

Fig. 4. Ageing time-hardness curve of 20Mn-15Cr-V-N steel.

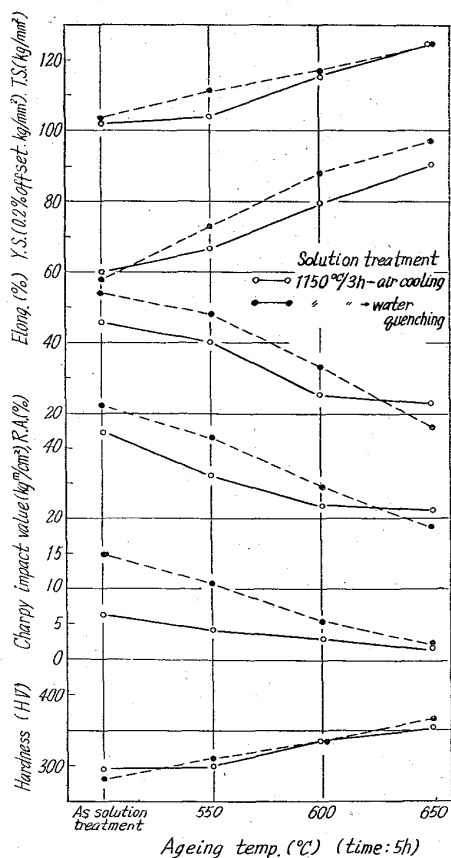


Fig. 5. Effect of Ageing temperature on mechanical properties of 20Mn-15Cr-V-N steel.

による影響は認められない。

文 献

- 1) 西原, 中野, 後藤, 前田: 鉄と鋼, 46 (1960) 3, p. 1344
- 2) 西原, 中野, 後藤, 佐野: 鉄と鋼, 47 (1961) 3, p. 464

85/86, 891
669, 14, 018, 85: 669, 1782, 59
(154) 耐熱合金への RE-Ca-Si 合金の添加

63344

(ステンレス鋼に対する希土類元素処理—Ⅲ)

早稲田大学理工学部 1553~1555

工博 長谷川正義・○佐野正之
東化工 工博 田辺伊佐雄

Addition of Rare Earth-Ca-Si Alloys to Heat Resisting Alloys.

(Modification of stainless steels by means of rare earths addition—Ⅲ)

Dr. Masayoshi HASEGAWA, Masayuki SANO and Dr. Isao TANABE.

I. 緒 言

前報までに鋼に対する希土類元素 (以下 RE と記す) 処理の効果に関する研究の一部として, ステンレス鋼 (AISI 201, 202, 304 および 430), ステンレス合金 (Carpenter 20) などを, 少量の市販 RE-Ca-Si 合金で処理した場合の影響について報告し, とくに熱間加工性や高温の機械的性質の改良, および粒界腐食に対する抵抗の増加などを明らかにした。

この第3報ではさらに, 熱間加工性および高温強度を必要とする耐熱材料のうちから Timken 16-25-6, Nimonic 90, Fe-Al 系の3種の耐熱合金を選び, 少量の RE 合金で処理した場合の効果について検討した結果を報告する。

II. 実験方法

試料の溶解は前回と同様に, 実験室の小型高周波溶解炉により 4kg のインゴットを溶製した。使用した RE-Ca-Si 合金は市販のもので, その主要組成は T. RE: 31.7%, Ca: 8.6%, Si: 46.4% である。添加量は何れの場合も RE 合金として 0.15~0.6 wt% (RE としては約 0.05~0.2%) とし, 出鋼の直前に炉内添加した。試料は Timken 系 (試料記号: RT-) が 4 種, Nimonic 系 (RN-) が 3 種, Fe-Cr-Al 系 (RC-) が 5 種の合計 12 鋼種で, これらの鋼塊は 18mm~10mm φ に鍛伸して供試材とした。

III. 実験結果

(1) 化学分析および熱間加工性

供試材の化学分析結果を Table 1 に示した。なお表中, RE については RE 合金としての添加量を示した。

鍛伸は 150 lb スプリング・ハンマーを用いたが, 加工温度はもちろん合金の種類によつて異なる。すなわち Timken 系では, 約 1000°C に予熱後, 1250~1350°C に 15 mn 保持し, 上限 1050~1100°C, 下限 900°C の範囲で鍛造した。小試片のため 25mm φ に鍛伸するま

