

Fig. 4. Relationship between tempering temperature and the ratio of notched-bar strength to plain-bar strength at 538°C.

master rupture curve は平滑の場合ほど差は認められず、切欠のクリープラプチャー強度は焼戻温度により大きな変化をしないことを示している。

なお、この種材料は比較的組織が不安定で、クリープ試験中に組織変化が起ることが報ぜられている^{1)~3)}。したがって、この材料の切欠感受性が試験中に変わることが考えられ、また、焼戻温度によっても、その切欠感受性が異なることが容易に想像できる。焼戻温度によつてその切欠感受性がどのように変化するかをみるため焼戻温度に対して切欠強度と平滑強度の比をプロットしたものが Fig. 4 である。これらの強度は Fig. 3 の curve より算出したものであり、この比が 1 以下であれば材料は切欠に対して敏感なことを示している。本実験では、焼戻温度が 650°C 以上であるため、この比が 1 以下の値はえられなかつたが、焼戻温度の低下とともに切欠感受性が増す結果があらわれている。F. E. WERNER²⁾ の試験結果からこの値を求めれば、この種の材料が切欠に対して敏感になるのは 640°C ~ 650°C 以下の焼戻しの場合である。

V. 結 言

Cr-Mo-V 鋼の焼戻温度を変えて、クリープラプチャー試験を行なつたが、平滑のクリープラプチャー強度は焼戻温度の上昇とともに低下するが、切欠の場合には、あまり差が認められなかつた。また、この種材料においては、焼戻温度によつてその切欠感受性がかなり変化することが示された。

文 献

- 1) D. P. NEWMAN, M. H. JONES and W. F. BROWN: Amer. Soc. Test Mat., 53 (1953), p. 677
- 2) W. KOCH, A. KRISCH und A. SCHRADER: Arch. Eisenhüttenw., 28 (1957) 8, p. 445
- 3) F. E. WERNER, T. W. EICHELBERGER and E. K. HANN: Amer. Soc. Metals, 52 (1960) p. 376

(107) タービンケーシング材の高温強度について

神戸製鋼所中央研究所

西原 守・中野 平 高田 寿・

○鈴木 武・山本 俊二

On the High Temperature Strength of Turbine Casing Materials.

Mamoru NISHIHARA, Taira NAKANO,

Hisashi TAKADA, Takeshi SUZUKI

and Shunji YAMAMOTO

I. 結 言

蒸気タービン、あるいはガスタービンのケーシングなどの高温高压容器は以前はオーステナイト系不銹鋼が用いられていたが秀れた高温強度を持つ低合金鋼が開発されるにおよんで、使用温度 600°C 以下の場合には経済的な理由から低合金鋼がオーステナイト系不銹鋼に取つて変つてきた。これらの低合金鋼の高温強度のデータは国の内外を問わず比較的少なく、実験室的に溶製した試験片のデータが大部分である。そこで各種実際製品の付着試験片あるいは本体よりの切出試験片などよりえた低合金鋼 (1/2 Mo 鋼, 1Cr-1/2 Mo 鋼, 1Mo-1/4 V 鋼, 1/2Cr-1/2Mo-1/4V 鋼, 1Cr-1Mo-1/4V 鋼) の高温強度について取りまとめ考察を試みたのでその結果を報告する。

II. 供 試 材

供試材としては実体製作時における付着試験片より採取したもの、実体より切り出し、試験に供したもの、あるいは実験室的に 100kVA 高周波炉で溶製し、JIS 規格の舟型試験片に鑄造したものなどがあるが、それらの供試材についての採取要領および分析結果は Table 1 に示す。

III. 試 験 結 果

1) 常温機械的性質

Table 1 に示す低炭素鋼および低合金鋼についてのおのおのの熱処理条件および常温機械的性質を Table 2 に示す。

2) ラプチャー試験

① ラプチャー強度

平行部直径 6mm 標点距離 30mm のラプチャー試験片により試験を行なつたが、No. 1~No. 3 の低炭素鋼については 500°C の試験温度での結果はこれを ASTM Special Technical Publication (以下 ASTM-S.T.P という) の 0.18~0.24% C キルド鋼の平均値

Table 1. Sampling position and chemical composition of the test specimens.

