発電ボイラ用鋼管SUS347HTB

1．はじめに

近年、世界的な電力需要拡大に伴い、火力発電プラントの建設が増加している。この発電プラントのボイラチューブとして使用されている当社のボイラ・熱交換器用オーステナイト系ステンレス鋼管SUS347HTBを紹介する。

2．仕様

Table 1にJIS G 3463、SUS347HTBの要求事項を示す。

3．当社SUS347HTB鋼管の特性

3.1 化学成分及び製造工程

Table 2、Fig.1にそれぞれ、SUS347HTB鋼管の概略化学成分及び鋼管の製造工程を示す。

3.2 ミクロ組織と結晶粒度

Fig.2に代表的なミクロ組織と結晶粒度を示す。

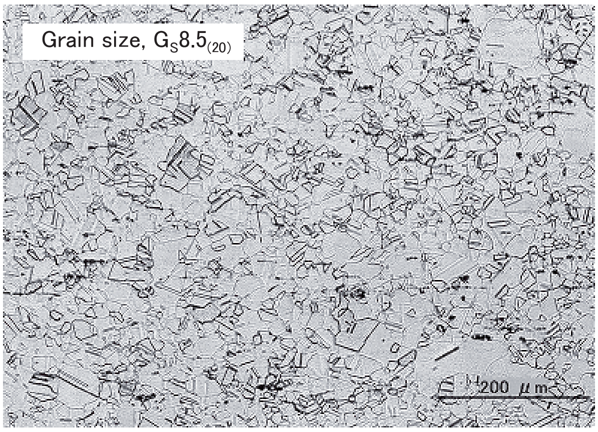


Fig.2　Microstructure

Table 1　Requirements of SUS347HTB tubes prescribed in JIS G 3463.

(1) Chemical composition/mass%

Grade	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Nb
SUS347HTB	0.04 to 0.10	1.00 max.	2.00 max.	0.030 max.	0.030 max.	9.00 to 13.00	17.00 to 20.00	8xC% to 1.00

(2) Condition for solution heat treatment : 1095℃ min., rapid cooling (Cold finished tubes)

(3) Mechanical properties

Tensile test			Hardness	Flattening	Flaring
Tensile Strength N/mm^2	Proof Stress N/mm^2	Elongation %	HRB	Height mm	O.D. mm
520 min.	205 min.	35 min*1	90 max.	1.09t/(0.09+t/D) min.*2	1.2D min.*2

*1　Outside diameter : 20mm min., Tensile test piece : JIS Z 2201, No.11 or No.12

*2　t : wall thickness (mm), D : outside diameter (mm)

Table 2　General chemical composition of SUS347HTB tubes.（mass%）

C	Si	Mn	Ni	Cr	Nb
0.07	0.5	1.5	11	18	0.7

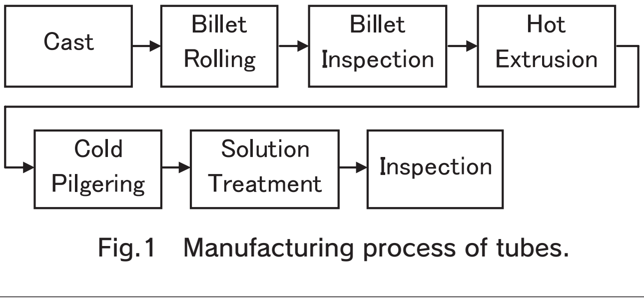


Fig.1　Manufacturing process of tubes.

Table 3　Mechanical properties at room temperature.