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Specimen		Chemical compositions								Addition of RE-Ca-Si alloy
Type	No.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Co or Mo	Al	Others	
Timken 16-25-6	RT-10	0.117	0.77	2.11	16.62	22.69	Mo 6.97	—	N 0.039	none
	20	0.085	0.43	1.91	15.91	22.54	Mo 7.25	—	N 0.051	0.15(0.048)*
	30	0.122	0.57	2.04	17.14	21.61	Mo 6.65	—	N 0.064	0.3 (0.095)*
	40	(0.10)	0.38	2.10	17.21	22.58	Mo 6.95	—	N 0.034	0.6 (0.190)*
Nimonic 90	RN-10	0.088	0.53	0.24	19.97	58.03	Co 14.08	1.13	Ti 1.80	none
	20	0.080	0.43	0.26	21.48	55.85	Co (15.0)	0.70	Ti 1.28	0.15(0.048)*
	30	0.065	0.27	0.33	22.64	56.26	Co 15.05	0.87	Ti 1.58	0.3 (0.095)*
Fe-Cr-Al	RC-10	0.088	0.44	0.90	29.21	—	—	6.10	—	none
	11	0.084	0.47	0.82	27.82	—	—	6.38	—	none
	20	0.080	0.37	0.85	28.88	—	—	(6.0)	—	0.15(0.048)*
	30	0.094	0.56	0.94	27.57	—	—	6.43	—	0.3 (0.095)*
	40	0.081	0.46	0.83	28.87	—	—	6.15	—	0.6 (0.190)*

* A parenthesized passage shows amounts of total, R. E. among R. E.-Ca-Si alloy added.

での再加熱回数は RT-10 (RE: none) が 7 回, RT-20 (RE 合金: 0.15% 添加) が 6 回, RT-30 (RE 合金: 0.3% 添加) が 5 回であり, RE 処理により鍛造加工が容易となつて, 加工回数が減少することを作業的に経験した。

Nimonic 系は 900~1000°C に予熱した後, 1250~1300°C に昇温し, 15 mm 保持後 1000~1050°C の温度範囲で加工した, 25 mm φ まで 5~6 回の再加熱を必要とした。25 mm φ に鍛伸した Nimonic 系試料の表面状況を Photo. 1 に示した。RE 処理を行わない RN-10 では, 中央より上部にわたり数多くの割れが認められたが, RE 合金 0.15% 添加の RN-20 ではその数が少なく, さらに 0.3% 添加の RN-30 にはこの種の割れは全く見られなかつた。従つてステンレス鋼の場合と同じく, RE 処理によつて熱間加工性およびインゴット歩留りの向上することがわかる。

Fe-Cr-Al 系は, 850~950°C の温度範囲で加工した



(a) No. of specimen; RN-10, (b) RN-20, (c) RN-30

Photo. 1. Surface states of forged specimens.

が, 何れの試料も亀裂は認められず, この合金では RE 処理の効果は比較できなかつた。

(2) 顕微鏡検査

Timken 系および Nimonic 系は溶体化 (1150°C × 120 mn 水冷), Fe-Cr-Al 系は焼準 (900°C × 90 mn 空冷) 処理したものについてそれぞれ検鏡したが, 光学的顕微鏡では RE 処理による著しい金属組織の変化は認められない。

非金属介在物検査 (JIS 法) では, Nimonic 系および Fe-Cr-Al 系における B 系, C 系介在物の測定が困難なので, Timken 系の測定結果のみを Table 2 に表示した。それによれば, A 系および B 系介在物は RE 合金の添加量とともに減少している。C 系については, RE 合金 0.15~0.3% 添加により増加の傾向を示しているが, RE 処理材では介在物の直径が非常に小さくなる特徴がある。

なお 3 鋼種について, それぞれ鍛伸材の底部から採取した試料について, 地キズ試験 (JIS 法) を行なつたが, 予想の通り小試片のために RE 処理による影響は検出できなかつた。

(3) 高温靱性試験

前報で用いた熱間衝撃曲げ試験方法により, Timken 系は 1000, 1100, 1150°C, Nimonic 系および Fe-Cr-Al 系では 1000, 1150, 1250°C において熱間靱性を比較した。Timken 系については, Photo. 2 に示す如く, 1150°C において 0.6% RE 処理試料 (RT-40) は,

Table 2. Microscopic testing for the non-metallic inclusions.

Specimen		JIS nonmetallic inclusion counting (%)		
Type	No.	A-series	B-series	C-series
Timken 16-25-6	RT-10	0.17	0.13	0.20
	20	0.15	0.14	0.32
	30	0.12	0.08	0.33
	40	0.11	0.02	0.20

669,14-462:620,172,251,2
(155) 管状試験片のクリープ破断特性に
関する研究

63345

八幡鋼管研究部

工博 篠田 暉・工博○倉貫 好雄
玉田 公・橋川 繁樹

Study on the Creep Rupture Properties of Tubular Specimen.

Dr. Noboru SHINODA, Dr. Yoshio KURANUKI, Isao TAMADA and Shigeki KITSUKAWA.

