

(121) 14Cr-4Mo ステンレス軸受鋼の熱処理特性について

特殊製鋼

工博 日下 邦男・○村井 弘佑

On the Heat Treatment Characteristics of 14Cr-4Mo Stainless Bearing Steel.

Dr. Kunio KUSAKA and Kuosuke MURAI.

I. 緒 言

最近動力機関の高速化に伴い高温軸受材の需要が多くなり、その要求する規格も年々高まる傾向にある。そのため材質的にも高合金系が用いられるようになり、米国では TBS 1000, M50, M1, M2, M10 などが使用されている。ことに高温で高い硬度とともに耐食性の要求される材料としては従来より AISI の 440 C ステンレス鋼が広く利用されているが、これを耐熱軸受鋼として使用する場合は高温硬度や、軟化抵抗に難点がある。これらの欠点を補うため Mo を添加したいわゆる 14-4Cr-Mo ステンレス鋼²⁾が注目されている。この鋼種は C が高いため焼入温度をあげた場合、多量のオーステナイトが残留するので焼入後は適正な焼戻とサブゼロ処理を組合せないと十分な硬度と寸法の安定性が得られない。

本報では焼入温度と焼戻温度さらにサブゼロ処理を組合せた場合の硬度変化とこれに伴う残留オーステナイトの挙動を調べ、これに付随して高温特性として高温硬度長時間保持による軟化抵抗、および寸法変化率について 440C ステンレス鋼と比較実験した結果について述べる。

II. 供試料および実験方法

試料および比較材に用いた 440C の成分を Table 1 に示す。試料は高周波誘導炉にて真空溶解した 100kg 鋼塊を 70mm 角に鍛造したのち 30mm 角に圧延して各種の実験素材とした。なお残留オーステナイトは磁気継鉄法により 2000 Oe の磁場にて測定した結果である。また焼入組織中の未溶解炭化物の定量は Linear Analysis にて求めたものである。

III. 実験結果

1) 焼入温度と残留オーステナイトの関係

焼入ままの硬度は 1050°C で最大となり、やや急速に低下する。焼入温度と残留オーステナイト量および焼入組織中の炭化物量の関係は Fig. 1 に示されるように、1050°C を堺として炭化物の基地への固溶が 1100°C までに進行するのに対し、オーステナイトの残留量は 1100°C ~ 1150°C で急激に増加しており、1150°C 以上になると Photo. 1 (a) に示すようにオーステナイト+炭化物組織となる。

2) サブゼロ処理による残留オーステナイトの分解

焼入直後のサブゼロ処理は残留オーステナイトの分解に効果があることは知られるが、焼入温度により分解量

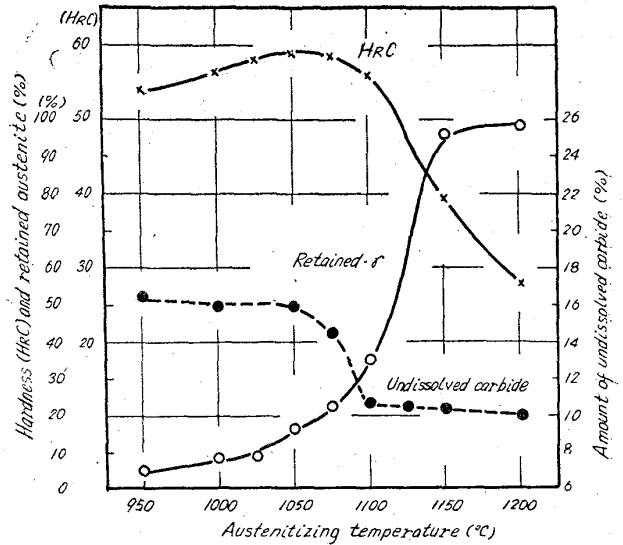
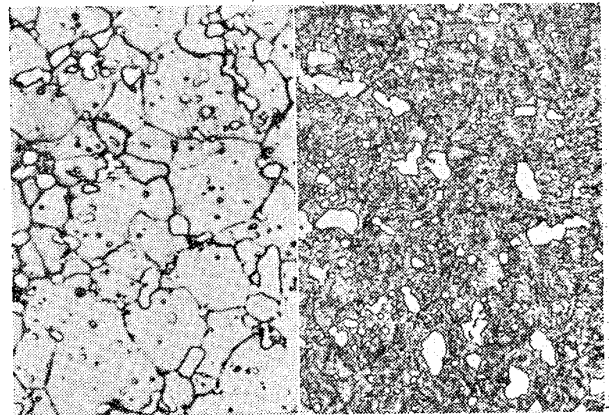


Fig. 1. Change of retained austenite, undissolved carbide and hardness due to elevated austenitized temperature.



