

ACEROS INOXIDABLES SÚPER-DUPLEX

Composição química dos AID mais comuns, em destaque, os AISD

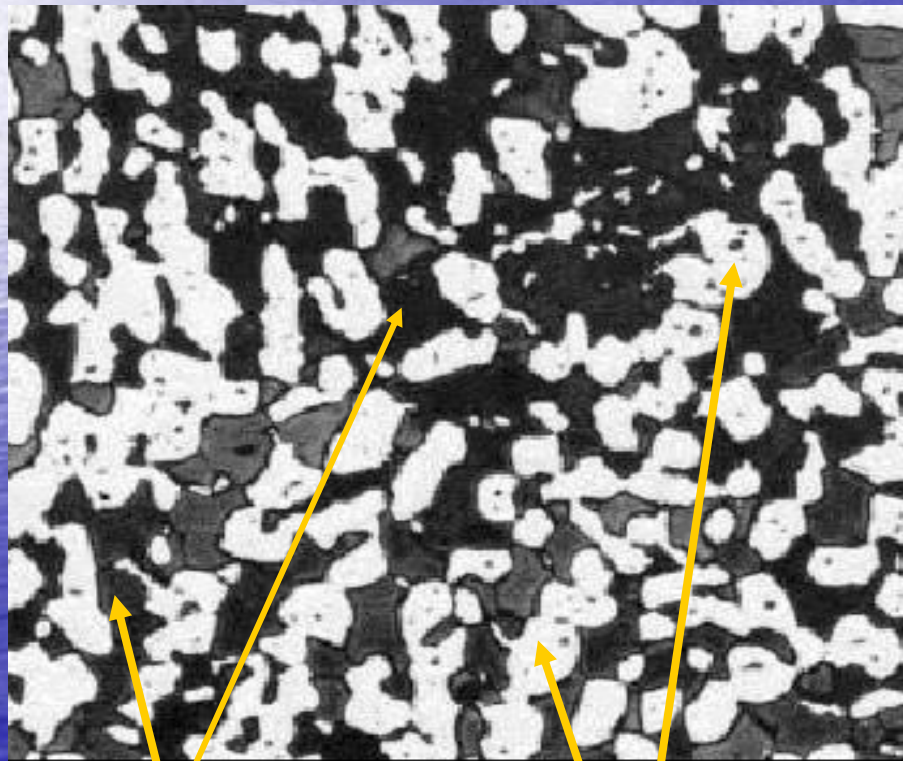
| Nome Comercial | Denominação UNS | Cr | Mo | Ni | N | Outros Elementos | PRE* |
|------------------|-----------------|-----------|------------|----------|-------------|-----------------------|-----------|
| SAF 2304 | S32304 | 23 | 0,2 | 4 | 0,1 | - | 25 |
| UR35N | S32304 | 23 | 0,2 | 4 | 0,1 | - | 25 |
| 3RE60 | S31500 | 18,5 | 2,7 | 5 | 0,07 | 1,5 Si | 29 |
| UR 45 | S31803 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| SAF 2205 | S31803 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| 2205 | S31803 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| FALC 223 | S31803 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| AF 22 | S31802 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| VS 22 | S31803 | 22 | 3 | 5,3 | 0,17 | - | 35 |
| 10RE51 | S32900 | 25 | 1,5 | 4,5 | - | - | 30 |
| DP3 | S31260 | 25 | 3 | 6,5 | 0,16 | 0,5 Cu - 0,3 W | 37 |
| UR52N | S32550 | 25 | 3 | 6,5 | 0,18 | 1,6 Cu | 38 |
| FERRALIUM 255 | S32550 | 25 | 3 | 6,5 | 0,18 | 1,6 Cu | 38 |
| UR 47N | S32200 | 25 | 3 | 6,5 | 0,18 | - | 38 |
| ZERON 100 | S32760 | 25 | 3,6 | 7 | 0,25 | 0,7 Cu - 0,7 W | 41 |
| UR52N+ | S32550 | 25 | 3,8 | 6 | 0,25 | 1,5 Cu | 42 |
| SAF 2507 | S32750 | 25 | 3,8 | 7 | 0,27 | - | 42 |

*PRE: equivalente de resistência ao pite

- HISTÓRICO
- Aços Inoxidáveis – descobertos início século XX
 - 1912 – austeníticos e martensíticos
 - 1920 – ferríticos
 - 1927 – duplex
- BRASIL
 - Início de utilização – só nos anos 80 (desconhecimento + dificuldades na fabricação)
 - Ainda não fabrica chapas de duplex ???????

- PROPRIEDADES
- O que é um Aço inoxidável Duplex?
- Microestrutura Duplex constituída por duas fases em proporções aproximadamente iguais
 - Ferrita (α) + Austenita (γ)
- Superduplex?

