

る。これは試験片数の少いためと思われる。8mmφ の試験片ではいずれの場合も分散は同一と見做せるので 6mmφ の結果との共通の分散を求め、平均値の差の検定を行なった結果、いずれの場合も両試験片間の差は認められない。

IV. 結 論

i) 焼入温度は低い程、クリープ・ラプチャー強度、伸びともに大きい。1100°C 以上ではほとんど変化がない。

ii) 18-8 ステンレス鋼の 650°C 13 kg/mm², 10 kg/mm² における、クリープ・ラプチャー時間は 99% の信頼度で、信頼限界の範囲の平均値に対する割合は前者で ±5.0%, 後者で ±10.2% である。

iii) クリープ・ラプチャー時間、伸び、クリープ速度間の相関は 10 kg/mm² の伸びとクリープ速度の場合を除き、認められない。

iv) 6mmφ と 8mmφ の試験片については寸法効果は認められない。

(83) 1Cr-1/2 Mo ボイラー用鋼管材に関する研究

神戸製鋼所神戸研究部

平野 坦・山本俊二・○日浦 保
小林 弘・増田辰男

Study on 1 Cr-1/2 Mo Steel for Boiler Steel Tubes.

Hiroshi Hirano, Shunji Yamamoto,
Tamotsu Hiura, Hiroshi Kobayashi
and Tatsuo Masuda.

I. 結 言

高温高压用鋼管材としての 1Cr-1/2 Mo 鋼は、船用または陸用ボイラーの過熱器管および主蒸気管として広く使用されており 2¹/₄ Cr-1 Mo 鋼管材に比し 550°C 以下の温度では、クリープ強度が悪く 550~600°C の温度範囲では、両者のクリープ強度はほとんど変わらないといわれているが、長時間使用する場合には安定性の点から 2¹/₄ Cr-1 Mo 鋼の方が秀れていると考えられる。

1Cr-1/2 Mo 鋼は使用目的から考えてクリープ強度の秀れていることはもちろんのこと常温における曲管拡管などの冷間加工性の秀れていることもまた施工上必要である。2¹/₄ Cr-1 Mo 鋼については、前報²⁾において熱処理によりいちじるしくクリープ強度を改善しうることについて述べたが、本報においては 1Cr-1/2 Mo 鋼管材に対し適切なクリープ強度と常温機械的性質を与えるための熱処理方法につき検討した結果について報告する。

II. 供 試 材

供試材として Table 1 記載のごとき成分を有する 2 charge を熔製したが熔解に際してはクリープ強度の向上を目標として Al 使用量を 100 g/t に抑制し粒の粗大化につとめた。表中 CH および DL は、C 量を規格の上限および下限にとりクリープ強度におよぼす C 量の影響をも調査することとした。両 charge とも 80 kg 鋼塊に鑄造後 25mmφ に鍛伸し供試材とした。

III. 熱処理による組織の変化

CH 材を供試材として 920°C でオーステナイト化を行なった後連続冷却式光輝焼鈍炉の性能を考慮に入れて 65°C/h の冷却速度で冷却を行ない 820~660°C の各温度より水冷して組織の変化を調査した。Table 2 に熱

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Σ Al
CH 2 (Z1284)	0.12	0.40	0.44	0.012	0.014	1.08	0.53	0.015
DL 2 (Z1282)	0.06	0.36	0.44	0.011	0.018	1.10	0.53	0.020
STB 42D	<0.15	0.10~0.50	0.30~0.60	<0.030	<0.030	0.80~1.20	0.45~0.65	—

Table 2. Structure and hardness changes after heat treatments.

Heat treatments	Structure and micro hardness (Hv)				Macro-hardness
920°C 65°C/h 820°C W	F+B	F=216	B=423~493		323~341
" 780	"	F=210	B=500~566		245
" 760	"	F=185~202	B=509~584		228
" 740	F+B+M	F=183~189	B=594	M=706~929	221~321
" 720	F+M	F=225~232	B=766~929		193~203
" 700	F+M+P	F=210~221	M=795~909	P=257	177~187
" 680	F+P	F=175~181	P=268~286		150~153
" 660	F+P	F=183~195	P=251~293		150~152

F=Ferrite, P=Pearlite, B=Bainite, M=Martensite.

