

ス鋼は安定な炭化物を析出するが長時間この温度に加熱するとσ相があらわれる。1000h加熱後の組織を Fig. 5 に示す。黒色の斑点がσ相である。Nb 入りと Ti 入りとでσ相の析出のしやすさはこの実験ではわからなかつた。

(103) フェライトを含む不銹鋼のクリープ・ラプチャー強度

(高温用鋼管材としての AISI 321 型不銹鋼に関する研究—I)

Creep-Rupture Strength of Stainless Steel Containing Ferrite.

(Study on AISI 321 type stainless steel for steel tube used at elevated temperature—I)

Kiyoshi Yoshida, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

工 平野 坦・工 山本俊二・金田次雄

○ 吉田 清・理 森 憲二

I. 緒 言

321 型不銹鋼鋼管の用途は大別して耐蝕性の要求される化学工業用と耐クリープ性ならびに耐酸化性を必要とする高温高压ボイラー用鋼管とに大別され製作上用途に応じて相異つた観点から対処すべきであると考えられる。321 型不銹鋼の規格には $Ti > C\% \times 5$ と規定されているが化学工業用の場合は別として、ボイラー用などの高温耐熱材として使用される場合にはクリープ強度の観点からみた Ti 含有量と C 含有量との相互関係、熱処理による TiC の変化、および結晶粒度の変化、その他がクリープ強度におよぼす影響について検討し、Ti あるいは C のクリープ強度に対して果している役割を明確化するとともに現場操業における溶解および熱処理規準を確立しておく必要がある。

C はもつとも有力なオーステナイト生成元素であり、フェライト生成量に対してもいちじるしい影響をおよぼす。321 型不銹鋼は少量のフェライトを含む場合の方が溶接時の割れ感受性を減少せしめるといわれているが、

本報においてはクリープ強度におよぼすフェライトの影響を調査するために、極端な実験としてオーステナイト生成元素とフェライト生成元素を規格内の上限値または下限値にとることにより、オーステナイト均一相のみからなる 321 またはフェライトを多量に含む 321 L 型不銹鋼を溶製し供試材とした。さらにまたオーステナイト均一相のみからなる 321 型不銹鋼につき熱処理がクリープラプチャー強度におよぼす影響につき検討した。

II. 供 試 材

供試材は 500 kg 高周波電気炉により 250 kg 鋼塊を大気溶解し、さらにまた真空溶解により 5 kg 鋼塊を溶製した (造塊も真空中にて実施)。Ti 添加は金属 Ti にておこない両者の場合とも Ti 添加後可及的すみやかに出鋼した。また大気溶解材は高周波炉上に蓋を施し Ar ガスを流通せしめた。Table 1 に供試材の化学成分を示した。フェライトの析出量は溶着金属に対する Schaeffler's diagram により算出した。また 1 インチ丸棒に鍛造後、1100°C/1 h 保持水冷をおこなつた場合の結晶粒度 (オーステナイト) をも併記した。水靱処理後の硬度は真空溶解材、大気溶解ともに 321 L 型の方が低炭素であるにかかわらず硬度は高目であつた。Table 1 中の AIA は $Ti/C < 5$ 以下であるが、クリープ強度のみを対象とする時には $Ti/C > 5$ であることが必ず必要であるか否かを検討するために供試材とした。Photo (1) および (2) に真空および大気溶解による 321 L の組織を示した。

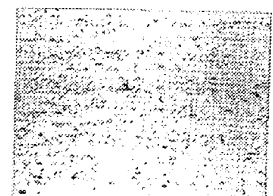


Photo. 1 321 (AIF) x100 (x1/2).

Photo. 2 321 (VIF) x100 (x1/2).

Photo. 1, 2 Microstructure of specimens after water toughening from 1100°C. much ferrite precipitate in these structures due to the adjustment of the balance between austenite former and ferrite former.

Table 1.

Type	Mark	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Ti	ΣO ₂	* Nsol	* Ninsol	Austenite grain size after water toughening from 1100°C diagram	Precipitated ferrite % estimated by Schaeffler's diagram	Melting atmosphere
321	VIA	0.069	0.65	1.98	0.009	0.009	0.02	12.73	16.72	0.58	0.0125	tr	0.0028	4	0	} Vacuum melting } Conventional melting
321L	VIF	0.004	0.68	1.97	0.015	0.006	0.03	9.16	19.71	0.53	0.0074	tr	0.0037	6	0	
321	AIA	0.10	1.00	1.75	0.009	0.011	0.03	12.89	17.61	0.23	0.0110	0.0014	0.0106	6	0	
321L	AIF	0.025	0.98	1.84	0.010	0.011	0.03	9.11	20.16	0.24	0.0118	0.0006	0.016	5.5	14	

* Soluble and insoluble nitrogen are separated with (1+1) HCl.