Sample No.	Steel	Sampling position	Chemical compositions (%)								
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
1	Low-C	Test coupons	0.21	0.41	0.69	0.010	0.012	—	0.19	—	—
2		//	//	//	//	//	—	//	—	—	
3		//	//	0.22	0.41	0.64	0.013	0.014	—	0.20	—
4	1/2 Mo	Keel-block test specimen	0.21	0.42	0.66	0.012	0.014	0.10	0.05	0.30	—
5			0.24	0.32	0.61	—	—	—	0.12	0.41	—
6	1 Cr-1/2Mo	Test coupons	0.18	0.28	0.53	0.019	0.019	0.10	1.17	0.51	—
7			//	//	0.21	0.36	0.70	0.014	0.028	0.10	1.14
8	1 Mo-1/4V	//	0.18	0.43	0.88	0.016	0.014	—	0.06	1.26	0.36
9			//	//	0.20	0.35	0.81	0.012	0.023	—	0.04
10	1/2Cr-1/2Mo -1/4V	Keel-block test specimen	0.20	0.32	0.60	0.011	0.013	—	0.52	0.48	0.27
11			0.20	0.37	0.65	—	—	—	0.52	0.50	0.20
12	1Cr-1Mo-1/4V	Body	0.17	0.39	0.65	0.005	0.012	0.08	1.14	0.93	0.19

Table 2. Heat treatment and room-temperature mechanical properties of each specimen.

Sample No.	Steel	Heat treatment	Yield strength (0.02%) (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Impact value (DIN-DVH) (kg-m/cm ²)	Hardness (H _B)
1	Low-C	1000°C×5h AC, 900°C×10h AC, 730°C×10h AC	25.2*1	49.1	31	54	9.3	134
2		//	26.5*1	48.2	30	50	—	—
3		//	28.3*1	49.1	32	54	9.7	134
4	1/2 Mo	1000°C×5h AC, 900°C×10h AC, 700°C×10h AC	31.3	51.1	24	54	10.1	136
5		1000°C×2h AC, 900°C×2h AC, 700°C×2h AC	30.2	50.1	32	49	9.4	158
6	1Cr-1/2 Mo	1000°C×5h AC, 940°C×6h AC, 710°C×6h AC	40.5	56.0	21	63	9.5	—
7		//	49.3	63.2	18	53	4.8	189
8	1Mo-1/4V	1000°C×10h AC, 920°C×12h AC, 720°C×10h AC	52.7*1	68.6	20	51	8.6	198
9		//	52.7*1	68.1	22	60	9.3	197
10	1/2Cr-1/2Mo -1/4V	1000°C×5h AC, 900°C×10h AC, 730°C×10h AC	36.3	55.7	27	61	13.3*2	163
11		1000°C×1h FC, 900°C×2h AC, 700°C×2h AC	43.1	61.4	26	53	13.9*2	205
12	1Cr-1Mo-1/4V	900°C×20h FC, 1025°C×15h AC, 720°C×35h AC	42.5	67.6	23	63	5.0	209

*1 0.2%, *2 Key hole notch

と比較すると約 4 kg/mm² 高い値がえられた。1/2Mo 鋳鋼については 475°C の試験温度で ASTM・S・T・P の 0.5% Mo 鋳鋼と比較して No. 4 の 0.3% Mo のものでほぼ同等の値を、No. 5 の 0.4% Mo のもので約 3 kg/mm² 高い値をえた。No. 6~No. 7 の 1Cr-1/2 Mo 鋳鋼については 550°C の試験温度で ASTM・S・T・P の 1Cr-1/2 Mo 鍛鋼材に匹敵する値がえられたし、No. 8~No. 9 の 1Mo-1/4V 鋳鋼では試験時間を 2000 時間にとめたため適確な強度はえられないながらも充分な高温における強さがえられるものと推定される。さらに No. 10~No. 11 の 1/2 Cr-1/2Mo-1/4 V 鋳鋼でも試験温度 500°C で ASTM・S・T・P の 1/2Cr-1/2Mo-1Ni 鍛鋼材 (Cr-Mo-V の比較材がないので代用した) と同等かもしくはそれ以上の値がえられ、No. 12 の 1Cr-1Mo-1/4V 鋳鋼については試験温度 566°C における ASTM・S・T・P の 1/4Cr-1Mo-1/4V 鋳鋼に比し約 4 kg/mm² 高い値がえられた。