処理による組織および硬度変化を示した。表より明らかなごとくこの程度の冷却速度で冷却を行なう場合には、700°C 付近でパーライト変態が開始しており 680°C で完結している。硬度は水冷開始温度の低下にともないフェライト量が増しているが、析出したベーナイト状の組織の硬度はフェライトの析出によつてオーステナイト中に C が濃縮されるため漸次高くなつていく。しかしパーライト変態開始点まで温度が低下すると硬度はパーライトの析出により急激に低下しパーライト変態が完結するとそれ以下の温度では当然硬度の変化は認められなかつた。

IV. 熱処理によるクリープ強度の変化

1Cr-1/2Mo 鋼管材の熱処理としてはつぎのごとき種々の方法が考えられる。i) 完全焼鈍, ii) 焼準焼戻, iii) 連続冷却過程より放冷焼戻などであるが、完全焼鈍は現場的に製品の在炉時間が長くなりきわめて不経済で

ある。焼準焼戻は現場的には最も簡易であり、連続冷却変態途上より放冷焼戻はやや複雑である。しかし各種の熱処理を行なつた場合の耐クリープ性におよぼす影響を明確にするために Table 3 に示すごとき各種の熱処理を行なつた後クリープラプチャー試験を行なつた。CH 材 (規格上限 C 含有量) につき完全焼鈍, 焼準焼戻, 1200°C でオーステナイト化した後 920°C まで炉冷以後焼準焼戻および連続冷却変態途上より放冷焼戻などの各熱処理を行ないクリープラプチャー試験を実施した。この場合焼戻温度がクリープ強度にいちじるしい影響を与えるので Welding Hand Book に推奨されている熔接後熱処理温度の上限および下限に相当する 680°C と 730°C の両者の温度について焼戻を行ない焼戻温度がクリープ強度におよぼす影響についても調査した Table 3 にクリープ試験結果および機械的性質を示した。また、Photo. No. 1 に前記したクリープ試験を実施した場合

Table 3. Results of creep rupture and short-time tensile tests of 1Cr-1/2Mo test specimens heat-treated at different conditions.

Mark	Heat-treatments. (Used 1" round bar)	Hard- ness V.H.N	Creep rupture test				Short-time tensile test							
			at 550°C				at room temperature				at 550°C			
			Stress	Rupture time (h)	Elong. (%)	R. of A (%)	Endurance limit (0.2)	T.S (kg/mm ²)	Elong. (%)	R. of A (%)	Endurance limit (0.2)	T.S (kg/mm ²)	Elong. (%)	R. of A (%)
CH 3	920°C/2h A.C	178	17.0	655°41'	10.0	16.0								
4	920°C/2h F.C → 700°C/2h F.C	139	"	332°15'	43.0	53.4								
5	1200°C/2h → 920°C/2h A.C	228	"	2528°	Under exp.									
6	CH 3 → 600°C/1h temper	175	"	536°32'	6.7	16.0	36.2	57.6	38			43.6	36	80
7	CH 4 → "	139	"	265°07'	43.0	58.9	33.0	49.8	39	75		35.9	37	80
8	CH 5 → "	231	"	2745°03'	47.7	38.7	52.8	71.9	29	72		54.0	26	70
9	CH 3 → 680°C/1h temper	163	"	332°12'	13.3	70.8	39.9	53.2	38	70		37.2	40	84
11	CH 5 → "	199	"	2269°38'	18.7	55.5	45.7	59.6	33	79		44.7	29	75
CH1-1	920°C/1h 65°C/h → 740°C A.C	163	17.5	1608°50'	16.0	37.3								
2			25.0	142°50'	24.7	52.2	37.0	51.3	37	71		37.3	25	80
3	680°C/1h temper		21.0	739°53'										
CH2-1	920°C/1h 65°C/h → 740°C A.C	152	17.0	643°50'	53.3	75.0								
2			25.0	115°43'	28.3	61.0		55.2	31	72.6	21.0	45.3	26	76
3	730°C/1h temper		21.0	334°15'	27.3	57.7								
DL1-1	920°C/1h 65°C/h → 740°C A.C	138	17.0	829°20'	26.0	49.8								
2			25.0	151°22'	19.0	39.7	32.6	44.0	40	76		34.4	30	79
3	680°C/1h temper		21.0	266°20'	21.0	42.5								
DL2-1	920°C/1h 65°C/h → 740°C A.C	132	17.0	833°37'	31.0	65.9								
2			25.0	93°53'	31.3	61.0	23.4	48.4	41	76	14.1	38.2	24	78
3	730°C/1h temper		21.0	340°35'	28.0	60.0								

