

Fig. 5. Comparison of stress-rupture time curves at 450°C.

質の変化は従来の Si キルド低炭素鋼と変わりなく、200~300°C 付近で引張り強さの極大、および絞りの極小が見られ、降伏強さおよび伸びはこの温度で変曲点を示す。常温の引張り強さおよび降伏強さはそれぞれ 42 kg/mm² および 27 kg/mm² と高く、伸びも 36% で電気炉鋼あるいは平炉鋼とはほぼ同様の値を示している。一方、各チャージ間のバラツキは引張り強さおよび降伏強さでは少なく、±1.5 kg/mm² の範囲内に入っている。伸び、絞りではバラツキがやや大きい場合もあるが、その最大で ±5% 程度である。

3.2 クリープ破断試験

各試験材の 450°C におけるクリープ破断試験の結果を Fig. 4 に示す。最近のクリープ破断試験の傾向として多数 charge について多数の試験点を持ち範囲をもつて示されることになっている。したがってここでもこの方法にしたがつた。Steel 4 についてのシングル型とマルチプル型試験機による試験結果はよく一致しており、これから相互のデータを十分比較し得ることがわかる。クリープ破断線図は 1000hr 前後から折れ曲る。その程度は鋼によつて多少異なるが各チャージ毎に外挿して 15⁵ hr における応力を求めると、ほとんど一致してしまう。各チャージ間のバラツキをみるとクリープ破断時間では大きな差を示すが、応力にすると短時間側では 3kg/mm² 前後、長時間側では約 1kg/mm² 程度に少なくなる。これを従来の炭素鋼についてのデータと比較したのが Fig. 5 である。国内では炭素鋼については発表された長時間のデータがないので、イギリスのクリープ委員会 (British Steelmaker's Creep Committee) でまとめられたデータを用いた。このデータは 0.16% C 以下、0.4~0.6% Mn の Si キルド鋼についての試験結果で本試験材に相当する材料である。実際には多数溶解材についての試験結果が示されているが、煩雑をさけるため図中にはそのバラツキの範囲と Larson-Miller 曲線から逆算して求められた平均的な曲線のみを示した。これで見ると本試験結果はそのバラツキの中にあり、短時間側ではやや低目、長時間側では高目の値を示し、窒素添加の転炉鋼は電気炉鋼、平炉鋼による低炭素鋼とはほぼ同等

の高温強度をもつことが確認された。

4. 結 言

ボイラー用低炭素鋼として今まで経験のない窒素添加転炉鋼について高温強度を求める試験を実施し、それが従来のボイラー用低炭素鋼と同様の高温強度をもつことを確認した。

文 献

- 1) J. GLEN & E. LISTER: Joint International Conference on Creep Session, 5~9

(155) 純酸素転炉によるボイラ用クロムモリブデン鋼の材質について (純酸素転炉による合金鋼の製造について—V)

日本鋼管, 技術研究所

川上公成・河合孝平・野崎洋彦

川崎製鉄所 門 間 玄 悟

On the Qualities of Cr-Mo Steels for Boiler Tube Produced by Oxygen Converter.

(On the Production of alloy steels by oxygen converter—V)

Kiminari KAWAKAMI, Kōhei KAWAI
Hirohiko NOZAKI and Gengo MONMA.

1. 結 言

すでに報告したように転炉による一連の合金鋼の製造研究により¹⁾²⁾、転炉による合金鋼の溶製技術ならびにその材質について、ほぼ見通しが得られている。引続き、第 2 次試験として、材質上の再現性を調査するとともに、転炉製合金鋼の実用化の第一歩を進めるため、ボイラー用クロムモリブデン鋼 3 鋼種、(2.25Cr-1 Mo, 1.25Cr-0.5Mo 1Cr-0.5Mo) 計 7 チャージを 12 t 試験転炉および、川崎工場 50 t 転炉により製造し、各種材質調査を行なった。