(a) austenitized at 1150°C
(b) 550°C (2x2hr), -76°C (1hr) and 550°C (2hr) after quenching at 1150°C.

Photo. 1. Micrograph of 14-4 stainless bearing steel. x400 (4/5)

に差があることが認められた。すなわち、1050°C および 1150°C 焼入直後のサブゼロ処理 (-76°C x 1hr) では残留オーステナイトの 48~49% が分解するのに対し、1100°C 焼入の場合は約 63% が分解する。また焼入後焼戻のくり返しによつても残留オーステナイトの分解が起るが、この場合でも焼戻前にサブゼロ処理を行えばその効果が大きい。例えば、1100°C から焼入した場合 500°C x 2hr 2回の焼戻により 28% のオーステナイトが残るのに対し、焼入直後サブゼロ処理したものでは同様の焼戻しで 8% まで減少する。

Table 1. Chemical composition of steels tested.

| Steel | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu |
|-----------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| 14-4 | 1.11 | 0.52 | 0.83 | 0.008 | 0.017 | 0.09 | 14.05 | 4.01 | 0.15 | 0.03 |
| AISI 440C | 0.99 | 0.21 | 0.49 | 0.023 | 0.009 | 0.16 | 17.09 | 0.47 | — | 0.03 |

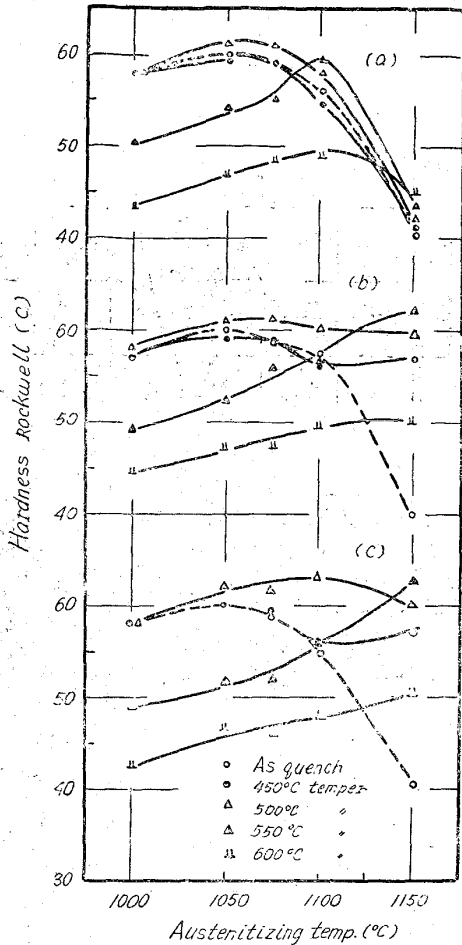


Fig. 2. (a) (b) (c) Effect of austenitizing temperature and various combinations of tempering and subzero treatment on the hardness of 14-4.

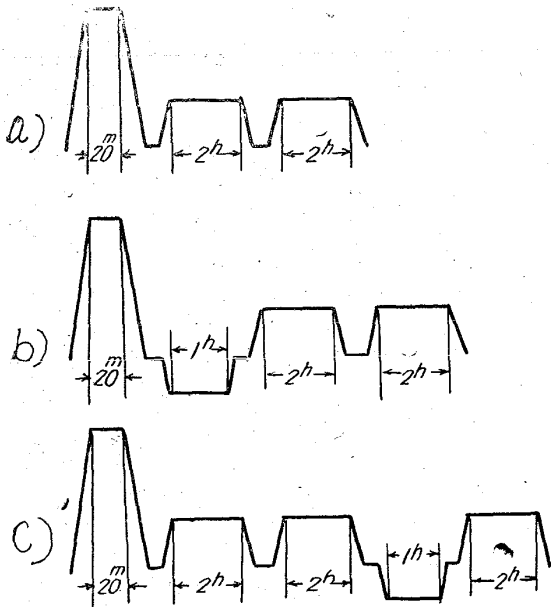


Fig. 3. Heat treatment diagrams of 14-4.