Table 2. Results obtained by creep rupture test.

Type	Mark	Testing temperature (°C)	Stress kg/mm ²	Minimum creep rate %/h	Rupture time h	Elongation after rupture %	Reduction of area after rupture %	Heat treatment
321 (AIA)	E ₄	550	40.0	0.023	63.2	17C	23	1100°C/1h →W.Q
"	E ₆	"	35.0	0.0037	445.4	12C	22	
"	E ₂	"	32.0	0.00084	813.6	13C	15	
321L (AIF)	F ₂	"	32.0	1.64	62	33C	73	
"	F ₈	"	24.0	0.0286	517.9	40	53	
"	F ₄	"	22.0	0.0075	870(中止)	—	—	
321 (AIA)	E ₃	650	25.0	0.096	44.4	37	49	
"	E ₅	"	19.0	0.0058	377.1	32	34	
"	E ₁	"	15.0	0.00173	2334.7	32	52	
321L (AIF)	F ₁	"	15.0	0.030	348.2	43	57	
"	F ₃	"	12.0	0.0057	1531.3	40	38	

III. クリープ・ラプチャー試験

Table 1 記載の大気溶解材である 321 (AIA) および 321 L (AIF) のおのおのを供試材として 550°C および 650°C の両試験温度において種々の応力下でクリープ・ラプチャー試験をおこなった。熱処理としては 1100°C / 1h → W.Q. の水靱処理をおこなった。試験結果を Table 2 に示した。Fig. 1 は応力-ラプチャー時間曲線である。Fig. 1 より明らかのごとく 550°C, 650°C の両試験温度においてフェライト析出量の多い 321 L は 321 に比してラプチャー強度は常に低値を示している。また 321 (AIA) は前述のごとく Ti/C < 5 であるがいずれの温度においても ASTM の平均値よりかなりすぐれた値を示している。321 L は 550°C では ASTM の平均値よりかなり低い値を示しているが 650°C では ASTM の平均値またはそれ以上の値を示している。この点は興味深い現象であり後述のごとく光学ならびに電子顕微鏡的にも 550°C と 650°C との両試験温度では顕著な差異が認められる。

IV. 実験結果

以上の実験結果を要約すればつぎのとおりである。

1) 1100°C/1h → W.Q. なる処理をおこなった Table

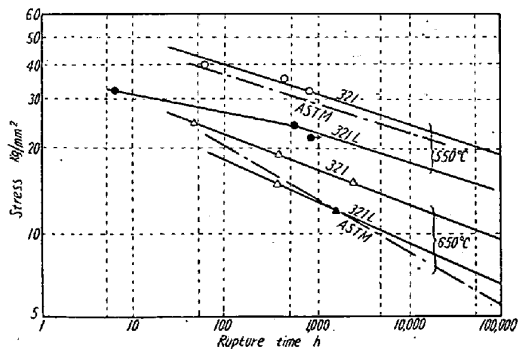


Fig. 1. Relation between stress and rupture time.

1 記載の成分を有する 321 (AIA) および 321 L (AIF) について実験の結果 フェライトを大量に含む 321 L は 550°C および 650°C におけるクリープ・ラプチャー試験の結果ラプチャー時間はオーステナイト均一相の場合に比しいちじるしく低い値を示している。

2) 上記実験において Ti/C < 5 なる 321 (AIA) は両試験温度において ASTM の平均値に比しかなり良好な結果を示しており、かかる短時間のラプチャー試験結果を長時間まで外挿しうるものとするれば Ti/C > 5 なることの必要性および表現方法については再検討の必要があると考えられる。

(104) オーステナイト不銹鋼のクリープ・ラプチャー強度

(高温用鋼管材としての AISI 321 型不銹鋼に関する研究—II)

Creep-Rupture Strength of Austenitic Stainless Steel

(Study on AISI 321 type stainless steel for steel tube used at elevated temperature—I)

Hiroshi Hirano, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

工〇平野 坦・工 山本俊二・金田次雄

吉田 清・理 森 憲二

I. 緒 言

前報においてフェライトを極端に多量含む場合のクリープ・ラプチャー強度におよぼす影響について述べた。本報においてはオーステナイト均一相のみからなる真空中、大気中両溶解法により溶製した 321 型不銹鋼につき