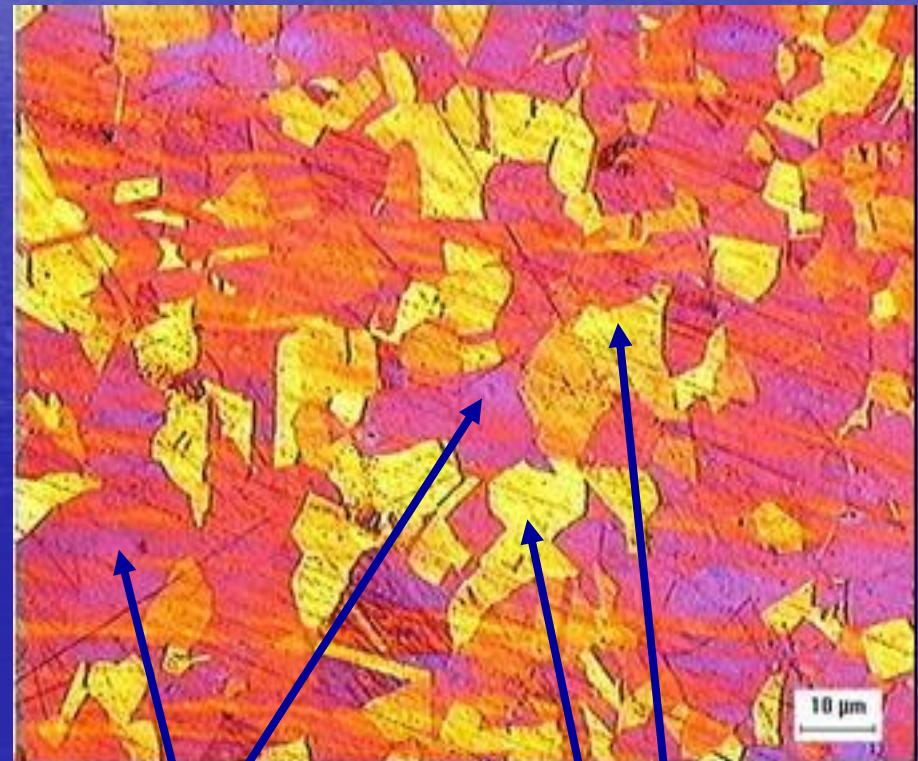
DUPLEX



FERRITA

AUSTENITA

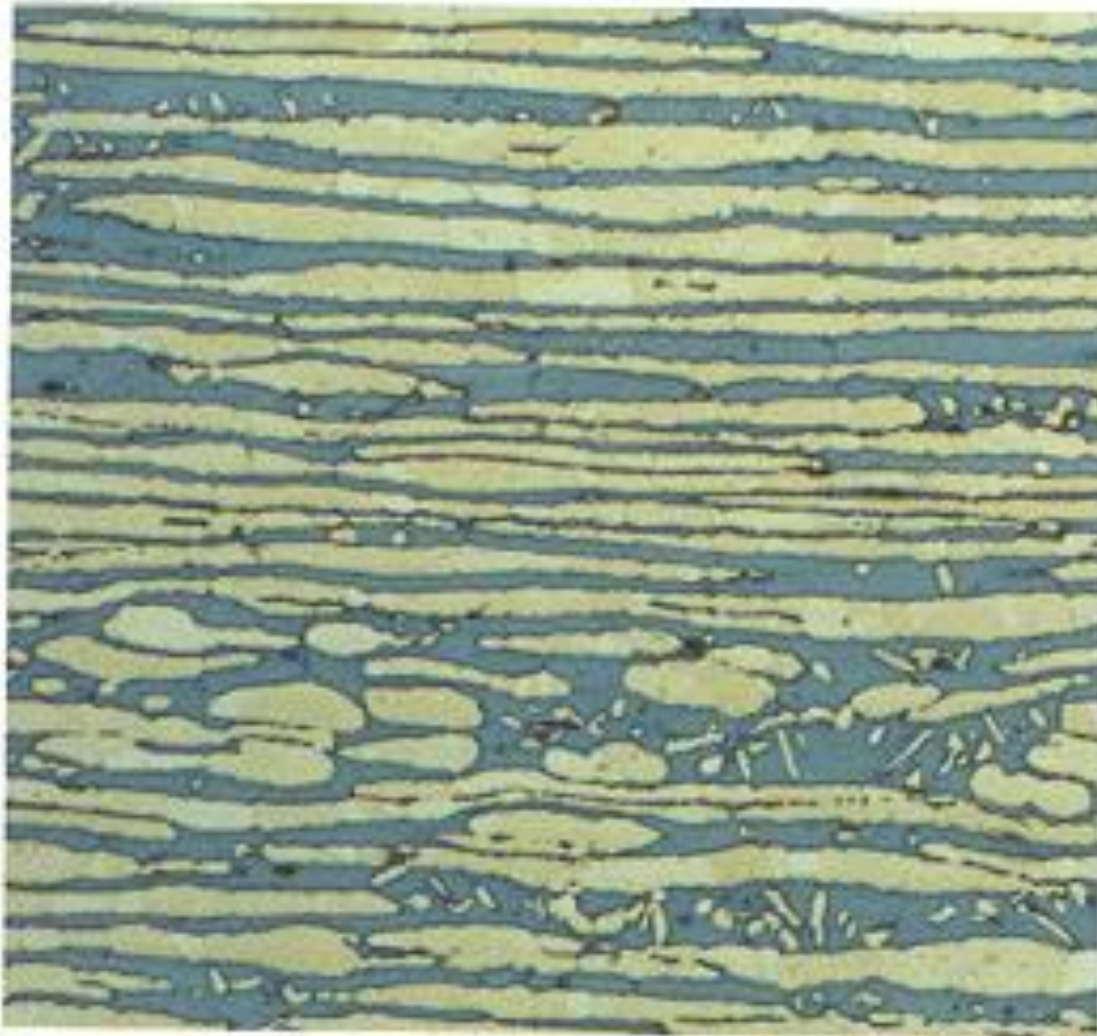
SÚPER-DUPLEX



FERRITA

AUSTENITA

Duplex Structure



Aços inoxidáveis Super-Duplex - Composição Química

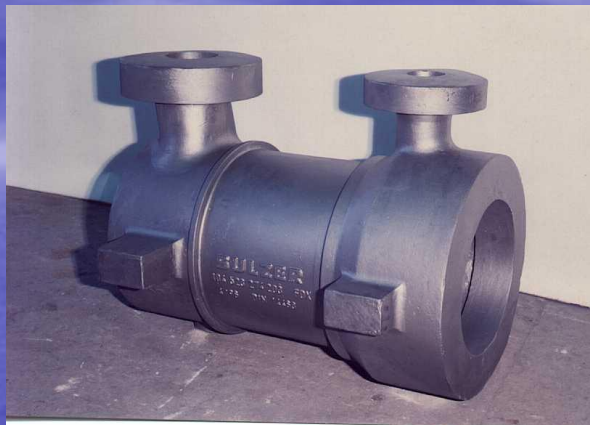
- Similar à dos aços duplex, com maiores teores de Cr, Ni, Mo e N e também com adições de Cu e W.
- São caracterizados por transformações e precipitação complexa, contendo frações volumétricas comparáveis de austenita e ferrita, com diferentes propriedades físicas e mecânicas.
 - ▶ Isto leva à evolução de níveis elevados de tensões internas, tornando o material susceptível à formação de trincas durante o resfriamento.
 - ▶ Esta fragilização é atribuída à precipitação da fase sigma nos contornos de fase.
- Os aços inoxidáveis súper-duplex são amplamente utilizados em ambientes contendo íons da família dos halogênios, principalmente por íon cloreto (Cl⁻). Os ambientes mais comuns, onde se utilizam esses materiais, são as águas de mar, onde as concentrações de NaCl variam de 3,0% a 21,0%.

- Os aços inoxidáveis superduplex têm propriedades mais nobres em relação aos duplex e apresentam uma superior resistência equivalente à corrosão por pite (P. R. E., **pitting resistance equivalent**) maior que 40, sendo o P. R. E. calculado pelas Equações 1 ou 2.

▶ **$PREN = \% Cr + 3,3\% Mo + 16\% N$** (Equação 1)

▶ **$PREW = \%Cr + 3,3(\%Mo + 0,5\% W) + 16\% N$**
(Equação 2)

