

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DA FASE SIGMA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO UNS-S32760



Bacellar, Gabriel Campos¹; Rocha, Alexandre da Silva².



1: Aluno de graduação de engenharia mecânica, Laboratório de Transformação Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
2: Orientador: Prof.Dr.Eng., Laboratório de Transformação Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis duplex (DSS) e superduplex (SDSS) são ligas que se caracterizam por apresentar uma microestrutura composta por frações volumétricas próximas das fases ferrita e austenita. Dependendo da composição química e do tratamento termomecânico aplicado, a microestrutura dos aços inoxidáveis DSS e SDSS poderá apresentar, além das fases ferrita e austenita, fases intermetálicas deletérias. Na Tabela 1, é representada a composição química do aço inoxidável superduplex UNS-S32760, em estudo. Neste trabalho foi realizado um estudo com o objetivo de analisar a influência da precipitação das partículas de segunda fase, especialmente a fase sigma, nas propriedades mecânicas do aço UNS-S32760.

Tabela 1. Composição química (% peso) do aço inoxidável superduplex UNS-S32760.

	Cr	Ni	Mo	Cu	W	C	N	Mn	Si	P	S	Fe
Min	24,00	6,00	3,00	0,50	0,50	-	0,20	-	-	-	-	-
Max	26,00	8,00	4,00	1,00	1,00	0,03	0,30	1,00	1,00	0,03	0,01	Balanço

MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos-de-prova foram usinados conforme a norma ASTM-E9 nas dimensões da Figura 1. Posteriormente, os corpos-de-prova foram solubilizados na temperatura de 1140°C e, após sofreram tratamento térmico de envelhecimento de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Tempos e temperaturas de tratamento térmico

Temperatura °C	t1 (min)	t2 (min)	t3 (min)
700	20	50	120
900	20	50	120

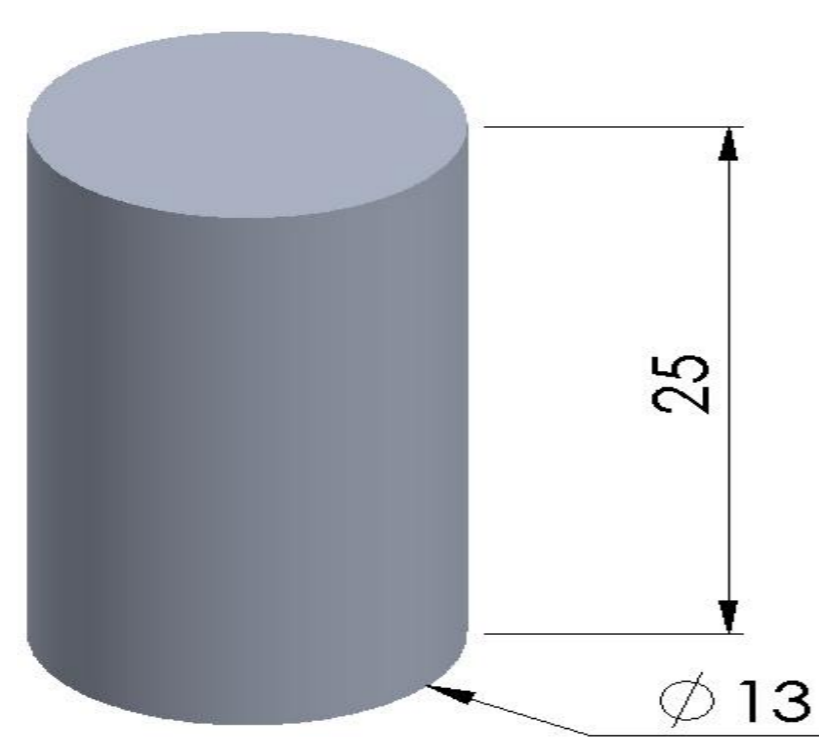


Figura 1. Corpo de prova confeccionado conforme a norma ASTM-E9

Para a caracterização do material, utilizou-se: (i) máquina de ensaios universal EMIC, modelo DL 60000 (parâmetros: velocidade da ferramenta igual a 3 mm/s, lubrificante Starrett M1), (ii) microdurômetro Insize, modelo ISH-R150 e, (iii) microscópio óptico Olympus, modelo GX51.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a microestrutura do material em estudo onde podem ser observadas: austenita (γ), ferrítica (δ) e fase sigma (σ).