Tensile test					Hardness test	Flattening test		Flaring Test
Type of test piece	Gauge length mm	Tensile strength N/mm^2	0.2% proof stress N/mm^2	Elongation %	Hardness HRB	Height mm	Hight mm	Outside diameter mm
JIS G 3463 SUS347HTB	−	≧520	≧205	35	≦90	H≦35.8	Entire	1.2D
JIS No.12	50	632	332	50	80	Good (No crack)	Good (No crack)	Good (No crack)

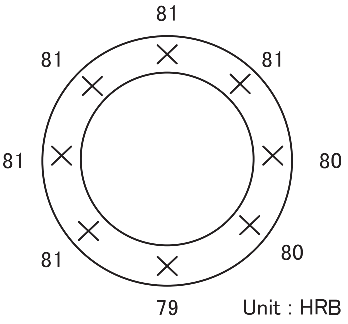


Fig.3　Cross sectional hardness profile.

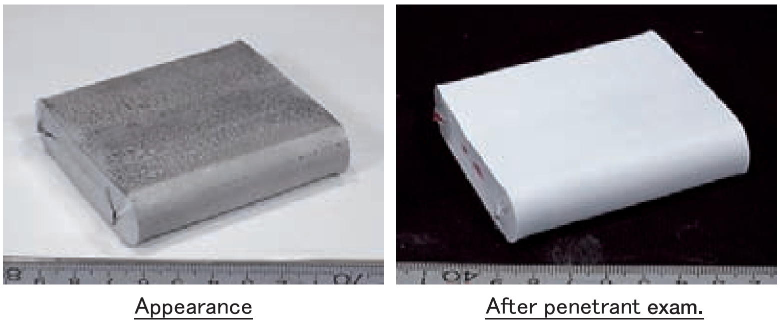


Fig.4　Result of flattening test.（Entire flattening）

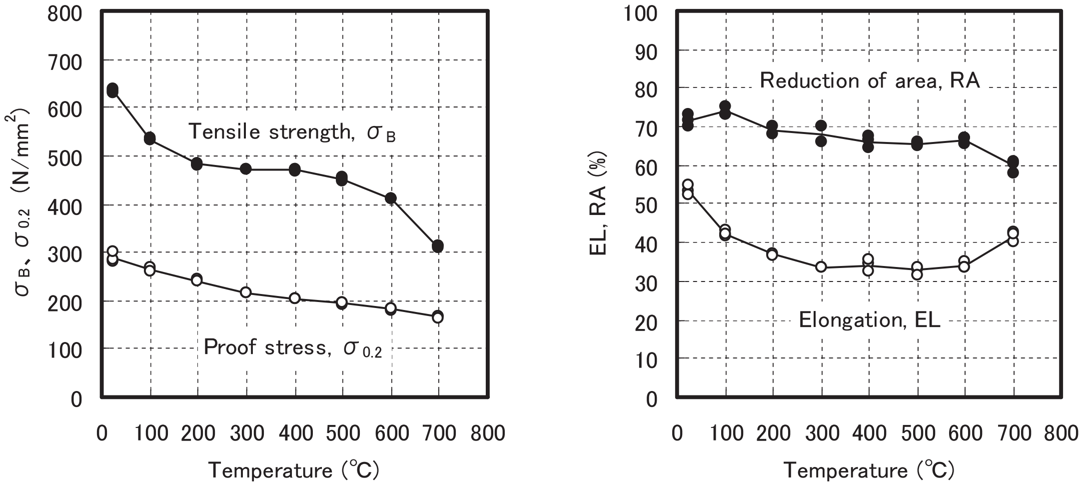


Fig.5　Results of tensile test at elevated temperatures.（Test piece：D=6mm type prescribed in JIS G 0567）

3.3 常温における機械的性質

Table 3、Fig.3、Fig.4にそれぞれ常温における機械試験の結果、鋼管断面の硬さ分布、へん平試験結果を示す。いずれも良好な機械的性質を示す。

3.4 高温における機械的性質

（1）高温引張試験結果（Fig. 5）

（2）クリープ破断特性

Fig.6にクリープ破断試験結果を示す。さらにFig.7に一般的なSUS347H鋼管のデータ[1]と比較するため、ラーソン・ミラー・パラメーターで整理した結果を示す。クリープ破断特性は一般的な347H鋼管と同等の破断特性を有している。