2. 供試材の製作および確性方法

確性試験に用いた供試材は、溶銑を主原料として、ダブルスラグ法により、P, S などの不純物を除去後、溶解吹錬法によつて合金剤を添加、脱酸して製造した。鋼塊は 5 t 菊型、あるいは 6 t 角型とし、130mm φ のピレットに分塊圧延した。ピーリング後、マンネスマンブラグミル方式により、外径 45~60 mm φ、肉厚 5.0~6.0

mm に熱間圧延を行なった。一部の熱延品については、さらに冷率を行なって外径 25~32mm φ, 肉厚 3.5~5.0mm とした。各チャージとも鋼塊頭部, 中央部, 底部に相当する位置より, ビレットならびに熱延製品, 冷率製品を採取し試験片を切り出した。また高温短時間引張試験ならびにクリープ試験の供試材はビレットを 25mm φ の棒鋼に鍛造して採取した。

確性試料の熱処理は, 製品ならびに鍛造材ともに以下のように行なった。

2.25Cr-1Mo; 920°-720°C 恒温変態焼鈍

1.25Cr-0.5Mo; 930°-690°C 恒温変態焼鈍

1Cr-0.5Mo; 930°C 焼準 -710°C 焼戻し

確性試験内容を以下に示す。

2.1 ビレット材;

4 段階地疵試験, マクロ組織, サルファプリント, 磁粉探傷試験, およびチェック分析。

2.2 熱延製品, 冷率製品

マクロ組織, サルファプリント, 顕微鏡組織, 介在物清浄度, オーステナイト粒度, 常温機械強度, 扁平, 押広げなどの実用試験, および製管成績による熱間加工性調査。

2.3 ビレット鍛造材

高温短時間引張試験, クリープラプチャー試験。

試験チャージのレードル成分を Table 1 に示す。

3. 確性結果およびその考察

3.1 ビレットの確性結果

各チャージの鋼塊頭部, 中央部, 底部に相当するビレット断面について, マクロ組織, サルファプリント試

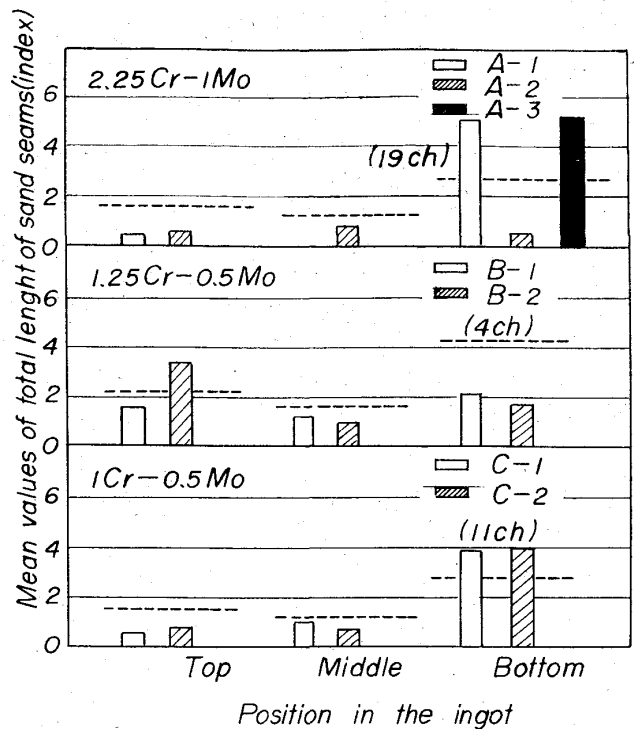


Fig. 1. Comparison of total length(index) of sand seams between LD steels and electric furnace steels in four steps machining test. (Dotted line: Mean value of electric furnace steels)

Table 1. Ladle analysis of Cr-Mo steels produced by LD converter.

