

スーパー二相系ステンレス鋼 S32750

1 はじめに

二相系（オーステナイト・フェライト系）ステンレス鋼は、オーステナイト相とフェライト相で構成される材料で、SUS316L等のオーステナイト系ステンレス鋼と比べると、強度が高く、とりわけ塩化物環境下における耐孔食性、耐隙間腐食性および耐応力腐食割れ性に優れている。また、良好な熱間加工性と冷間加工性を示すので、熱間鍛造や冷間引抜き等の加工が比較的容易である。

これらの特長を活かし、古くから化学プラントや海水機器等の様々な用途に適用されている。近年では、極めて厳しい腐食環境で使用されるケースが増加し、より高機能な二相系ステンレス鋼の需要が高まりつつある。この需要に応えるため、当社では図1に示すように、高耐食性二相系ステンレス鋼SUS329J4Lの耐孔食性と強度を超えるスーパー二相系ステンレス鋼S32750をラインアップに加えたので、ここではその主な性質を紹介する。

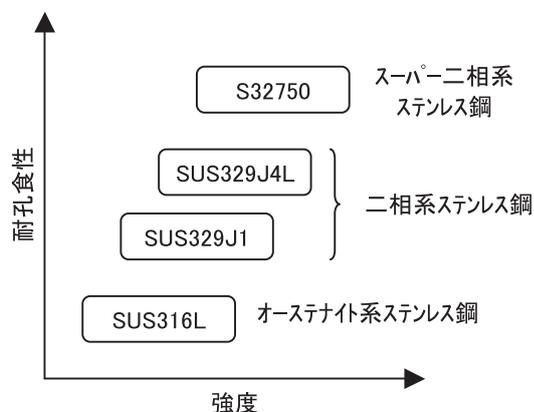


図1 S32750の位置付け

2 諸性質

2.1 化学成分

表1にS32750の化学成分範囲をその他の二相系ステンレス鋼と比較して示す。S32750の概略化学成分は、7%Ni-25%Cr-4%Mo-0.28%N-bal. Feで、耐孔食性の指標となるPRE（耐孔食性指数、 $PRE = \%Cr + 3.3\%Mo + 16\%N$ ）が40以上となるように設定されている。

2.2 物理的性質

表2にS32750の物理的性質を示す。組織に熱膨張の小さいフェライト相を含むため、オーステナイト系ステンレス鋼よりも熱膨張係数が小さい。比熱や熱伝導率はオーステナイト系とはほぼ同等である。

表2 S32750の物理的性質（SUS316Lと比較）

性質	単位	温度	S32750	SUS316L
磁性	-	室温	あり	なし
密度	g/cm ³	室温	7.77	7.97
ヤング率	GPa	室温	212	220
比熱	kJ/(kg・K)	100°C	0.47	0.48
熱膨張係数	10 ⁻⁶ /K	20~100°C	12.7	16.8
熱伝導率	W/(m・K)	100°C	14.0	15.1
電気比抵抗	μΩcm	室温	85	75

表1 二相系ステンレス鋼*1の化学成分（mass%）

鋼種記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	Cu	PRE
S32750	≤0.030	≤0.80	≤1.20	≤0.035	≤0.020	6.0~8.0	24.0~26.0	3.0~5.0	0.24~0.32	≤0.50	≥40
SUS329J1	≤0.08	≤1.00	≤1.50	≤0.040	≤0.030	3.00~6.00	23.00~28.00	1.00~3.00	-	-	32~34
SUS329J4L	≤0.030	≤1.00	≤1.50	≤0.040	≤0.030	5.50~7.50	24.00~26.00	2.50~3.50	0.08~0.30	-	35~38

*1 規格 棒鋼 : S32750; ASTM A479、SUS329J1 と SUS329J4L; JIS G 4303
鋼管 : S32750; ASTM A789、SUS329J1 と SUS329J4L; JIS G 3459

表3 S32750の室温における機械的性質

鋼種記号	引張特性				硬さ	シャルピー衝撃値	
	TP 形状	0.2%耐力(MPa)	引張強さ(MPa)	伸び (%)		絞り (%)	TP 形状
S32750	径 6xGL30	661	879	37	71	幅 10mm 2mmV	345
SUS329J4L		571	788	39	80		402
SUS316L		301	599	63	81		76 HRB