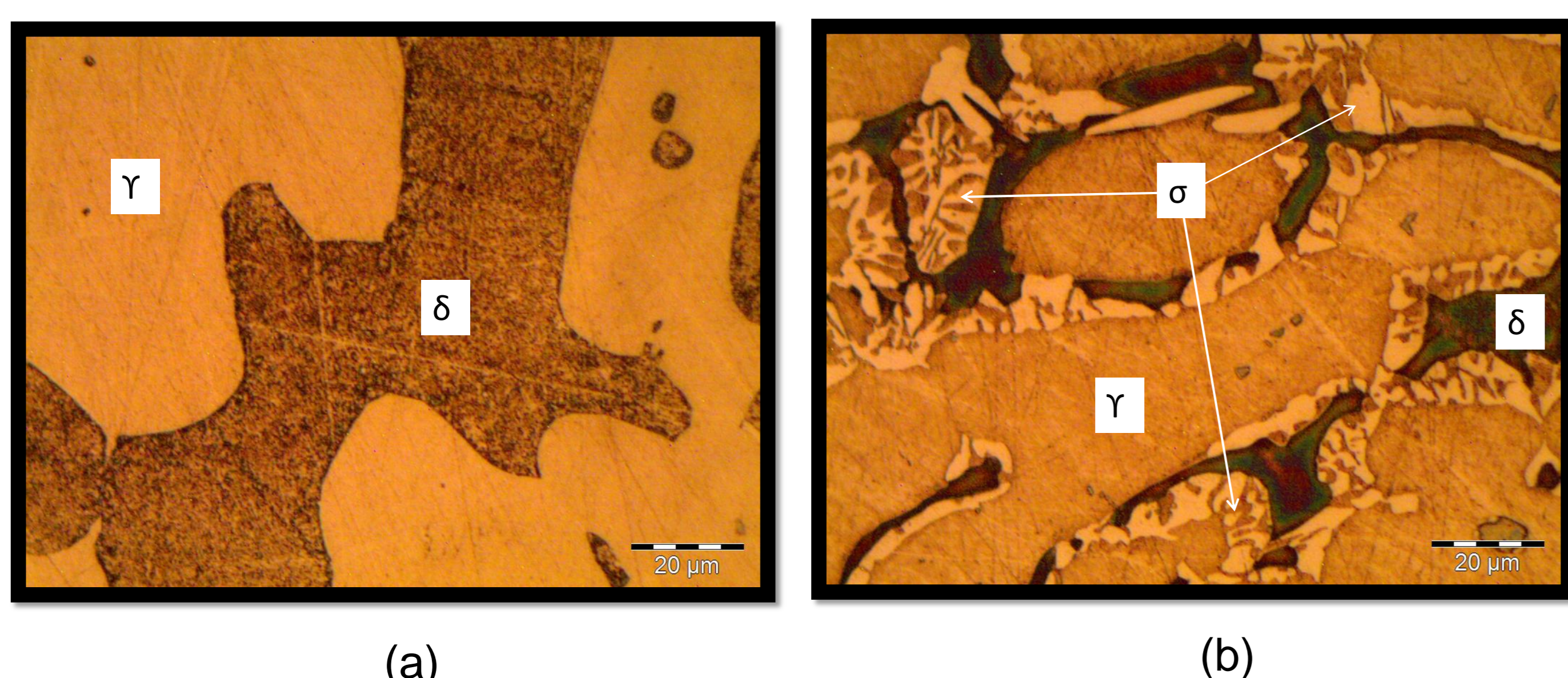


Figura 2. (a) seção transversal da amostra 700°C/120min. Ataque: Behara, 1000x
(b) seção transversal da 900°C/120min. Ataque: Behara 1000x

Para a conformação mecânica a região mais importante, é a região situada entre o limite de escoamento e o limite de resistência (zona plástica), a qual pode ser descrita pela equação de Ludwig-Hollomon (Equação 1). Na Figura 3, é possível observar que a tensão de escoamento foi fortemente influenciada pela temperatura de tratamento. As tensões subiram com o aumento da temperatura e a deformação máxima foi reduzida (queda de plasticidade).