Table 3. Results of rupture test of each test specimen, at 500°C.

Sample No. (steel)	Stress (kg/mm ²)	Rupture time (h)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Rupture strength 1,000 h (kg/mm ²)
No. 3 (low-C)	28.3	0.1	42	72	13.7
	21.0	16.0	42	66	
	18.0	34.0	45	70	
	13.5	1257.0	42	51	
	10.0	>1500.0	—	—	
No. 5 (1/2Mo)	38.0	3.8	23	60	31.2
	35.0	92.3	28	48	
	31.5	1222.1	16	17	
No. 10 (1/2Cr-1/2Mo-1/4V)	38.8	0.2	20	50	33.5
	36.0	215.0	19	49	
	31.0	>1670.0	—	—	
	28.0	>1980.0	—	—	
No. 12 (1Cr-1Mo-1/4V)	37.0	238.6	13	64	33.8
	35.0	425.7	13	65	
	33.0	1129.2	15	64	

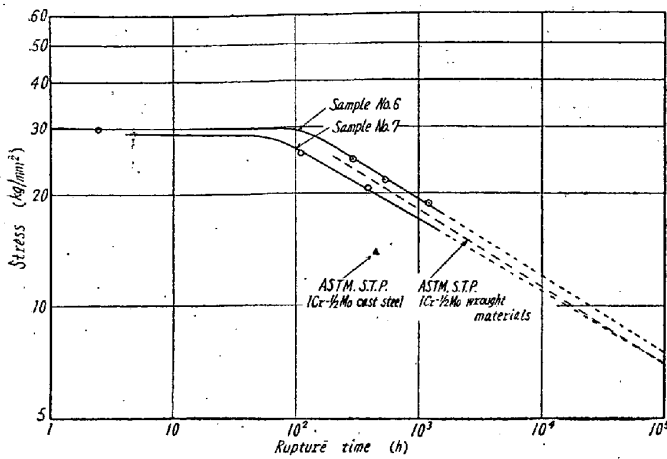
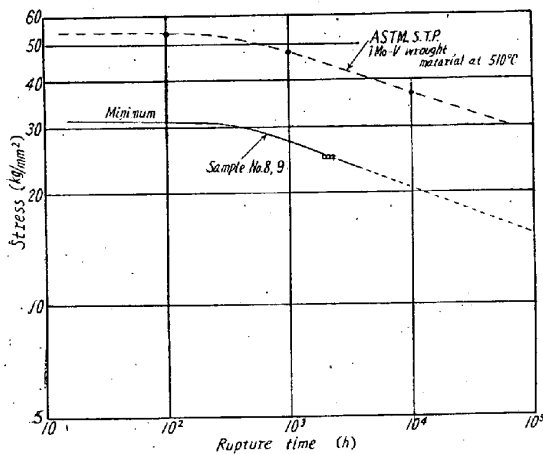


Fig. 1. Stress-rupture time curve of 1Cr-1/2 Mo cast steel at 550°C.



註：図中 material は material の誤り

Fig. 2. Stress-rupture time curves of 1Mo-1/4V cast steel at 525°C.