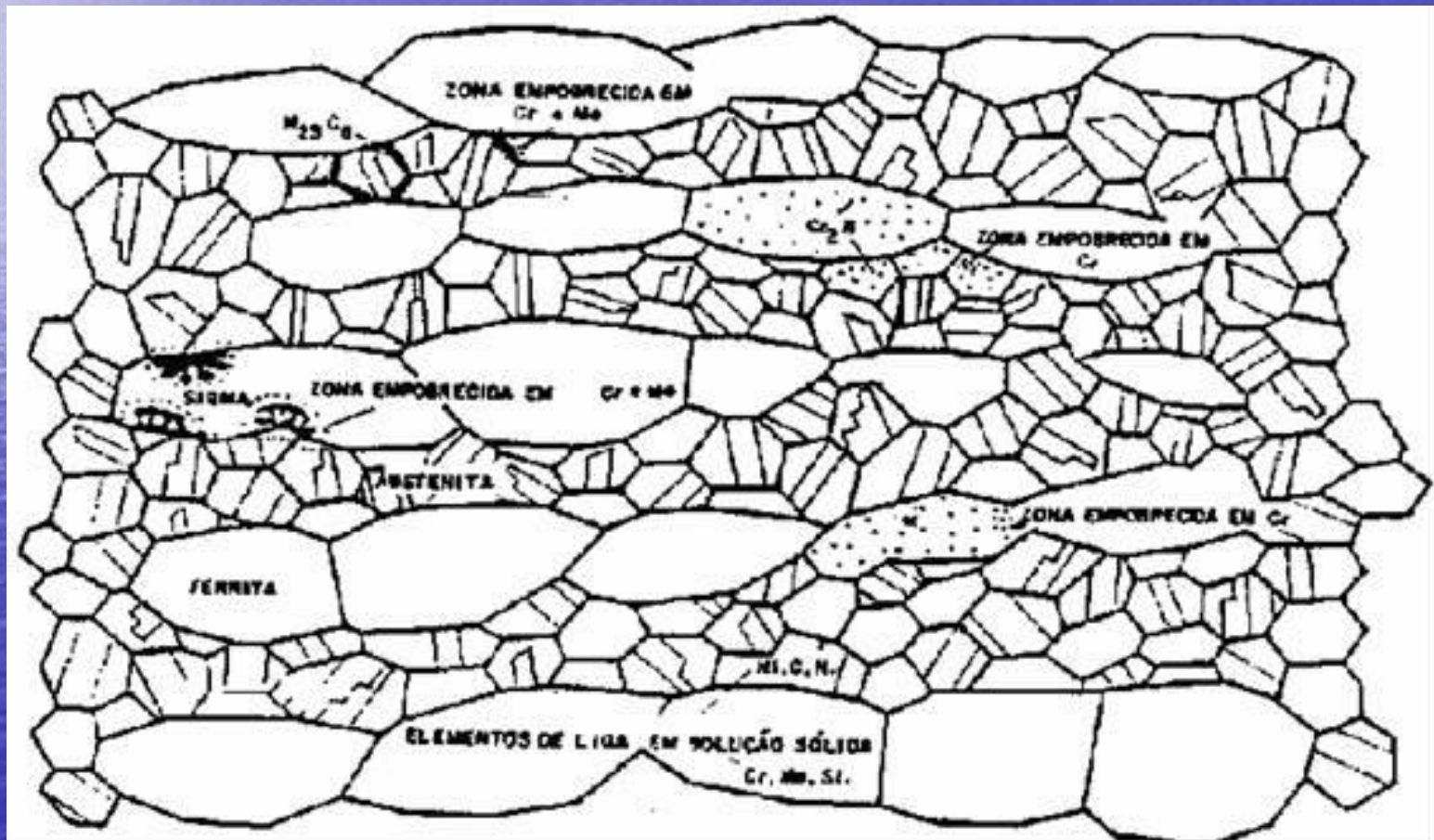
- APLICAÇÃO - Produtos

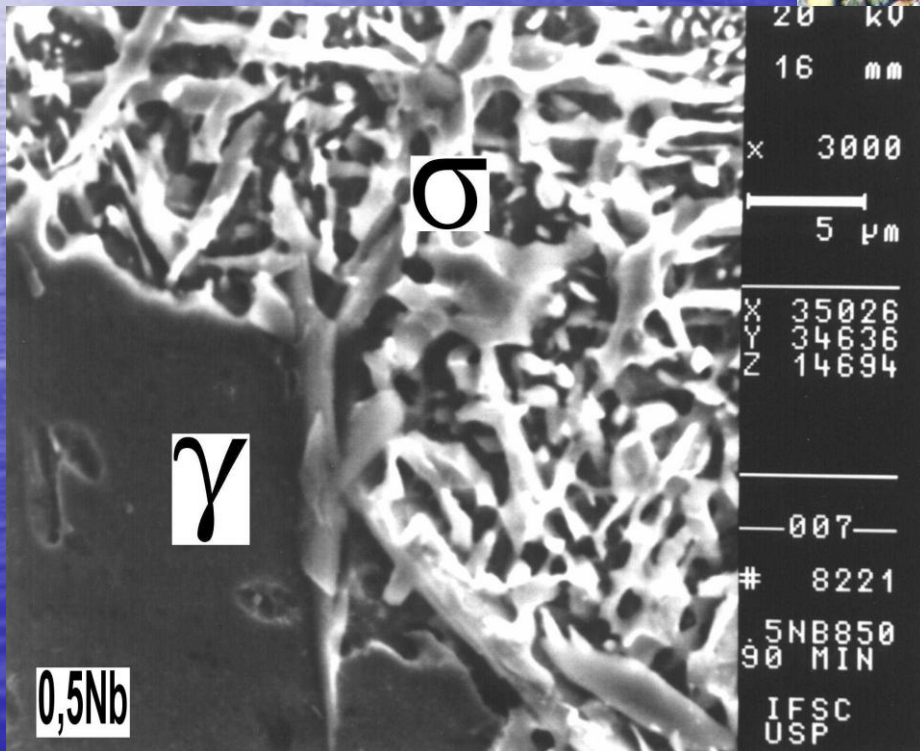
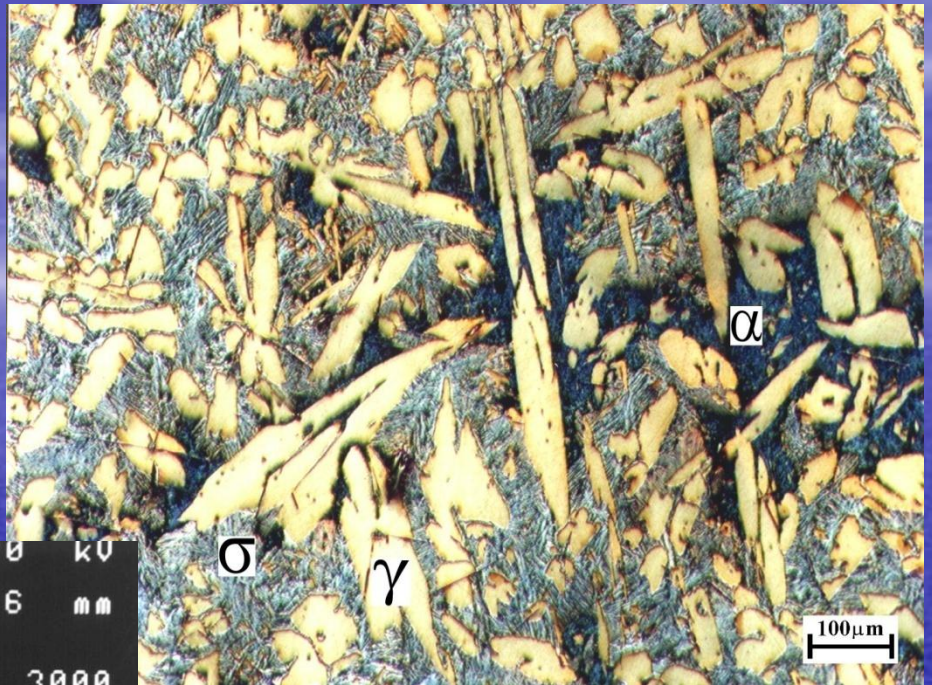