2.3 機械的性質

表3にS32750の機械的性質をSUS329J4LとSUS316Lの結果と比較して示す。S32750はSUS316Lに対して、MoとNが高いことと二相組織であることの効果で、引張強さが50%程度高い。またSUS329J4Lに対しては引張強さが約10%高く、延性も同等に良好である。衝撃特性も優れている。

2.4 ミクロ組織

図2にS32750の断面ミクロ組織写真を示す。フェライト相の素地にオーステナイト相が混在する組織を呈しており、各相はおよそ1：1の割合で存在している。

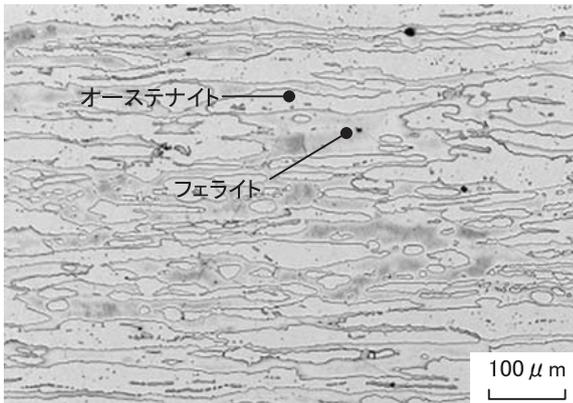


図2 ミクロ組織写真 (シュウ酸電解)

2.5 耐食性

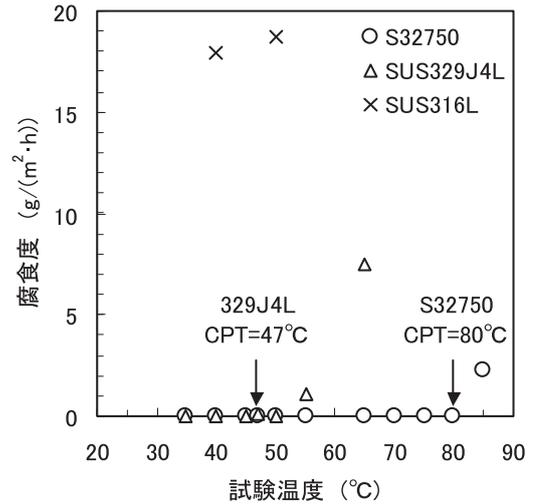
(1) 耐孔食性

図3にS32750の孔食試験結果を示す。S32750はMoとNの含有量が特に高いため、耐孔食性がとりわけ優れており、臨界孔食発生温度 (CPT) は80℃である。

(2) 耐応力腐食割れ性

図4に沸騰42%MgCl₂水溶液による応力腐食割れ試験結果を示す。S32750は、オーステナイト系ステンレス鋼のSUS316Lよりも耐応力腐食割れ性が非常に優れており、SUS329J4Lとほぼ同等である。

