

Cr は約 0.6%, C は約 0.5% である。

### 文 献

- 1) 上野, 三橋, 中野: 鉄と鋼, **41** (1955) 1102
- 2) 佐藤, 金子, 西沢: 日本金属学会誌, **19**(1955)336

## (32) 軸受鋼の研究 (IX)

(ボール線材のオーステナイト状態の挙動と早期寿命試験結果について)

Studies on Ball Bearing Steels (IX)

(Austenitizing Behaviour and Rapid Life Test of Drawn Ball Wire)

M. Ueno, et alii.

工業技術院機械試験所 工〇上 野 学  
工博 三 橋 鉄太郎・工 中 野 泰

### I. 結 言

一般に軸受のボール, ローラーおよびニードルは軸受鋼第1種に担当する線材より製造される。これは内輪や外輪用の第2種の組成のものに比して Cr の含有量が低いためである。

この軸受鋼第1種に担当する線材の研究として, 鋼塊の大きさの影響, 原料の相違の影響および V の添加の影響が早期寿命にどのような挙動をおよぼすかを研究の主目標とし, 合せてこれらの線材のオーステナイト状態の挙動を調べた。そしてその結果を本稿に報告する。

### II. 実験試料および実験方法

実験に供した試料は A, B, C 社の軸受鋼第1種に相当する線材で, その化学組成は Table 1 に示す。いずれも JIS 規格の軸受鋼第1種の化学成分範囲に合格する。A 社の A1 の鋼は銑鉄 50%+スクラップ 50% を原料として塩基性電気炉で熔製したもので, A2 は銑鉄 15%+

スクラップ 85% を原料としたものである。A1 と A2 とはいずれも 200 kg 鋼塊より中型圧延機と線材ロール圧延機でもつて  $\phi 6.8$  mm の線材にした後に, 球状化焼鈍したものである。B1 は市販の  $\phi 3.8$  mm の線材である。C 社の C1 と C2 は砂鉄銑 20%+リターン・スクラップ 60%+スクラップ 20% を原料とし塩基性電気炉で熔製したものである。いずれも 400 kg 鋼塊を鍛造後線材に圧延して  $\phi 6.0$  mm の線にした後に球状化焼鈍したものである。C1 と C2 の相違は V の添加のちがいである。C1 には約 0.09% の V が添加されている。

化学成分の内 Ni, Cu についてみるに, A1 と A2 の鋼は他に比して著しく低い。これは米国よりの輸入スクラップのみを使用してリターン・スクラップを使用しないためと考えられる。

つぎにこれらの鋼の非金属介在物を比較すれば Table 2 のごとくである。A1 と A2 は他に比して著しく A 型が少なくない。B1 の市販の鋼は A 型も B 型も他よりも相当に多い。しかしこの鋼も A 型よりも B 型が著しく多いので電気炉で熔製された鋼である。

オーステナイト状態の挙動については焼入温度と硬度曲げ応力, セメント量および残留オーステナイト量との関係を求めた。硬度は明石微少硬度計を使用し曲げ強度試験は JIS の針状ころの曲げ強度試験法に準拠した。また, セメント量は lineal analysis により, 残留オーステナイトは積分強度法により測定した。

早期寿命試験に用いる試料は線材の圧延方向に沿い,  $\phi 3.2$  mm  $\times$   $l 18.0$  mm のニードルを削り出し, これを  $840^{\circ}\text{C} \times 1/2\text{h} \rightarrow$  水焼入  $\rightarrow 150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$  焼戻処理した後に,  $\phi 3.0$  mm  $\times$   $l 18.0$  mm のニードルにセンターレス・グラインダーで研削した。そして表面を超仕上げ研磨して, いづれの試料も  $-0.5 \sim 0 \mu$  の範囲にあるようにニードル

Table 1. Chemical composition

Code	Steel No.	Weight percent										Remarks
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	N	V	
A	A 1	1.04	0.25	0.37	0.007	0.009	0.02	1.05	0.04	0.0088	—	Pig iron 50%+scrap 50%, 200 kg ingot
	A 2	1.04	0.25	0.38	0.008	0.010	0.03	1.05	0.04	0.0093	—	Pig iron 15%+scrap 85%, 200 kg ingot
B	B 1	0.93	0.32	0.34	0.015	0.015	0.06	0.98	0.17	0.0114	—	Commercial steel
C	C 1	1.00	0.20	0.33	0.022	0.006	0.11	1.04	0.13	—	0.09	Pig iron (iron sand) 20%+ returned scrap 60%+scrap 20%, 400 kg ingot
	C 2	1.00	0.21	0.36	0.014	0.004	0.11	1.06	0.13	—	—	Pig iron (iron sand) 20%+ returned scrap 60%+scrap 20%, 400 kg ingot

Table 2. Non-metallic inclusion.