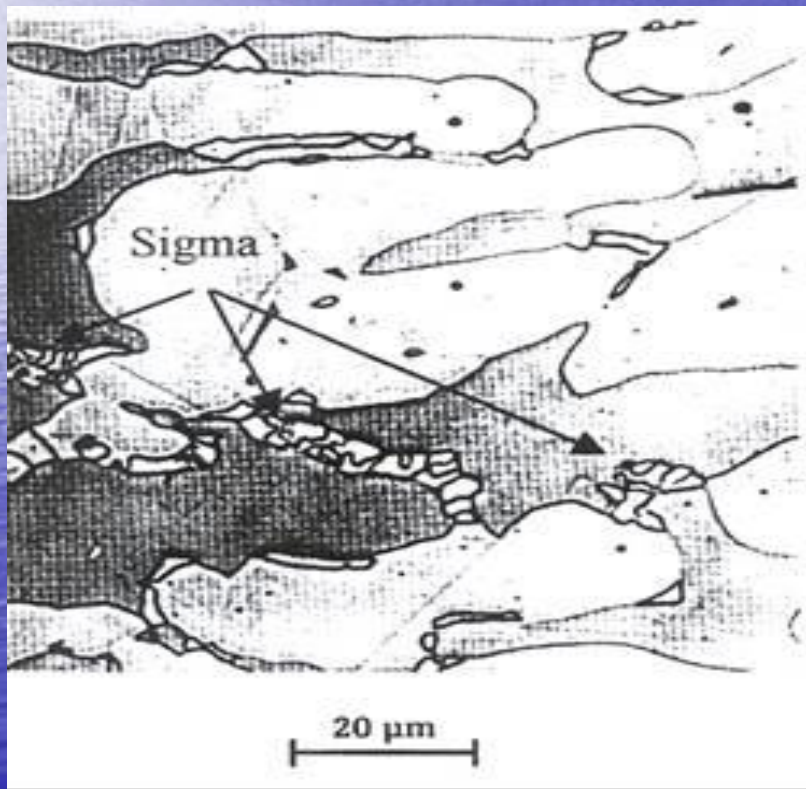
Precipitação de fases nos aços inoxidáveis duplex e súper-duplex

As principais fases que podem precipitar e influenciar as propriedades são: os carbonetos do tipo $M_{23}C_6$, a fase sigma, a fase α , os nitretos de cromo, austenita secundária, entre outros.