-試験名 : 塩化第二鉄腐食試験 (JIS G 0578)
-浸漬条件 : 6%FeCl₃水溶液にて 24h



CPT: 臨界孔食発生温度

図3 S32750の耐孔食性

-試験名 : 応力腐食割れ試験 (JIS G 0576)
-試験片 : 径 5mm, G.L.25mm
-試験溶液 : 沸騰 42%MgCl₂水溶液

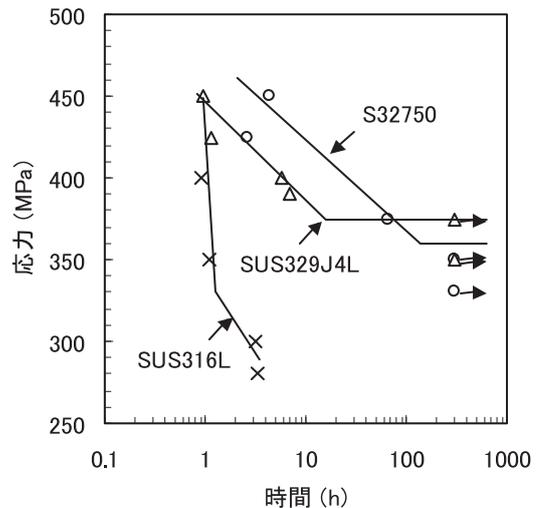


図4 S32750の耐応力腐食割れ性

2.6 冷間加工性

図5にS32750の冷間据え込み試験結果をSUS316Lと比較して示す。S32750は、良好な冷間加工性を示すSUS316Lとほぼ同等の加工性を有している。

図6にS32750の冷間加工におけるひずみと硬さの関係を示す。冷間加工により、S32750は最高440HV程度まで硬化する。

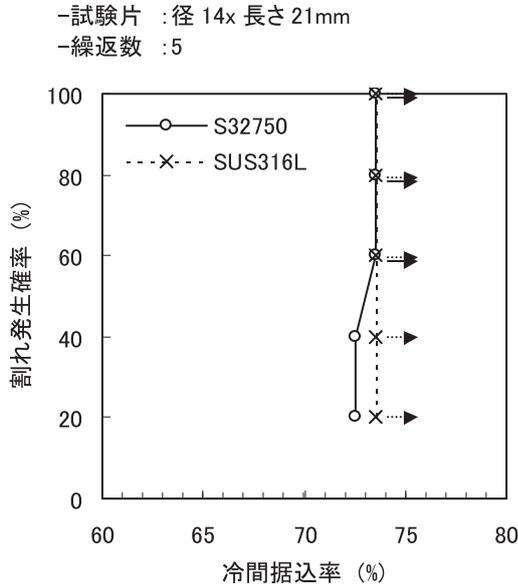


図5 S32750の冷間据込み性

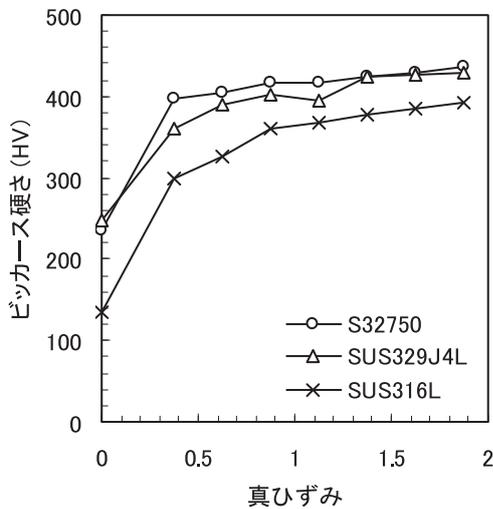


図6 S32750の冷間加工におけるひずみと硬さの関係

2.7 σ 相の析出特性

図7にS32750固溶化熱処理材における σ 相の時間-温度-析出線図を示す。S32750は、多量のCrとMoを含有しているために、800~900℃で保持された場合、短時間で σ 相が析出して耐食性や衝撃特性が劣化しやすい特性を有しており、注意が必要である。溶接作業などによって析出した σ 相は、規定の溶体化温度(1025℃)以上で熱処理すれば、解消される。

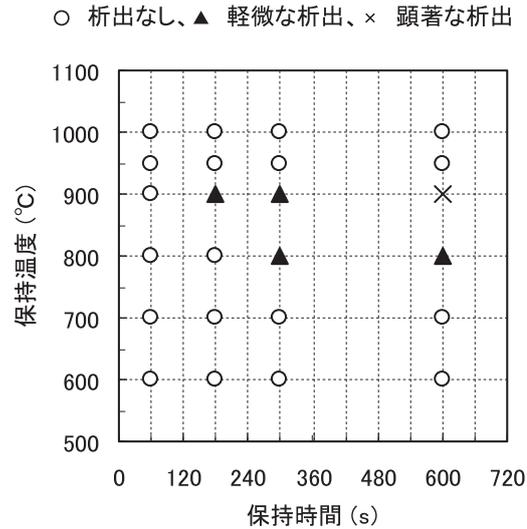


図7 S32750における σ 相の時間-温度-析出線図

3. 製造可能範囲

表4にS32750の製造可能範囲を示す。当社はS32750を丸棒と鋼管の形状で製造可能である。

表4 S32750の製造可能範囲

形状	仕上げ	製造可能範囲(mm)
棒鋼	ピーリング	外径 ϕ 16~400
鋼管 (継目無)	熱間仕上品	外径 ϕ 34.0~148.0、肉厚 3.0~25.0
	冷間仕上品	外径 ϕ 19.0~114.3、肉厚 1.5~16.0

4. まとめ

S32750は、非常に高い強度と耐孔食性を兼備し、さらにオーステナイト系ステンレス鋼よりもNi含有量が低いために、高いコストパフォーマンスを示す材料である。これらの優れた特性により、船舶用遠心分離器、ポンプシャフト、海水熱交換器配管や化学プラント配管等の用途に好適であり、その他の厳しい腐食環境に用いられる耐食材料としても需要増が期待される。