Kind of steel	Heat No.	Ladle analysis (%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	O	N	Sol. Al
2.25 Cr-1 Mo	A-1	0.12	0.31	0.54	0.023	0.015	0.07	2.24	1.05	0.0072	0.0117	0.005
	A-2	0.12	0.32	0.49	0.019	0.016	0.07	2.46	1.07	0.0054	0.0096	0.001
	A-3	0.11	0.32	0.51	0.015	0.008	0.06	2.39	1.00	0.0069	0.0086	0.003
1.25 Cr-0.5 Mo	B-1	0.13	0.57	0.58	0.018	0.008	0.07	1.37	0.48	0.0064	0.0093	0.001
	B-2	0.11	0.73	0.59	0.019	0.012	0.07	1.40	0.48	0.0053	0.0079	0.006
1 Cr-0.5 Mo	C-1	0.10	0.22	0.44	0.014	0.010	0.06	0.93	0.61	0.0068	0.0079	0.002
	C-2	0.12	0.36	0.48	0.022	0.013	0.08	0.90	0.56	0.0056	0.0083	0.001

Table 2. Check analysis, inclusion counts and austenite-grain size in tubes of each heat.

Kind of steel	Heat No.	Chemical analysis (%)								Inclusion count d ₈₀ × 400	Austenite grain size (Gc)
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo		
2.25 Cr-1 Mo	A-1	0.13	0.33	0.57	0.024	0.016	0.07	2.27	1.06	0.08	5.0
	A-2	0.12	0.31	0.51	0.018	0.013	0.08	2.47	1.08	0.07	5.5
	A-3	0.12	0.33	0.51	0.018	0.010	0.07	2.40	1.01	0.05	4.5
1.25 Cr-0.5 Mo	B-1	0.13	0.57	0.58	0.019	0.010	0.07	1.41	0.50	0.04	4.2
	B-2	0.12	0.72	0.51	0.015	0.011	0.07	1.39	0.50	0.03	5.5
1 Cr-0.5 Mo	C-1	0.10	0.23	0.46	0.016	0.011	0.06	0.94	0.61	0.07	5.0
	C-2	0.13	0.35	0.47	0.020	0.015	0.07	0.90	0.56	0.05	3.7

験を行なつたが、有害なるインゴットパターン、Sの濃厚偏析などはほとんど見られなかつた。またピレットを縦割し、磁粉探傷試験を行なつたが欠陥は見られない。頭部、中央部、底部のピレットについて、外周部、中間部、中心部別のチェック分析結果によれば、その成分偏析は電気炉鋼のそれと比べ差がないことが確認された。

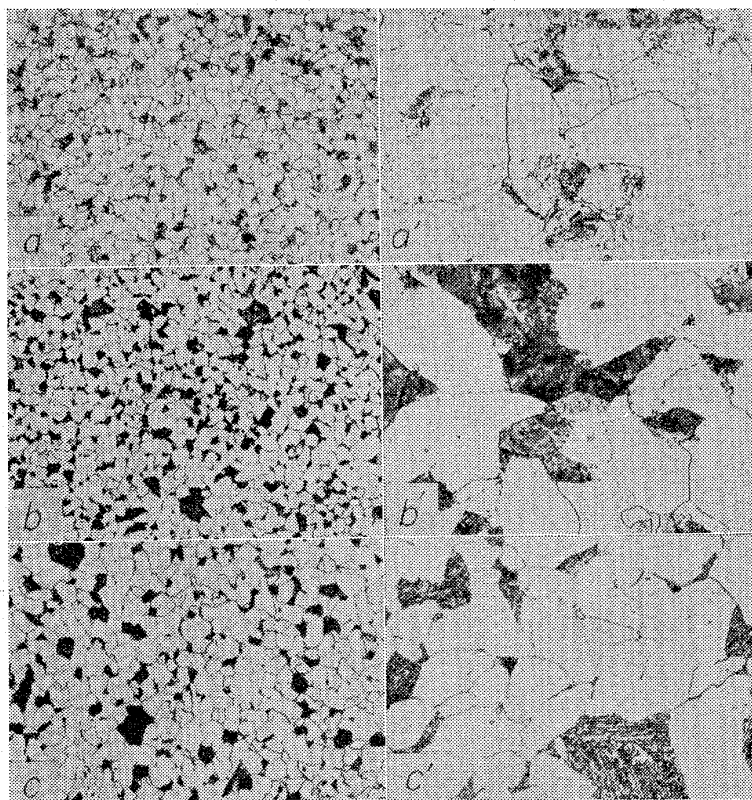
鋼塊頭部、中央部および底部に相当するピレットの四段削地疵試験結果を Fig. 1 に示す。一般にこれらの鋼種については材質上きわめて低い地疵の値が要求されるが、Fig. 1 に示すように電気炉鋼の値と比較し、ほぼ等しい結果が得られ、チャージ間のばらつきも特に大きくはない。これらは先報²⁾に述べたように、合金剤の溶解吹きを採用したことにより、従来の転炉製合金鋼に比べ溶鋼の脱酸が強化、かつ安定化されたことによるものと考えられる。

