

Fig. 3. Relation between various heat-treatment, subzero treatment and hardness on the specimen of bearing steel.

られる。マルテンパーの場合の変形量は非常に小さく、殊に 200°C で 3 分間行つた方が小さい。又その試料による偏差も少く、之は試料内外の温度差が小さいために熱歪が少く、殆んどが変態歪であると考えられる。

又一般に焼入を行つたものを焼戻、サブゼロ処理しても変形量は殆んど変わらず、むしろごく僅か増加する傾向がある。

硬度は水焼入のものが最も大きく、油焼入の場合もマルテンパーの場合も硬度はやや落ちるが、その値はよく似ている。之を -72°C のサブゼロ処理しても硬度は殆んど変化していないが、ごく僅か増加しているものもある。焼戻後の硬度は水焼入のものは著しく低下し、油焼入のものもやや低下するもマルテンパーしたものは、あまり低下していない。又一度焼戻したものはサブゼロ処理を行つても硬度は殆んど増加しない。

IV. 総 括

軸受鋼の試料について各熱処理、サブゼロ処理を行いその変形量と硬度について比較検討したが、その結果を要約すれば次の如くである。

- 1) マルテンパーした場合の変形量が最も小さく、又その偏差も少く、硬度もあまり低い値を示さない。従つて此の方法が最適である。
- 2) 焼入によつて生じた歪は -72°C のサブゼロ処理及び 200°C の焼戻によつてあまり変化しない。
- 3) サブゼロ処理を行つても硬度の増加は殆んど認められない。

(78) 13 Cr 鋼の機械的強度に およぼす Mo の影響

The Influence of Mo on the Mechanical Strength of 13% Cr Steel

Ryoichi Sasaki, Lecturer, et alii.

株式会社日立製作所日立研究所

工博 小野 健二

○佐々木 良一

理 小川 卓三

I. 緒 言

Mo は一般に鋼の高温における機械的強度、特にクリープ強さを向上させる元素として知られている、Mo を添加した 13 Cr 鋼について二三実験結果が発表されているが、その高温における機械的強度、特にクリープおよび疲労に関する実験結果は余り発表されていないので今回 Mo および C 量の異なる 5 種の 13 Cr 鋼について常温～550°C における各種機械性試験を行い Mo の影響を求めた。

II. 実 験

(1) 試料および熱処理

Table 1 は試料の組成、オーステナイト結晶粒度および学振法による清浄度を示す。試料は全て熱間加工によつて 22 角に伸ばされ、850°C 2 時間焼鈍後所要の長さ切断された。いずれの試料もブリネル硬さ 201～206 に揃えて実験することにした。それぞれ焼入硬さ曲線および焼戻硬さ曲線を求めて熱処理温度を決定した。

Table 2 は試料の熱処理条件を示す。

(2) 引張試験

20 ton アムスラー型試験機により、常温、300°C、400°C、500°C および 550°C で各 2～3 本づつ試験し平均値を求めた。

(3) 衝撃試験

30 kg m シヤルビー衝撃試験機により、常温、300°C、400°C および 500°C で各 3～4 ケづつ試験し平均値を求めた。

(4) 疲労試験

スパンの長い特型小野式回転曲げ疲労試験機により、常温、300°C、400°C、500°C および 550°C で疲労試験を行つた。

(5) クリープ試験

KWI 法によつて負荷後 3～6 時間における平均歪速

Table 1. Composition, grain size & cleanliness of samples.

Sample No.	Composition (%)								Austenite grain size	Cleanliness & mean thickness.	
	T. C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo		A type	B type
1—M	0.15	0.19	0.53	0.018	0.012	0.14	12.17	1.06	7	1.0, 2.6 μ	3.9, 4.6 μ
M	0.15	0.11	0.31	0.018	0.012	0.20	12.87	0.38	7~8	1.5, 3.0 μ	2.2, 5.5 μ
A	0.17	0.15	0.29	0.018	0.012	0.20	12.90	tr	7	0.5, 3.8 μ	3.3, 6.3 μ
M*	0.09	0.34	0.43	0.020	0.021	0.31	13.24	0.40	6~7	0	3.8, 4.4 μ
A*	0.11	0.24	0.40	0.010	0.022	0.32	14.20	tr	6.5	0	4.0, 4.0 μ

Table 2. Heat treatment of samples.