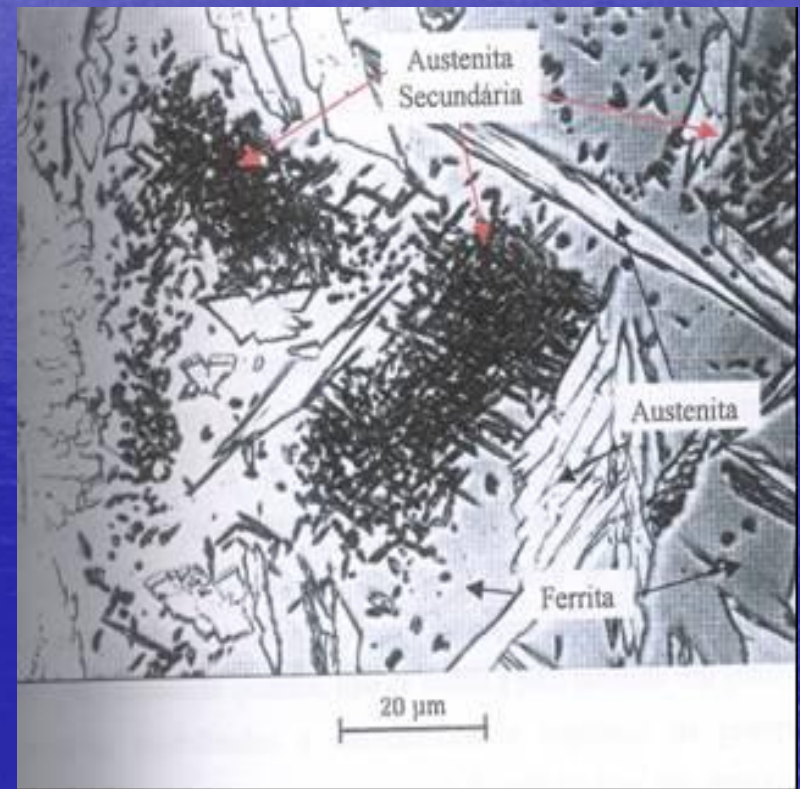


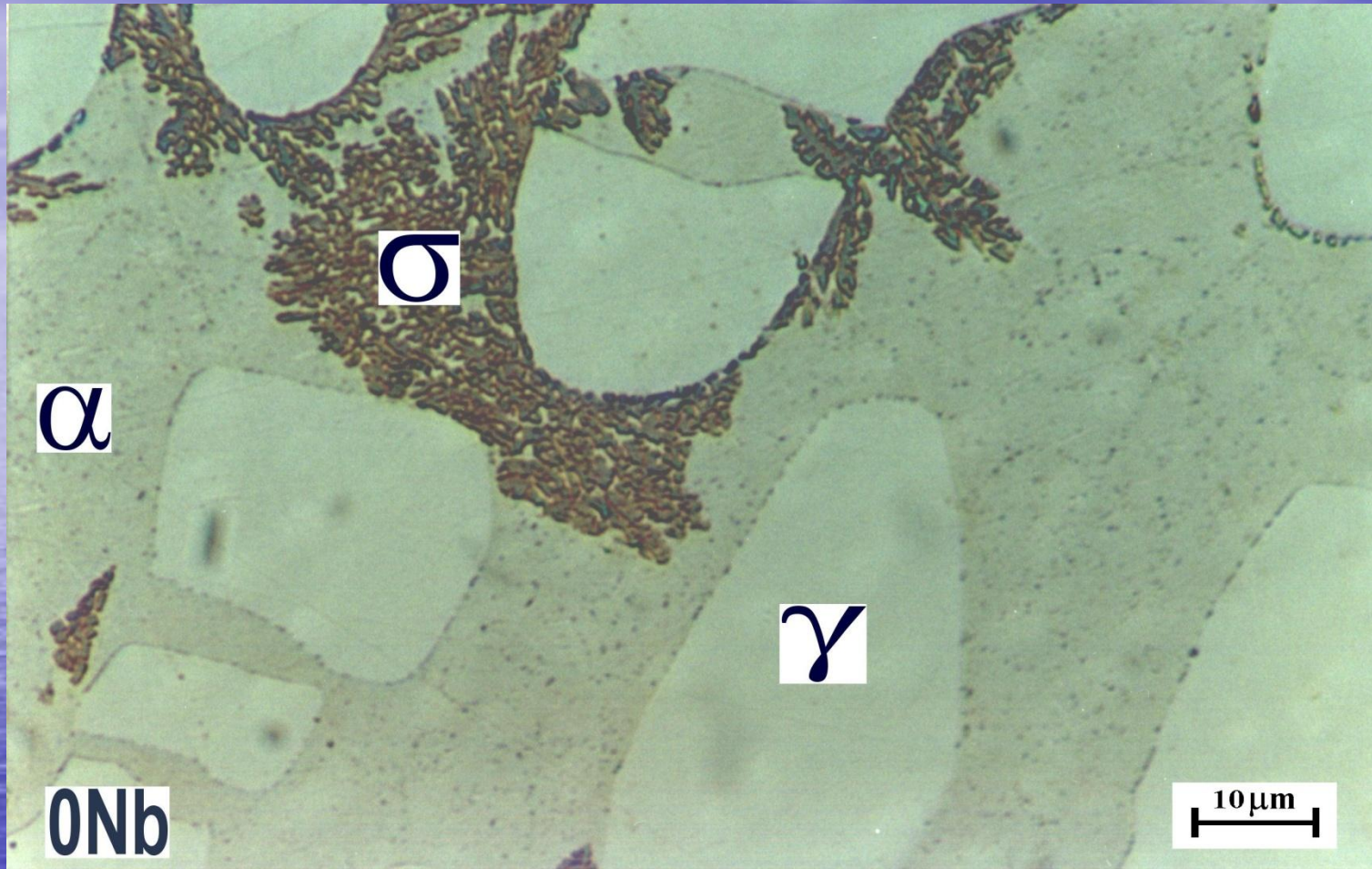


Precipitados grosseiros da fase sigma numa chapa de aço súper-duplex após 10 minutos a 1000°C



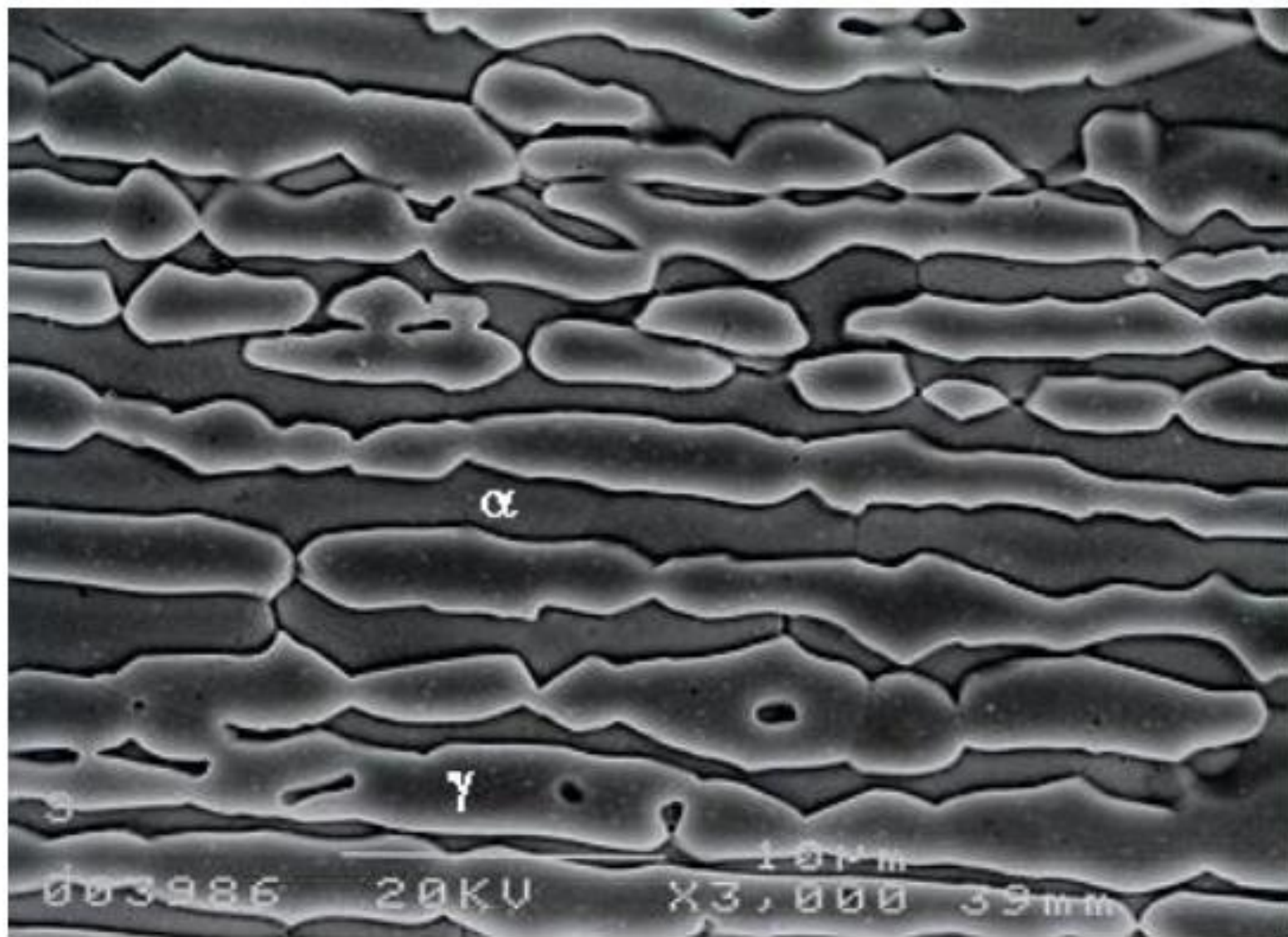
Micrografia da austenita secundária no metal de solda de uma liga súper-duplex





Precipitação de Fase Sigma após tratamento térmico de solubilização a 1120°C/30 min seguido de resfriamento em água e envelhecimento a 850 °C por 5 minutos.

DÚPLEX FERRITA- AUSTENITA





Customer: PETROBRÁS

Pump Type: GSG 150-360 1+5

***Fluid:* Sea Water**

Flow: 445 m³/h (1958 USGPM)

***Power:* 3287 HP**

***Total Weight:* 160 tons**

Dimensions (total):

- Length: 16 m (52,5 ft)

- Width: 7 m (23 ft)

- Height: 4,2 m (14 ft)



Customer:
RIPASA/SP - Papel Celulose

Pump Type:
NCH-300-350

Application:
residual water extraction

Flow: 1200 m³/h

Head: 24 m

Power: 150 HP

Resultados da dissertação de mestrado sobre Soldabilidade de Aços Inoxidáveis SuperDuplex

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo mostrar os resultados do estudo dos efeitos dos parâmetros de soldagem do aço inoxidável súper-duplex UNS S32750, com relação à microestrutura, ensaios de tração e metalografia, variação de microdureza na região da ZTA e o efeito da exposição entre 400 °C e 750°C durante vários ciclos (ciclagem térmica das uniões soldadas).

Composição química (% massa)

| Tipo | %Cr | %Ni | %Mo | %N | %C | %Mn | %Si | %P | %S | Bal. |
|--------------------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| UNS S32750 (SAF 2507) | 24,95 | 6,91 | 3,79 | 0,263 | 0,015 | 0,43 | 0,26 | 0,017 | 0,001 | Fe |

Propriedades mecânicas típicas do aço UNS S32750 à temperatura ambiente

| Aço | UNS | Estrutura | Limite Resistência MPa | Limite escoamento MPa | Alongamento (%) | Dureza Vickers (Max) |
|----------|--------|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| SAF 2507 | S32750 | Superduplex | 800 - 1000 | 550 | 25 | 290 |

Composição química do metal de adição ER317

| Classificação | %C | %Cr | %Ni | %Mo | %Mn | %Si | %P | %S | %Cu | %Nb |
|---------------|------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|------|------|------|------|
| ER317 | 0,06 | 18,5-20,5 | 13,0-15,0 | 3,0-4,0 | 1,0-2,5 | 0,30-0,65 | 0,03 | 0,03 | 0,75 | 0,60 |

Soldagem

A soldagem do aço UNS S32750 foi realizada pelo processo GTAW [TIG]

Foram confeccionadas 9 amostras soldadas. Destes, cada conjunto de 3 amostras foi submetido a parâmetros de soldagem diferentes, que serão chamados de amostras 1, 2 e 3.