3.2 製品の確性結果

製品についてのチェック分析、非金属介在物清浄度 (JIS. G 0555) オーステナイト粒度などの結果を Table 2 に示す。

非金属介在物は各鋼種、各チャージともにアルミナ、硫化物およびシリケートが分散しており、その清浄度は $0.03 \sim 0.08$ で電気炉鋼に比して差はない。またオーステナイト粒度は各鋼種、各チャージとも $G_c 3.7 \sim 5.5$ の範囲であつて、いずれも整粒されており、良好な結果であつた。製品のサルファープリントならびにマクロ組織についても試験を行なつたが問題はなかつた。

各鋼種についての顕微鏡組織の一例を Photo. 1 に示す。いずれも同じ熱処理を行なつた電気炉鋼の組織と



a. a': 2.25Cr-1Mo b. b': 1.25Cr-0.5Mo c. c': 1Cr-0.5Mo
Photo. 1. Microstructures of Cr-Mo steel tubes.

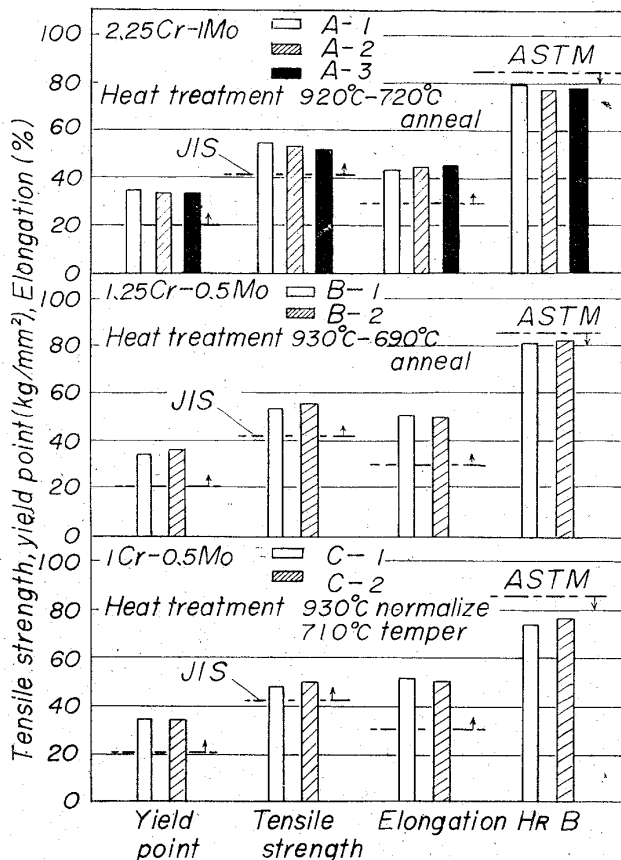


Fig. 2. Mechanical properties of Cr-Mo steel tubes by LD converter.