Sample No	1—M	M	A	M*	A**
Annealing temp.	795~800	783~788	740~745	785~790	785~790

* 990°C × 30 mn → oil quench.

** Air cooling after 1 h tempering.

Table 3. Testing results of mechanical properties.

Sample No.	1—M (Mo 1.06%)	M (Mo 0.38%)	A (Mo tr)	M* (Mo 0.4%)	A* (Mo tr)
Tension (kg/mm ²)	room temp.	69.4	68.5	67.8	68.1
	500°C	50.3	44.3	43.5	46.3
	550°C	44.1	—	—	41.8
Charpy impact value (kg m/cm ²)	room temp.	24.4	24.6	25.4	28.3
	500°C	23.2	25.7	26.7	29.3
Fatigue limit in Ono type rotation-bending (kg/mm ²)	room temp.	39	38	39	40
	500°C	29	29	30	29
	550°C	26	26	—	25
Endurance coefficient (fatigue limit/tension)	room temp.	0.56	0.55	0.58	0.59
	500°C	0.58	0.65	0.67	0.62
	550°C	0.59	—	—	0.60
Creep limit for KWI 5 × 10 ⁻³ %/h (kg/mm ²)	23.5	15.1	12.5	14.7	13.4

度 5 × 10⁻³%/h に対応するクリープ限度を求めた。

III. 実験結果およびその検討

Table 3 は試験結果の一部を示す。

(1) 引張試験

1—M, MおよびA間で比較すると常温では殆んど差はないが, 高温では Mo を 1% 含む 1—Mは引張強さが高く, 伸および絞がやや小さい。1—Mと M*および A*とを比較すると 400°C 位まで引張強さは大差がなく 500°C 以上で 1—Mがやや高い。これによると, 各試料間の引張強さの平均値には若干の差があるが, 試験値のばらつきを考慮した場合に, この差が充分意味を持つか否かを確かめるため, 統計的に有意差検定を行い検討を加

えた。それによると, 1—Mが高温で引張強さが高いのは確かであるが, 0.4% Mo を含むものと Mo を含まぬものとの差は統計的には有意とは言い難い。したがって本実験のように硬さを等しく調質した場合には 0.4% 程度の Mo は引張強さに殆んど影響を与えないと考えられる。

(2) 衝撃試験

衝撃値についても引張強さと同様, 統計的有意差検定を行った。各試料間の差および温度による変化は有意と判定され, 1—M, M および A との間で比較すると Mo の多いものは衝撃値がやや低いようであるが, Mo 量との関係は認め難く, 衝撃値は Mo 以外の原因による変動の方が大きいであろう。

(3) 疲労試験

温度の上昇に伴い、引張強さおよび疲れ限度は低下するが、低下の割合は疲れ限度の方が小で、したがって、耐久比(疲れ限度/引張強さ)をとると常温より高温の方が大きい値を示している。疲れ限度に対する Mo の効果は認め難い。耐久比をとつて考えると却つて Mo の多いものは Mo を含まぬものより低い値を示している。この点から Mo は 13 Cr 鋼の耐疲労性の向上には効果がないと言えよう。これは顕微鏡組織に現われる遊離フェライト(焼入温度における δ) と関係があるようである。

(4) クリーブ試験

1% Mo を含む 1-M は最も強く、M, M*, A*, A の順である。Mo の影響は顕著であつて、Mo 0.4% の添加でも明らかに効果が認められ、1% 添加の場合は Mo を含まぬものの約 2 倍の強さを示した。