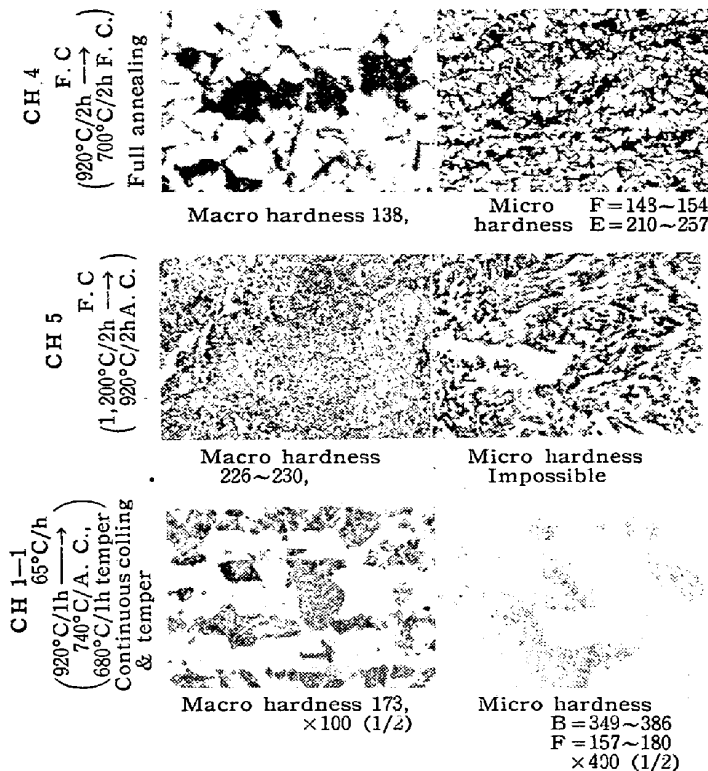


Photo. 1. Microscopic structure observed after typical heat treatments.

の代表的な組織およびマイクロ硬度計による硬度測定結果を示した。硬度から明らかなごとく Photo. No. 1 の CH 1-1 は、連続冷却変態による典型的なフェライト＋パーライト組織を示している。Table 3 の結果より明らかなごとく連続冷却途上より放冷焼戻または 1200°C でオーステナイト化した後 920°C より放冷焼戻せる場合に最も秀れた強度がえられるが、現場作業的には前者の方が秀れている。また、焼戻温度は、クリープ強度にいちじるしい影響を与え、連続冷却途上より放冷焼戻材では、焼戻温度が 680°C と 730°C の場合とでは相当いちじるしい差が認められる。なお C 量が規格上限値に近く連続冷却放冷低温焼戻 (680°C) を行なった場合に最も秀れた結果がえられている。1200°C でオーステナイト化を行ない、以後放冷焼戻を行なった CH 1-1 もきわめて秀れた強度を示しているが、硬度は ASTM 記載の硬度をやや上廻っている。

V. 結 論

1) 1Cr-1/2Mo 鋼のクリープ強度を向上せしめ、かつ ASTM 平均値以上のクリープ強度を確保するための熱処理方法としては、連続冷却途上より放冷焼戻を行なう方法を採用すべきであり焼戻温度は下限温度を選定した方が好結果がえられる。

2) 焼戻温度を上昇させ炭化物に球状化傾向を与え軟化させるとクリープ強度は、低下する。鋼管は実際に溶

接を行なつて使用されているが、溶接部に対して Welding Handbook (1950 年) によれば 630~730°C の歪取焼鈍を行なうよう推奨されており、一般にこの温度が採用されているが、上記の点も考慮に入れて熱処理法を選定しなければならない。

3) 1Cr-1/2Mo 鋼のクリープ強度を向上せしめるためには、Cr, Mo などと反応して炭化物を生成する C の含有量を規格の上限値に近くとることが必要である。

文 献

- 1) ASTM Special Technical Publication No. 151
- 2) 平野, 山本, 金田, 日浦: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 9 (鉄鋼協会 33 年度秋期発表)

(84) 3%Cr-Mo 鋼のタービン・ローターへの適用

(3%Cr-Mo 鋼大型鍛鋼品に関する研究—I)

日本製鋼所, 室蘭製作所

川口三郎・渡辺十郎・柴崎鶴雄・緒方 博

Application of 3% Cr-Mo Steel for Turbine Rotors.

(Studies on large forgings of 3% Cr-Mo steel—I)

Saburo Kawaguchi, Juro Watanabe,
Tsuruo Shibasaki and Hiroshi Ogata.

I. 緒 言

本邦においては、タービン用ローターシャフトのごとき高級大型鍛鋼品は 2~3%Ni-Mo-V 鋼または Ni-Cr-Mo 鋼が使用されており、米国もこれとほとんど同様である。これら材質のローターシャフトはきわめて優れた性状を示すのであるが、これに劣らない優れた材質を開発すべく、筆者などは 3% Cr-Mo 鋼について研究を進めている。

先ず船用タービン翼車, ピニオンについて第 1 次の研究を行ない 3% Cr-Mo 鋼はきわめて優れた材質であることが確められたので、さらに船用ローターシャフト, 大型高温用鍛鋼材, 圧延機ロールなどについて適性試験を進めている。本報ではこれら 3% Cr-Mo 鋼の開発研究のうち、特に船用の高・低圧タービン・ローター材について報告致したい。

II. 供 試 材

高圧タービンシャフトおよび低圧タービンシャフトとも、塩基性電気炉で熔製し鍛造、焼鈍後 Fig. 1 および