比較して差は認められず、各鋼種ともマルテンサイトを含まない安定した組織である。

Fig. 2 に熱延製品の機械試験結果の成績を示す。引張試験片の形状は管状のままで行なつた。図で見るとおりにいずれも JIS 規格および ASTM 規格を十分満足する値を示している。また扁平、押広げ試験については、各鋼種、各チャージともに任意に 20 を抜き取り、試験を行なつたが、いずれも JIS 規格を満足する良好な成績を示した。

つぎに各鋼種、各チャージについて高温短時間引張試験ならびにクリープラプチャー試験を行なつたので、その結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。

高温短時間引張試験は常温 $\sim 600^\circ\text{C}$ まで 100°C 間隔で行なつた。各鋼種、各チャージともにばらつきは少なく、引張強さ、および耐力 (0.2% off, set) とともに ASME の許容応力基準値を十分満足しており、電気炉鋼の従来の成績と比較しても遜色のない結果を示している。

またクリープラプチャー試験については、2.25Cr-1Mo は 550°C および 600°C の 2 温度 1.25Cr-0.5Mo および 1Cr-0.5Mo は 550°C の温度で行なつた。Fig. 4 に比較のため ASTM の平均値を併記したがほぼ同様な結果を示している。なお現在 1 万 hr を目標とした試験を実

669.14.0/8.44 : 669.15'24'26-194.56
 : 621.785.371

施継続中である。

4. 結 言

以上純酸素転炉にて溶製した ボイラー用合金鋼 2.25

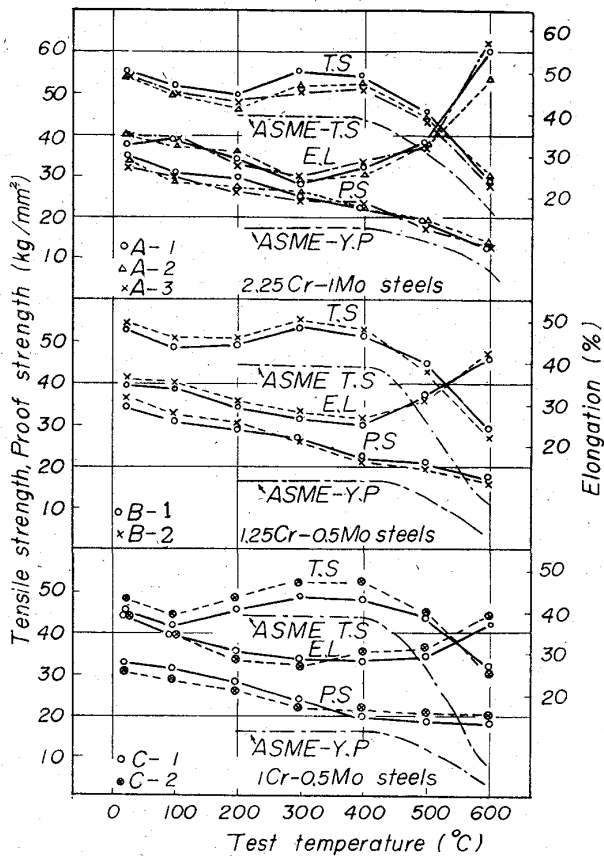


Fig. 3. Results of short time tension test of Cr-Mo steels by LD converter at elevated temperature.