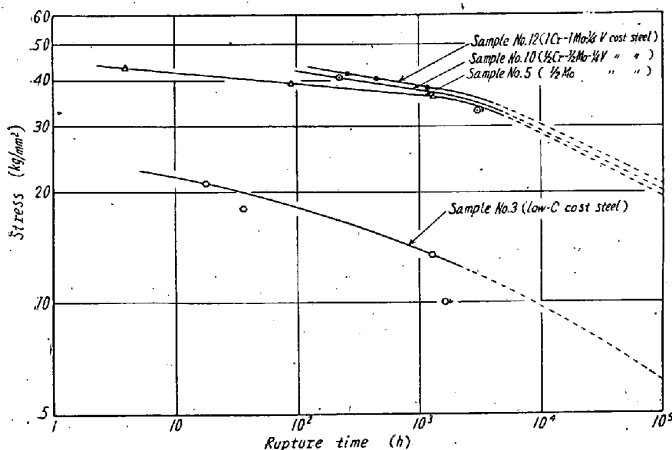


Fig. 3. Stress-rupture time curves of low-alloy cast steel at 500°C.

⑬ 合金元素 (Cr, Mo, V) の高温強度におよぼす影響

Fig. 3 に低炭素鋳鋼および低合金鋳鋼の 500°C における応力-ラプチャー時間曲線を Table 3 にその試験結

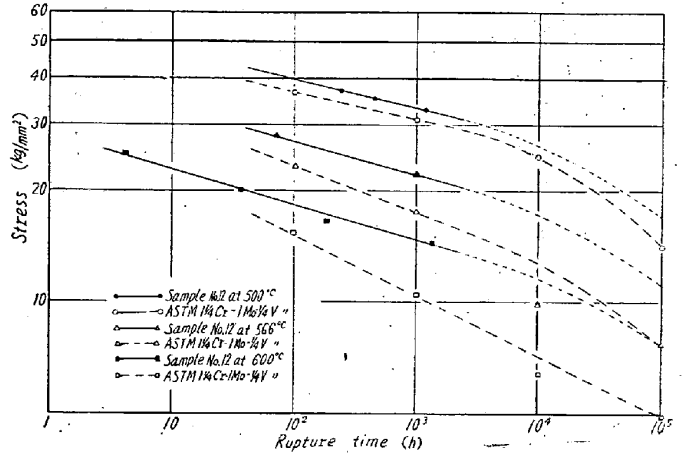


Fig. 4. Stress-rupture time curves of 1Cr-1Mo-1/4V cast steel at 500°C, 566°C, 600°C.

果を示すが、低炭素鋳鋼 (No. 3) のラプチャー強度に対し低合金鋳鋼グループ (No. 5, 10, 12) は 15~20 kg/mm² 高目で 1/2 Mo 鋳鋼, 1/2Cr-1/2Mo-1/4V 鋳鋼, 1Cr-1Mo-1/4V 鋳鋼の順に強度は増している。これによれば、低炭素鋳鋼に Mo を 0.4% 添加することにより高温における強度は飛躍的に改善され、さらに 0.5% Cr と 0.27% の V を加えることでより以上に強さを増し、また 1% Cr, 1% Mo と 0.2% の V を含有するものでは最高の強度を持つ。

◎ 試験温度の高温強度におよぼす影響

1Cr-1Mo-1/4V 鋳鋼について、500°C, 566°C, 600°C の各温度における応力-ラプチャー時間曲線を求めて見たが、Fig. 4 に示すごとく温度差によるラプチャー強度は 500°C を規準にして約 50°C 試験温度を上げることにより、10² 時間までは 10 kg/mm² の降下であるが長時間を経るにしたがってその差はせばまり 10⁵ 時間でのそれぞれの外挿強度は 5 kg/mm² 前後にせばまる。

(108) 16-13-Mo オーステナイト・ステンレス鋼のクリープ破断特性

住友金属工業中央技術研究所 三好栄次
〃 鋼管製造所 寺井庄治
〃 中央技術研究所 阿部隆

Creep-Rupture Characteristics of 16-13-Mo Austenitic Stainless Steel.

Eiji MIYOSHI, Shoji TERAI and Takashi ABE

I. 緒言

16-13-Mo 鋼は従来化学工業用材料として用いられてきたが、最近ではボイラ用としても用いられるようにな