3) 焼入, 焼戻およびサブゼロ処理組合せによる硬度変化

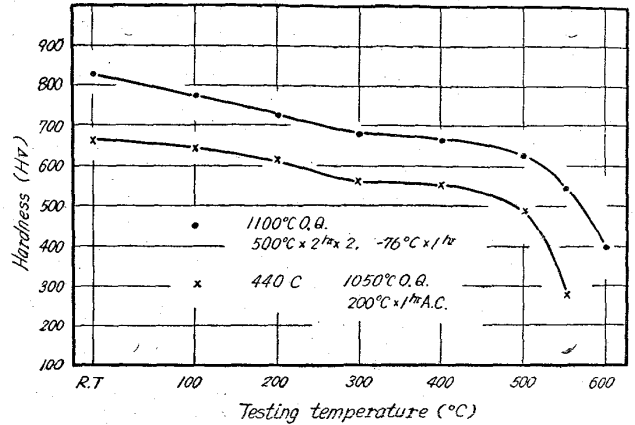


Fig. 4. Hot hardness of 14-4 compared with AISI 440 C.

1000°C ~ 1150°C の焼入試料について450°C ~ 600°C の範囲で焼戻した場合の硬度変化を Fig. 2(a) (b) (c) に示す。この場合の熱処理サイクルは Fig. 3 に示す処理によるものであるが、これらの硬度曲線からわかるように焼入温度の高い場合の残留オーステナイトの分解には高い焼戻温度が必要となる。例えば 1150°C より焼入した場合はほぼ完全なオーステナイト組織となり硬度も HRC 40 にすぎないが焼戻温度 550°C の熱処理サイクル C を行なえばオーステナイトの分解が著しく進行し、Photo. 1 (b) に示すごとくマルテンサイト基地となつて硬度は HRC 63 を示す。

4) 寸法変化率

焼入温度を 1050°C ~ 1150°C より、また焼戻温度を 500°C ~ 550°C より選び最高硬度の得られる熱処理サイクルをほどこした試片 (φ12×50mm) を用い 300°C および 400°C で 500 hr (実験予定 1000 hr) まで時効させた場合の長さ方向の寸法変化率は 10 hr で 300°C の場合は 0 ~ +0.006%, 400°C の場合は +0.006 ~ +0.008% と少ない。100 hr の時効では 300°C, 400°C と差がなく何れも 0.012% 程度の膨張を示す。この傾向は 500 hr でもほとんど変わらない。

5) 高温硬度および軟化抵抗

Fig. 4 に本試料および 440C ステンレス鋼の高温硬度を比較して示す。550°C 以上では硬度低下が大きい、初期硬度の高い熱処理を行なえばすぐれた高温硬度が得られる。また、480°C に長時間加熱したのちの硬度低下は 200hr まで認められず熱処理ままの HRC 62 が維持されるが、500hr になると HRC 53.5 と軟化し 1000hr までこの硬度が続く。

440C の方は 10 hr ですでに硬度低下が起きており、200 hr では HRC 52, (初期硬度 HRC 55) 500 hr では HRC 41 と軟化は早い。

IV. 結 言

14-4 Cr-Mo ステンレス軸受鋼についての実験結果をまとめると次のようになる。

- 1) 焼入硬度は 1050°C で最高となりこの場合、オーステナイトは約 16% 残留する。
- 2) 1150°C 以上の焼入でオーステナイト+炭化物組織となる。
- 3) 適正な焼戻温度とサブゼロ処理の組合せにより HRC 40 のオーステナイト組織は分解し HRC 63 のマルテンサイト組織となる。
- 4) 熱処理サイクルを行ない最高硬度の得られた試料の寸法変化率は 300°C および 400°C で 500 hr の時効では長さ方向で最大 0.012% の膨張を示す。

文 献

- 1) Metal Progress, 80 (1961) 4, p. 104.
- 2) 千原 学: 特殊鋼, 11 (1962) 11, p. 50