3.5 溶接継手の機械的性質

Table 4に機械試験に用いた溶接継手の溶接条件を示す。Fig. 8、Fig. 9、Fig. 10にそれぞれ、溶接継手部のマクロ写真、断面硬さ分布、ミクロ組織写真を示す。溶接継手にはマクロ的およびミクロ的な欠陥はなく、溶接部の硬さは母管と同等以上の硬さを有する。

Table 5、Table 6にそれぞれ、溶接継手部の引張試験結果、曲げ試験結果を示す。溶接継手部の機械的特性は何れも良好である。

4. 製造範囲と実績

製造範囲：外径16～114.3mm、肉厚1.5～17.5mm、長さ12.5m以下（長さ12.5～15mは要相談）

参考文献

1）日本鉄鋼協会　金属材料高温強度データ集　第2編 ステンレス鋼編, p.271.

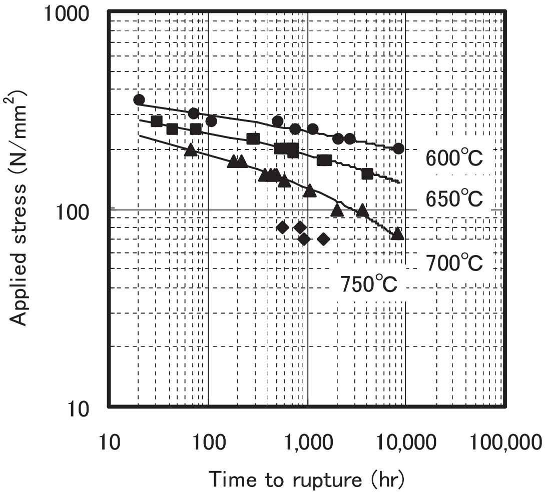
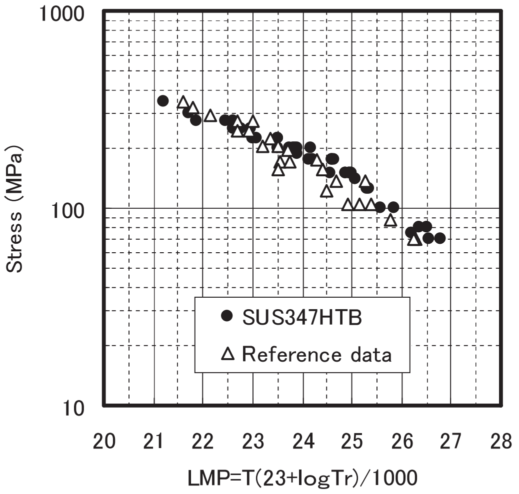


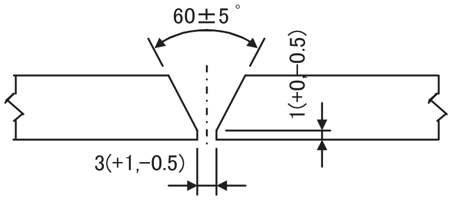
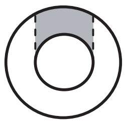
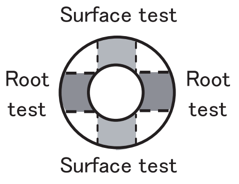
Fig.6　Results of creep rupture test
(Test piece : D=6mm, GL=30mm)



Reference material:114.3x14t−1120℃WQ
68.0x8t−1130℃WQ

Fig.7　Larson-Miller plots compared to conventional data of 347H tubes.

Table 4　Welding conditions of butt weld joint testing.