Steel No.	A-type non-metallic inclusion		B-type non-metallic inclusion	
	Degree of cleanliness	Mean thickness	Degree of cleanliness	Mean thickness
A 1	0.07	2.5 μ	2.4	4.1 μ
A 2	0.08	2.6 μ	2.3	4.0 μ
B 1	0.59	5.3 μ	5.0	5.8 μ
C 1	0.3	3.0 μ	2.3	3.0 μ
C 2	0.4	3.0 μ	2.3	3.0 μ

の直径の精度をとくに注意した。

III. 実験結果および考察

(1) オーステナイト状態の挙動

(a) 硬度: φ3.2mm×l18.0mm のニードルを各焼入温度に 1/2h 加熱して水焼入した後 150°C×1h 焼戻した。これらの試料の硬度を微小硬度計 (荷重 200 g) で測定した。いずれの試料も 860°C までは焼入温度とともに硬度は増加する。しかし 860°C 以上の焼入温度になると硬度が低下する。

(b) 曲げ強度: JIS による曲げ強度試験<sup>1)</sup>では、試験するニードルを支点および負荷点に使用し、支点間距離 (l) は試験ニードルの直径 (d) の3倍で、1/2 l の負荷点に荷重を加えて破断荷重 (W) を求める。そうすると、曲げ応力は次式で求められる。すなわち

$$\sigma = \frac{M}{Z} = 24 \frac{W}{\pi d^2} \dots\dots\dots (1)$$

σ: 曲げ応力 (kg/mm<sup>2</sup>).

M: 破壊荷重に対する曲げモーメント ( =  $\frac{Wl}{4}$  )

Z: 各径のニードルに対する断面係数 ( =  $\frac{\pi d^2}{32}$  )

W: 破断荷重 (kg). l: 支点間距離.

d: ニードルの直径.

上記 (1) 式で求めた曲げ応力と焼入温度との関係を各試料についてプロットしたものが Fig. 1 である。焼入温度とともに曲げ応力が低下する傾向を示すが、820~840°C で低下の傾斜が緩やかで、横軸にほとんど平行になる。ただし (B) の鋼だけは例外で、焼入感受性に敏感である。

(c) 残存セメンタイト量: Fe<sub>3</sub>C 量は lineal analysis により約 10mm~15mm の間の積線分比より求めた。Fig. 2 は焼入温度と残存する Fe<sub>3</sub>C 量との関係を示す焼入温度 840°C までは Fe<sub>3</sub>C は急速に固溶するが、840°C 以上では比較的緩慢である。A社のA1とA2は比較的似た傾向を示すが、C社のV添加せるC1とV添加せざるC2とは Fe<sub>3</sub>C の固溶に対する傾向がかなり異なる。

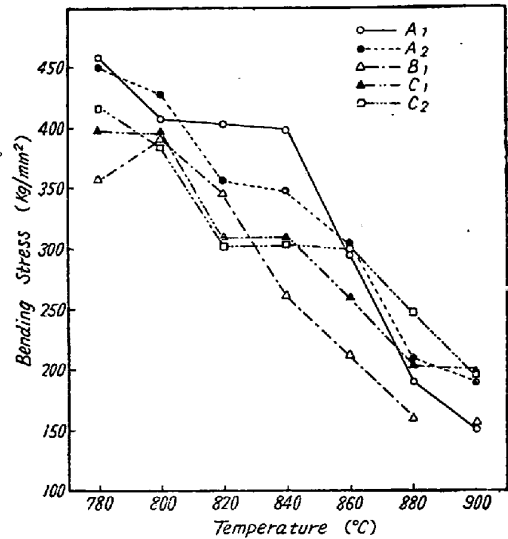


Fig. 1. Relation between bending stress and quenching temperature.

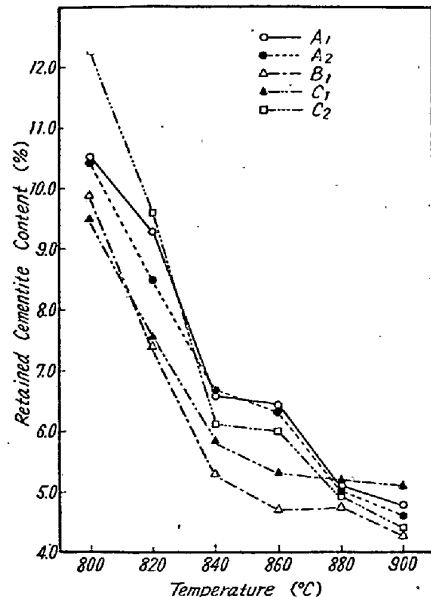


Fig. 2. Relation between retained cementite content and quenching temperature.