Parâmetros de soldagem do processo GTAW:

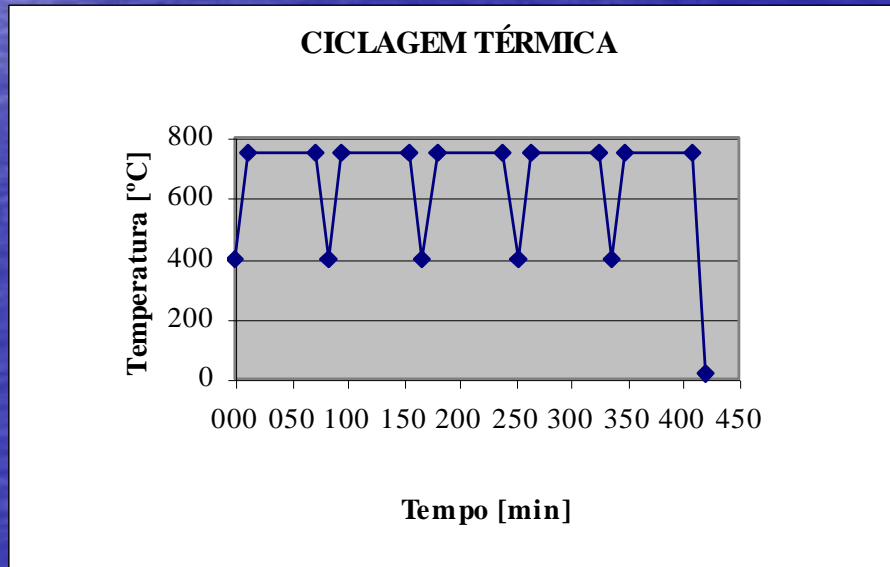
Corrente – Tensão - Fluxo de gás argônio - Velocidade de soldagem

| Parâmetros de Soldagem | Amostras | Corrente (A) | Tensão (V) | Fluxo de Gás Argônio (l/s) | Velocidade de Soldagem (cm/min) | Aporte Térmico (kJ/mm) |
|------------------------|----------|--------------|------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 1 | 92 | 10,4 | 18 | 7,2 | 0,8 |
| 2 | 2 | 143 | 12,6 | 22 | 8,4 | 1,3 |
| 3 | 3 | 283 | 20,4 | 22 | 10,2 | 3,4 |

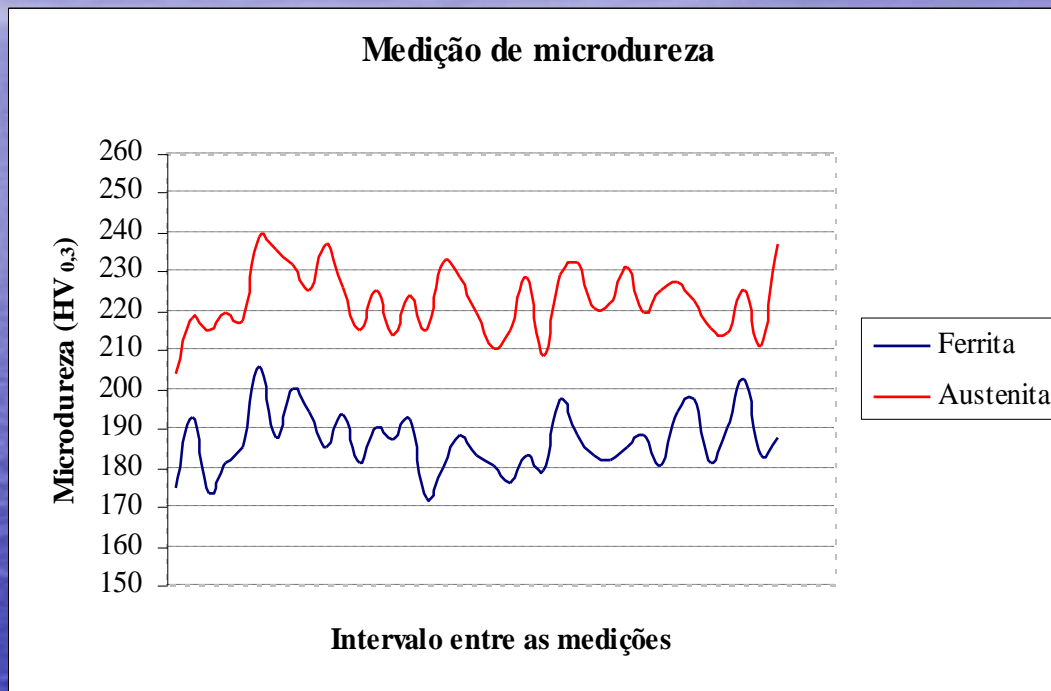
Ciclagem Térmica

A cada ciclo, 3 amostras submetidas aos parâmetros de soldagem 1, 2 e 3, foram aquecidas entre 400 até 750°C, permanecendo nesta temperatura por 1h.

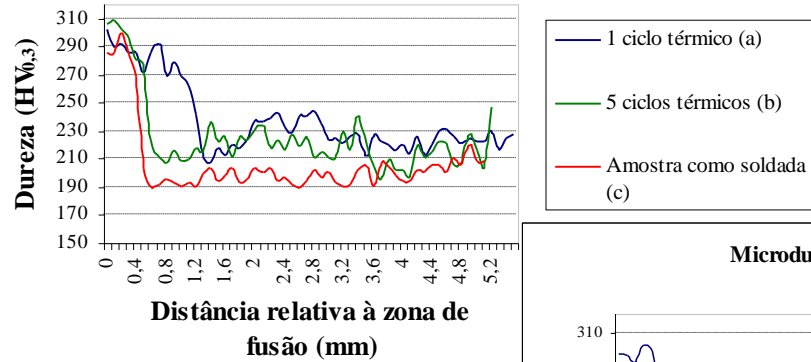
Esta faixa de temperaturas foi escolhida considerando que, uma possível aplicação no processo de refino de petróleo, durante seu processamento, pode atingir picos de temperatura de até 750°C. As temperaturas usuais de operação devem variar entre 550 e 600°C.