IV. 結 言

- (1) Mo の添加により高温の引張強さは若干向上する。
- (2) シャルピー衝撃値に対する Mo の影響は認め難い。
- (3) 疲れ限度に対する Mo の効果は認められず却つて Mo の多いものは耐久比が低下した。
- (4) クリーブ強さに対する Mo の影響は極めて著しく、1% Mo を含むものは Mo を含まぬものの約 2 倍のクリーブ限度を示した。

(79) ガスタービン用 Ni-Cr 系 (15-20%) 耐熱鋼の諸性質におよぼす Nb, V, Ti および N₂ の影響 (I)

The Effect of Nb, V, Ti and N₂ on the Properties of Ni-Cr (15~20%) System Heat Resisting Steel for Gas Turbines (I)

Sadao Koshiba, Dr. Eng., Lecturer, et alius.

日立製作所安来工場 ○工博小 柴 定 雄
同 工 九 重 常 男

先に Ni-Cr 系耐熱鋼の時効硬度におよぼす各種元素の影響について報告した。其の結果より適当な組成を決定したが、更により高い性能を附与せんがため添加元素として Nb, V, Ti, および N₂ が鍛造性、時効硬度、顕微鏡組織、高温機械的性質、耐酸化性、クリーブ限におよぼす影響について実験を行つた。試料の化学成分を Table 1 に示す。鍛造性には Nb が最も良く、次いで

Table 1.

Sam- ples	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Adding elements
A	0.50	0.81	1.03	15.63	21.70	3.98	3.91	
B	0.51	0.75	1.16	16.03	20.70	3.97	4.10	Nb 4.1
C	0.51	0.98	1.22	16.05	21.10	4.01	4.22	V 2.4
D	0.49	1.01	2.21	15.97	21.40	3.94	3.94	Ti 2.0
E	0.52	1.04	1.17	15.80	20.80	4.02	4.03	N ₂ 0.14

Ti, V, N₂ の順となる。時効硬度は Fig. 1 に示す如く N₂ が最も高く Ti が最も低い。顕微鏡組織をみるに V を含む試料が最も炭化物多く、N₂ を含む試料はオーステナイトの結晶粒が最も大きい。高温抗張力は Fig. 2 に示す如く V が最も高く、次いで N₂, Ti, Nb の順とな

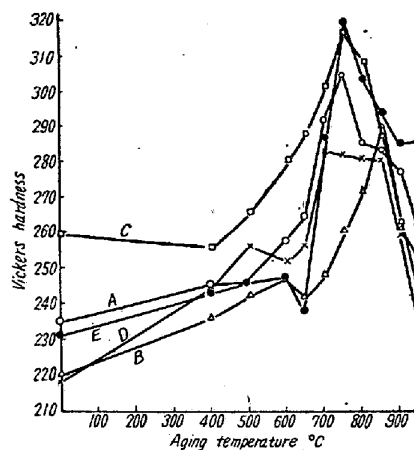


Fig. 1. Relation between aging temperature and hardness.

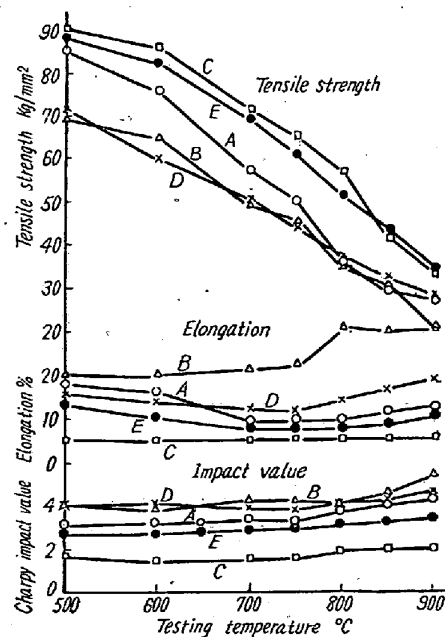


Fig. 2. High-temperature mechanical properties.