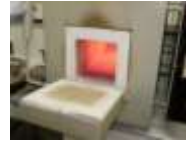


Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 3: Tratamentos Térmicos:

Procedimento para o Tratamento Térmico



1) Inserção de amostra no forno



2) Exposição ao forno por 15 minutos



3) Resfriamento das amostras ao ar ambiente por 15 minutos



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 4: Ensaios de Microdureza:

1) Preparação das amostras.



Lixamento



Polimento



Aplicação de reagente Nital 2%



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

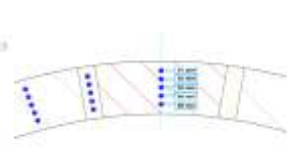
Materiais e Métodos

Etapa 4: Análise por Microdureza:

Esquema de medições.



Seção transversal de amostra demonstrando pontos de medição de microdureza Vickers (dimensões em mm).



Detalhamento dos pontos de medição de microdureza Vickers de acordo com a profundidade.



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 4: Análise por Microdureza:

Aplicação do ensaio.



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Materiais e Métodos

Etapa 5: Análise por Micrografia:

Material sem Tratamento

Tratamento Térmico a 720 °C

Tratamento Térmico a 765 °C



Ampliação 50X - Região da solda



Ampliação 50X - Região da solda



Ampliação 200X - ZTA



Ampliação 1000X - Metal Base



Ampliação 200 X - ZTA



Ampliação 200X - Centro da Solda



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

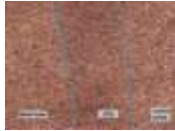
Materiais e Métodos

Etapa 5: Análise por Micrografia:

Tratamento Térmico à 810 °C

Tratamento Térmico à 855 °C

Tratamento Térmico à 900 °C



Ampliação 50X – Região da solda



Ampliação 1000X - ZTA



Ampliação 200X – Região da solda



Ampliação 1000X - ZTA



Ampliação 1000X – Centro da solda



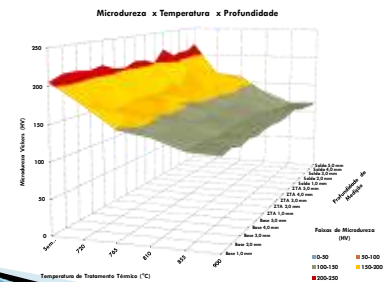
Ampliação 1000X – Centro da solda



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Resultados

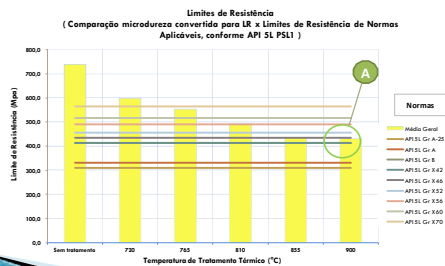
Análise por Microdureza:



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Resultados

Conversão de valores de Microdureza para Limites de Resistência:



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

Análise de Resultados

- A dureza diminui proporcionalmente ao aumento da temperatura de tratamento, independente da profundidade ou região envolvida no processo de soldagem.
- A ZTA e o centro da solda tenderam a homogeneização quanto a granulação, proporcionalmente ao aumento de temperatura de tratamento.
- A especificação de material que mais se aproximou da material em questão é o API X46 PSL1.



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia Mecânica

OBRIGADO!