Comparação entre os valores de microdureza entre as fases ferrita e austenita

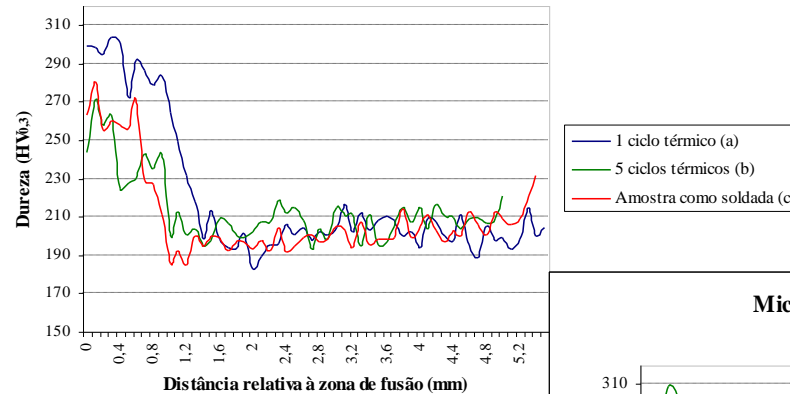


Microdureza - Conjunto de Amostras N° 1



0,8 kJ/mm

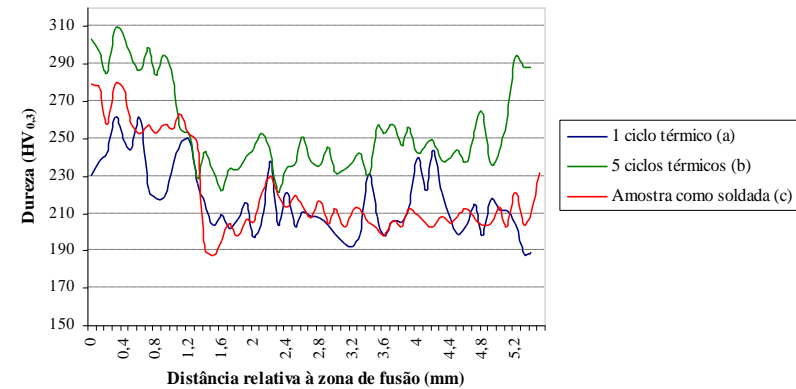
Microdureza - Conjunto de Amostras N° 2

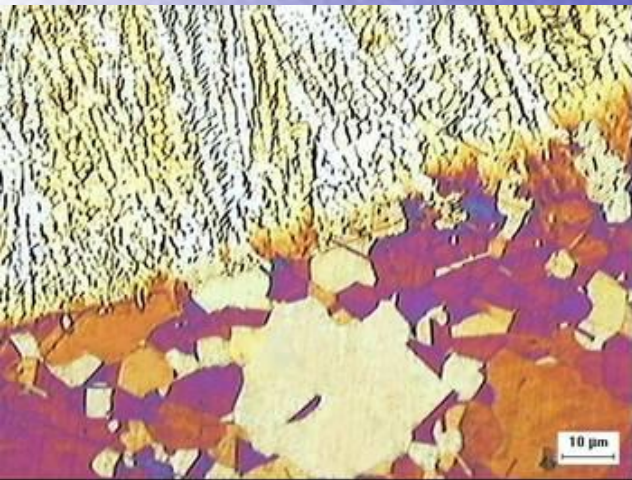


1,3 kJ/mm

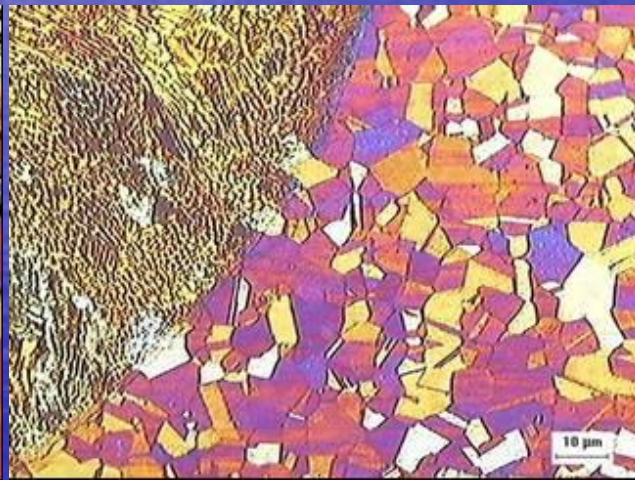
3,4 kJ/mm

Microdureza - Conjunto de Amostras N° 3

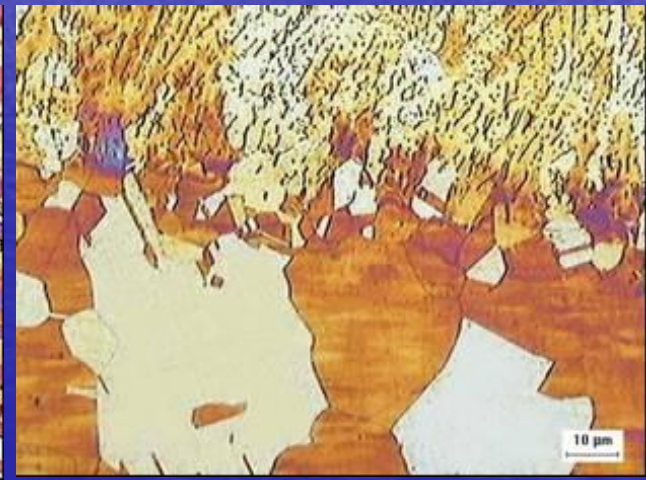




0,8 kJ/mm

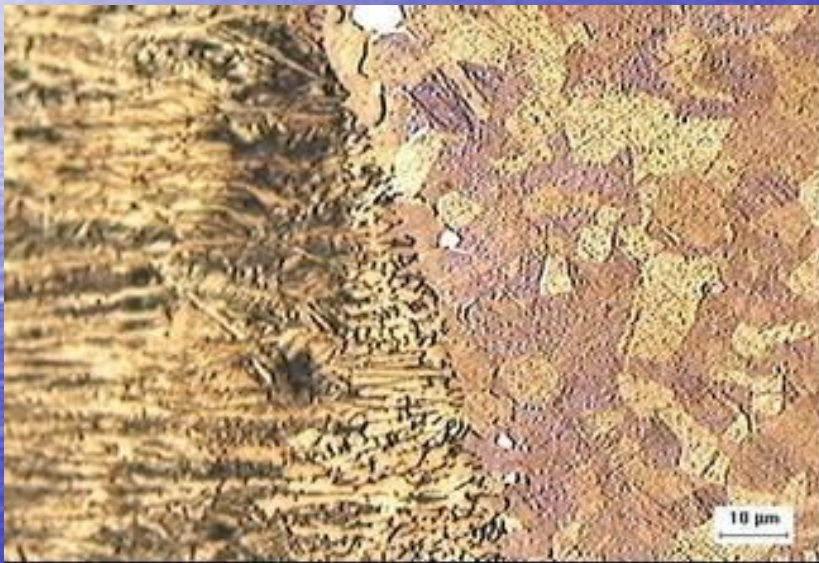


1,3 kJ/mm

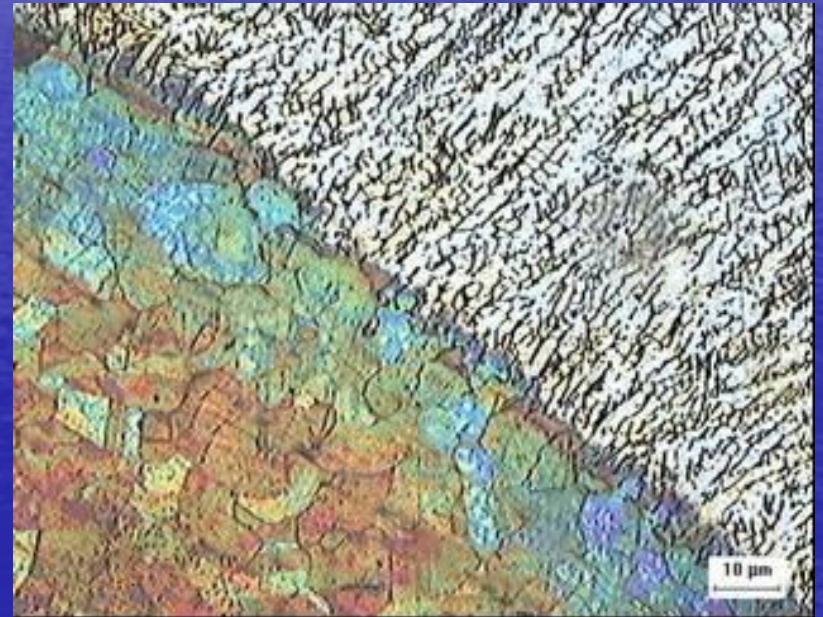


3,4 kJ/mm

0,8 kJ/mm

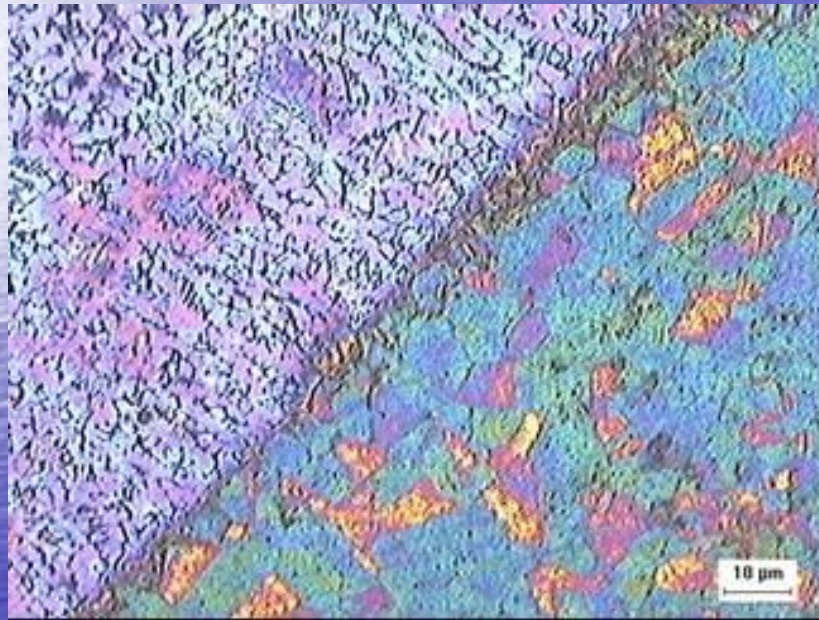


1 ciclo