Item	Condition	
Base material	SUS347HTB(50.8x8.36W) + SUS347HTB(50.8x8.36W)	
Welding method	GTAW	
Covered electrode	WEL TIG 347, OD2.4mm	
Inert gas	Ar, 1200ml/min	
Pre-heating	−	
Post weld heat treatment	−	
Groove		
Welding position	Flat position	
Inter pass temperature	Less than 150℃	
Objective	Tensile test	Bending test
Number of layer	8	7
Electric condition	1−2 lay : 83−95A,13−15V 3−8 lay : 125A,15V	1−2 lay : 83−94A, 13−15V 3−7 lay : 125A, 13−15V
Speed (cm/min)	5.8−11.7	5.6−13.4
Liquid penetration exam.	Good	Good
Radiographic exam.	Good	Good
Test piece position		

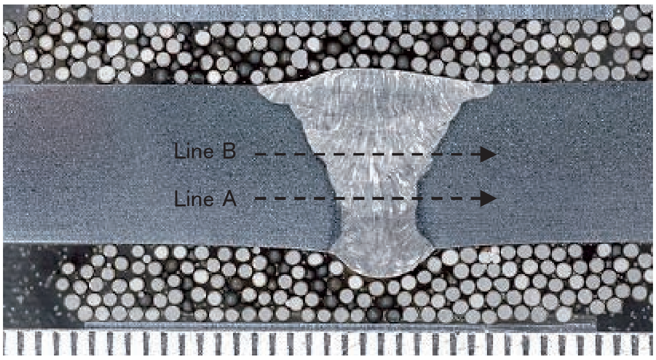


Fig.8　Macrostructure of the weld joint.

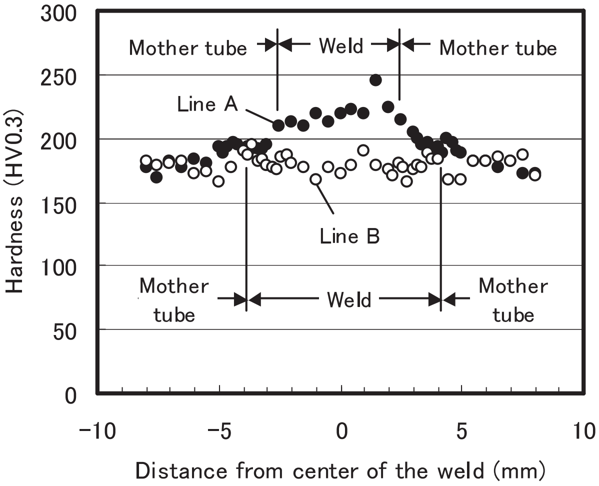


Fig.9　Hardness plots of the weld joint

Fig.10　Microstructures of the weld joint.

Table 5　Tensile test results of the weld joint.

−Test piece : JIS Z 3121, 3A Type

Gauge length mm	Tensile strength N/mm²	Proof stress N/mm²	Elongation %	Fracture site
−	≧520	≧205	≧35	−
50	647	367	39	Base metal

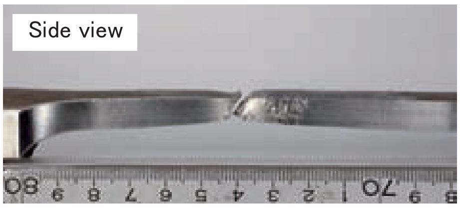
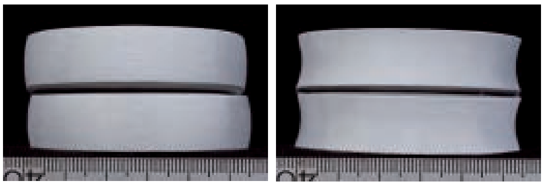


Table 6　Bending test results of the weld joint.

−W, T of test piece : 15mm, 8.4mm,
−Type of method : Roller bend test.
−Bending radius : 20mm(2.38t)
−Bending degree : 180 degree

No.	Surface Bend test	Root Bend test
1	Good	Good
2	Good	Good



Surface bent result　　Root bent result