Cr-1Mo, 1.25Cr-0.5Mo, 1Cr-0.5Mo 3 鋼種 7 チャージについて確性試験を行なった結果, 各鋼種とも, 従来の電気炉鋼と比較して遜色なく, ボイラー用鋼管としての規格を十分満足し得る成績が得られ, 実用化し得るものと考えられる。

なお今回試験を行なった供試管の一部を当社自家発電用ベンソンボイラ 2 基の一部に組込み, 約 1 万 hr 経過しているがなんら問題は発生していない。

文 献

- 1) 土居, 耳野, 板岡, 西尾: 国際 LD 技術会議資料 (1962)
- 2) 川上, 板岡, 野崎: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1712
- 3) Boiler and Pressure Vessel Cosection I, (1959); ASME
- 4) Special Technical Publication, (1953) 151; ASME

(156) 15Cr-12Ni 系オーステナイト耐熱鋼におよぼす溶体化処理の影響

(弱析出硬化型オーステナイト耐熱鋼の研究—Ⅳ)

東京大学工学部 工博 藤田 利夫
 日立金属工業 ○ 九鬼 秀勝

Effect of Solution Heat-Treatment on the 15Cr-12Ni Austenitic Heat Resisting Steel.

(Studies on the weak precipitation hardening austenitic heat resisting steel—Ⅳ)

Dr. Toshio FUJITA and Hidekatsu KUKI.

1. 結 言

第一報において, 1150°C で溶体化処理を行なった場合に 15%Cr-12%Ni 系オーステナイト耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼす Cu および B の影響について報告し, その中で Cu 添加は 700°C までのクリープ破断強度の改善には有効であるが 750°C になるとクリープ破断強度が減少すること, および Cu + B の添加は 650°C~750°C の温度でクリープ破断強度の改善にきわめて顕著であることを述べた. 本報では, 溶体化温度を 1250°C に上げ, そのときの Cu および B のクリープ破断強度におよぼす影響について実験を行なったのでその結果を報告する。

2. 試 料

試料は第一報で報告したものと同一のものを使用した. その

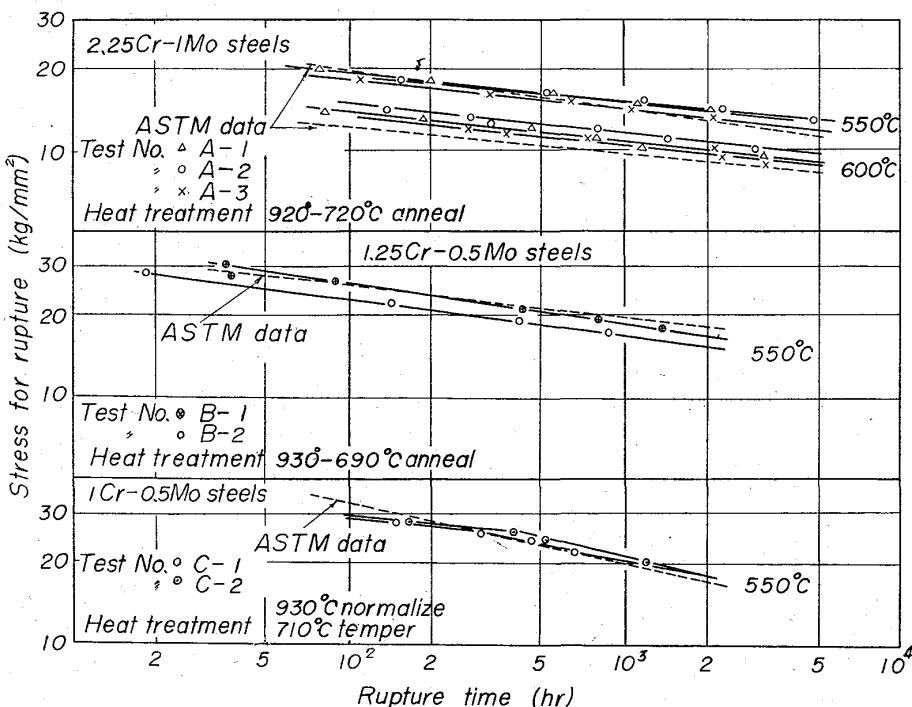


Fig. 4. Creep rupture strength of Cr-Mo steels by LD converter.