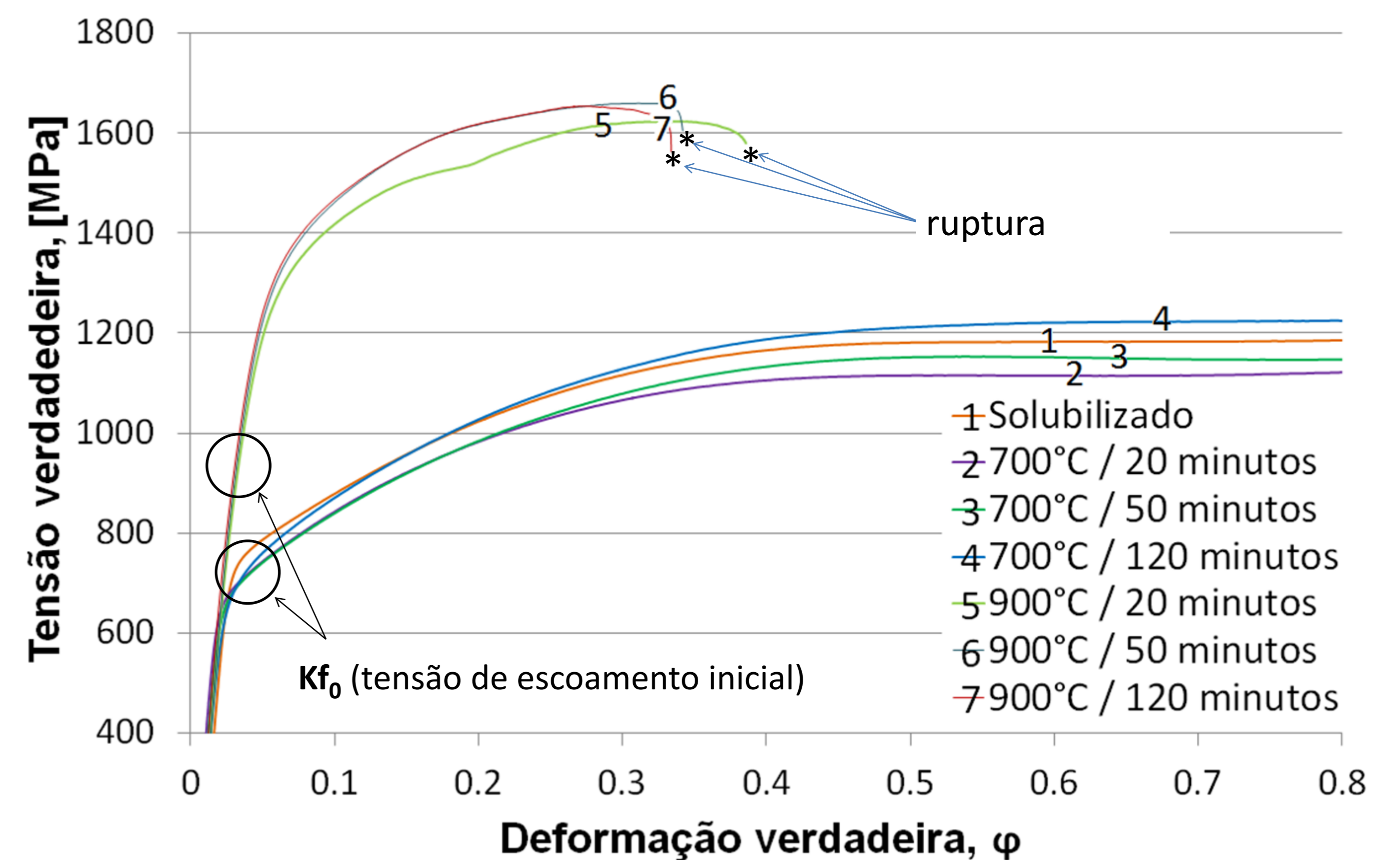


Figura 3. Curvas de escoamento

$$Kf = C\phi^n \quad \text{Eq. 1}$$

Onde 'n' é o coeficiente de encruamento, ' ϕ ' é a deformação e, 'C' o coeficiente de resistência.

Os dados obtidos através do ensaio de compressão, apresentados na Tabela 3, seguiram o ajuste correspondente à equação de Ludwig-Hollomon e os valores do coeficiente de ajuste, R^2 , são relativos à função potência.

Tabela 3. Dados relativos à dureza e tensão de escoamento.

Temperatura(°C)/Tempo (min)	Dureza (HV)	Kf ₀	C	n	$\phi_{ruptura}$	R ²
Solubilizado	260	740	1384	0,1901	>1	0,994
700/20	236	600	1296	0,1815	>1	0,9939
700/50	243	610	1332	0,1936	>1	0,9913
700/120	267	635	1430	0,2113	>1	0,9955
900/20	270	845	1670	0,178	0,61	0,9789
900/50	298	855	1741	0,1768	0,54	0,939
900/120	322	1060	2120	0,1833	0,39	0,9519

CONCLUSÕES

A análise da influência da precipitação de fases deletérias nas propriedades mecânicas do aço UNS-S32760 permite as seguintes conclusões:

- Os resultados demonstraram que as partículas de segunda fase, especialmente a fase sigma (σ), aumentam a tensão de escoamento e fragilizam o material.
- Observou-se uma relação direta entre a dureza e o tempo de exposição nas temperaturas analisadas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de pesquisa concedida.

REFERÊNCIAS

1. Alvarez-Armas, Iris. Degallaix-Moreuil, Suzanne. Duplex Stainless Steels, Wiley, 2009.
2. R.N. Gunn. Duplex stainless steels – Microstructure, properties and applications, Woodhead publishing Ltd., Cambridge, 1997.