(d) 残留オーステナイト量: 残留オーステナイト量の定量には積分強度法<sup>2)</sup>による X 線的定量法を採用した。そして焼入温度と残留オーステナイト量との関係を求めた。これについては講演の際にゆずる。

(2) 早期寿命試験について

上期 5 種の線材より削り出したニードルを、いずれも 840°C × 1/2 h → 水焼入 → 150°C × 1 h 焼戻処理した。これを研削した後に表面を起仕上げした。このようなニードルを各種の鋼について約 60 本用意し、早期寿命試験<sup>9)</sup>で寿命試験を実施した。そして“Flaking”の発生するまでの時間を寿命時間として、それらの結果を統計的に処理した。紙面の都合上この結果を講演の際にゆずる。

文 献

- 1) JIS, B 1504~1954, 針状コロ
- 2) 上野, 三橋, 中野: 鉄と鋼, **42** (1956), 257
- 3) 上野, 三橋, 岡本: 鉄と鋼, **42** (1956), 260

(33) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (IV)

(低 W-Cr 工具鋼の炭化物について)

Study on Carbides in Practical Special Steels by Electrolytic Isolation (IV)

(On Carbides in Low W-Cr Tool Steel)

T. Nishizawa, et alii.

東北大学工学部 教授工博 佐藤 知雄  
 “ 特研生 工〇西 沢 泰 二  
 “ 学生 工 大 橋 正 昭

I. 緒 言

工具鋼の切削能あるいは磨耗抵抗が、鋼中に存在している炭化物粒の量、大きさ、形状およびその分布状態等によつて著しい影響を受けることは古くから知られておる。したがつて、工具鋼中の炭化物の本性を明らかにすることは、工具鋼の研究上極めて重要な意義を有することは言をまたない。

本研究においては、特殊工具鋼の中で最も使用範囲の広い特殊工具鋼第 2 種 (SKS 2) の炭化物について、電解分離法による実験をおこない、炭化物の量、結晶構造およびその組成の熱処理にともなう変化を究明した。

試料の化学組成は Table 1 に示すとくである。

Table 1. Chemical analysis of specimen

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W
1.03	0.24	0.31	0.019	0.015	0.24	0.91	1.43

II. 実験結果

(1) 焼鈍組織中の炭化物ならびに地鉄の組成

Table 2 は 700, 750 および 800°C に 3h 加熱後徐

冷した焼鈍試料中の炭化物を分離し、化学分析することによつて決定した W および Cr 濃度、ならびにそれらの数値より算出した地鉄の組成を示したものである。

Table 2. Metallographic analysis of annealed specimens.

Annealing temp. °C	Concentration in carbide (%)		Concentration in ferrite (%)	
	W	Cr	W	Cr
700	4.46	4.47	0.77	0.13
750	5.51	4.44	0.54	0.13
800	6.85	4.53	0.24	0.11

各焼鈍温度に対して炭化物の Cr 濃度はほぼ一定であるが、W 濃度は焼鈍温度の上昇とともに著しく増加しておる。これは鋼中における Cr の移動速度が 700°C 附近にて充分速かで平衡濃度に達しているに反し、W の移動速度は 700°C 程度の温度においてはなお極めて遅く、炭化物に対する W の濃集が充分におこなわれず、これ以上の温度の上昇とともに易動度を増して平衡濃度に近づくことによるものと推察される。

しかし、一旦炭化物の W 濃度が大きくなれば、この炭化物は焼入の加熱に際してオーステナイトに拡散固溶し難く、したがつて鋼の焼入性に対して悪影響をもたらすこととなる。なお、X 線の研究によつて、焼鈍組織中の炭化物は  $\epsilon$  相と称せられる  $(Fe, W, Cr)_{23}C_6$  と  $\theta$  相であることを知つた。

(2) 焼入組織中の炭化物ならびに基質の組成

焼鈍鋼を焼入温度に加熱すれば、まず  $\theta$  相がオーステナイトに固溶し、ついで  $\epsilon$  相が徐々に固溶する。Fig. 1 は 700°C に 3h 焼鈍後、750~950°C の各温度より焼入した試料中の基質 (マンテンサイト+オーステナイト) の C, W および Cr 濃度を示したものである。900°C 以上の焼入では、基質中の C, W および Cr 量は本鋼

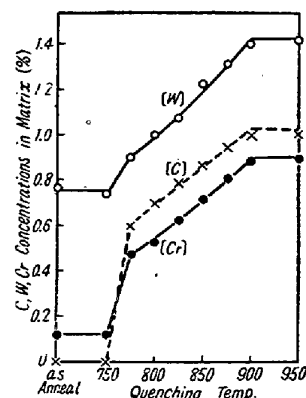


Fig. 1. C, W and Cr concentrations in matrix in quenched structure.