I. 緒言

ボイラ用鋼管の設計には、従来丸棒試験片の引張応力、クリープおよび破断試験の結果が適用されている。しかし、鋼管の使用中の応力状態は複雑な 3 軸状態であつて、そのクリープ理論は比較的早くから展開されて来たが理論を裏付けする実験結果が不足しており、管状試験片による内圧クリープおよび破断に関する実験が強く要望されている現状である。

われわれは比較的簡単な内圧クリープ破断試験機を製作し、研究の第 1 段階として薄肉鋼管につき 1, 2 の実験を行なつたのでその結果につき報告する。

II. 試験装置の概要

試験装置は試験機本体と制御機構からなる。実験可能な温度範囲は 300~800°C、圧力範囲は 0~1000 kg/cm² である。試験機本体を Fig. 1 に示す。内圧はネジ式加圧器⑦で水（水蒸気）を試料①に圧入して加えた。圧力調節はブルドン管⑩に設けた接点の開閉により自動的に水槽温度、従つてリザーバー⑤内の水の膨張を調節して行ない。変動を試験圧力の ±1%におさえた。温度調節は加熱炉を 3 分割し、上下の電流を加減して試験片長手方向の温度分布を均一にし、電子管式温度調節器により on-off 方式で時間的変動を ±6°C 程度におさえた。破

Specimens	Temperature (°C)		
	1000	1100	1150
RT-10			
20			
30			
40			

Photo. 2 Results of impact-bending test of Timken 16-25-6 type specimens.

靱性の低下が極めて少ない。Nimonic 系および Fe-Cr-Al 系では、1000°C において大差はないが、1150°C、1250°C における試験の結果に RE 処理の改良効果が認められた。

RE 処理による高温靱性の向上は、清浄作用とともに、とくに S の如き脆性をもたらし微量不純物を安定化するためと考えられる。

(4) 時効硬化試験

Timken 系（炭化物析出型）、Nimonic 系（γ' 相析出型）について、700, 800 および 900°C における時効硬化特性におよぼす RE 処理の影響を調べた。その結果、時効時間にはとくに大きな変化は認められないが、時効温度が高くなると RE 添加量とともに硬さは減少する傾向が見られた。

(5) 耐酸化試験

700°C より 100°C ごとに 1200°C まで各温度において、空気雰囲気中での酸化試験を行なつた結果、温度が高くなると RE 処理材は短時間で酸化するが、できた酸化膜は強固で剝離しにくく耐酸化性が秀れていることを知つた。

(6) その他の試験

その他、高温振り試験、(1000°C) およびクリープ試験 (Fe-Cr-Al 系を除く) などを行なつたが、何れの場合も RE 処理により若干の改良効果が認められた。

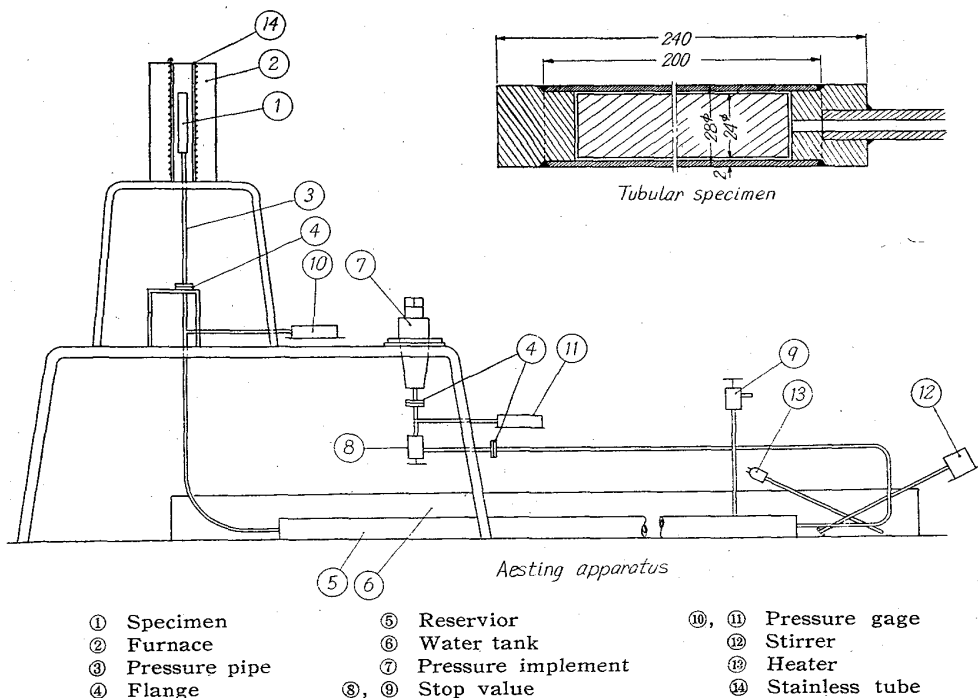


Fig. 1. Schematic diagram of testing apparatus and tubular Specimen.