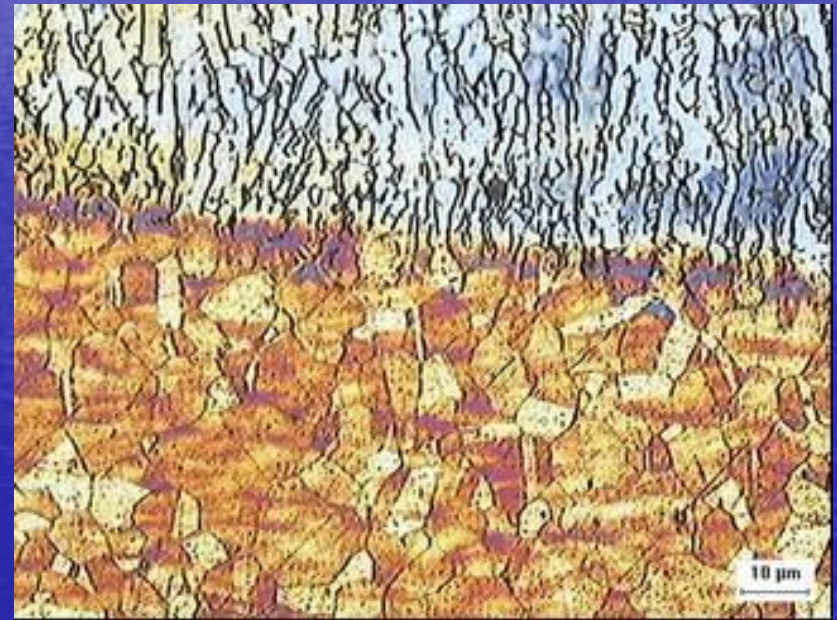


5 ciclos

1,3 kJ/mm



1 ciclo

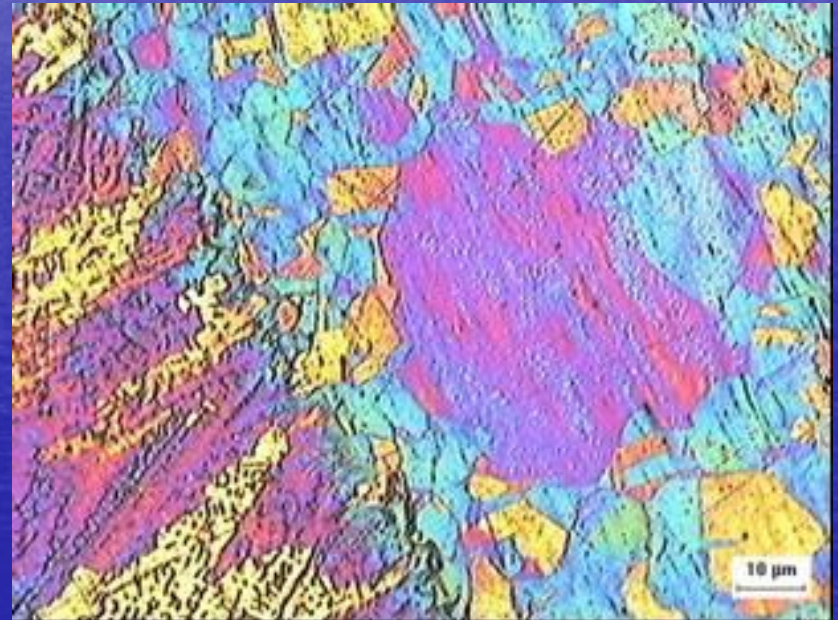


5 ciclos

3,4 kJ/mm



1 ciclo



5 ciclos

CONCLUSÕES

- A dureza tende a aumentar quando a energia de soldagem aumenta nas amostras na condição somente como soldada.
- Após ciclagem térmica das amostras, pode-se deduzir que para o aporte térmico de 0,8 KJ/mm, a dureza aumenta após 1 e 5 ciclos térmicos na ZTA.
- Com aporte térmico de 1,3 KJ/mm, com 1 e 5 ciclos térmicos, a dureza apresenta-se superior à amostra somente como soldada.
- Para o aporte térmico de 3,4 KJ/mm, após 1 ciclo térmico, a dureza diminui e após 5 ciclos, aumenta na ZTA.