

添加をおこなっていないものが最も少ないがこれ以上になると V を添加したものが最も多く他は大差ない。とくに 860°C 以上で V を添加したものと他との差が大となる。この傾向は曲げ強さの焼入温度に対する傾向と略々一致している。Ti, V による炭化物の安定化は定性的にはよく知られた事実であるが, 0.05% 程度の添加ではほとんど影響なく, V は 0.1% 程度で相当効果のあることが知られる。炭化物量と標準曲げ荷重の関係をとつてみると (図略) 極めて高い有意水準で直線相関が成立つがバラツキの巾は相当大きい。

(3) オーステナイト粒度

オーステナイト粒度の測定結果は Fig. 3 に示す通りである。920°C までいずれも細粒 (整粒) であるが添加をおこなっていないものは最も粗くかつ温度上昇による粗大化の傾向が急である。他の 3 者は略々同等であり, 920°C までは Ti, V 添加の効果は Al 単独の効果と変りないようである。

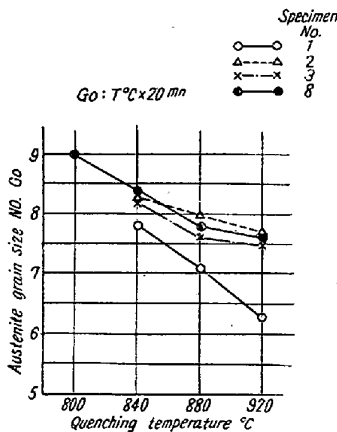


Fig. 3. Effect of quenching temperature on austenite grain size.

(31) 軸受鋼の研究 (VIII)

電解分離による軸受鋼の炭化物の挙動について (その 1)

Studies on Ball Bearing Steels (VIII)

(Behaviour of Carbides in Ball Bearing Steels by Electrolytic Isolation (I))

H. Nakashima, et alius.

Table 1. Chemical composition of ball bearing steels.

Mark	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%	Cr%	Cu%	V%	N%
Home made HM	0.98	0.32	0.41	0.011	0.005	0.31	1.37	0.22	—	0.0027
SKF tube SKF	1.04	0.29	0.31	0.025	0.019	tr	1.47	0.03	0.011	0.0027

工業技術院機械試験所

工上野学・工中島宏興

I. 緒言

軸受鋼の寿命が残存炭化物量とかなり関係の深いことを報告したが, この場合残つた炭化物の量そのものよりもその時の基地の組成がより大きい影響をもつと考えられる。基地の組成を直接求めることもできるが, 本報告では残存炭化物の組成を先ず求めて, それから基地の組成を計算することにした。

ここでは軸受鋼の炭化物の量および化学組成, ならびに基地の化学組成が熱処理によつていかに変化するかについて報告する。

II. 実験試料および実験方法

実験試料としては, SKF パイプ材と国内産の塩基性電気炉鋼を使用した。その化学組成は Table 1 に示す通りである。

いずれも JIS の軸受鋼第 2 種に相当する。上記材料より 8mmφ×100mm の丸棒を削出し, これを 780~900°C で 20°C おきにそれぞれ 30mn 保持して油焼入をした。

炭化物の電解分離は, 東北大佐藤教授の考案された装置²⁾を使用し, 電解液は 0.2N 塩酸+5% クエン酸約 2 l, 電流密度は 10mA/cm², 電解時間は 48 h で, 電解中水素を通した。

残存炭化物の量は Hurlbut Counter を使用して lineal analysis によつて測定した。

III. 実験結果

ここでは SKF パイプ材についてのみのべ, 国内産軸受鋼については講演の際に譲ることとする。

SKF パイプ材の各焼入温度に対する残存セメンタイトの量は Fig. 1 の通りである。図から明らかなように比較的低温でかなりの量のセメンタイトが固溶し, この曲線から推察すれば 970~980°C でセメンタイトは大体固溶し終るようである。

電解分離において, 焼鈍鋼は 92% 程度の炭化物が得られるが, 焼入鋼では 70~80% の収率である。Fig. 1 で「分離された炭化物」とは残査より基地中の炭素や介在物などを除いた値であり, 「未溶解の炭化物」とは lineal

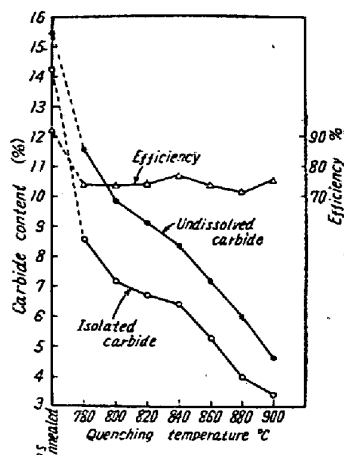


Fig. 1. Effect of quenching temperature on retained carbide content.

analysis による値をいう。この両者の比が「収率」である。焼入鋼で収率がよくないことは一般に認められている事実でマルテンサイトやオーステナイトがフェライトよりも電解的に貴であつてセメンタイトの電解電位に接近するためである。

次に分離した炭化物および基地の化学組成は焼鈍状態で Table 2 のごとくである。

Table 2. Chemical composition of carbide and ferrite in the annealed steel.

	C%	Cr%	Mn%	V%
carbide	6.73	8.83	0.98	0.045
ferrite		0.12	0.19	0.0047

焼鈍鋼の残査の炭素分析値は 6.82% で、Table 2 の値よりやや高い。これは電解中に侵蝕された炭化物の炭素や基地鉄中の炭素が吸着して残査の中に入つてきたものと考えられる。基地中の炭素はかなりの量が電解残査中に入つてくるようであつて、例えば 840°C から焼入れた試料の残査の炭素分析値は 9.74% である。Cr 含有量は炭化物では 8.83% で鋼の成分 (1.47%) に比べて非常に高い。Mn, V も Cr と同様に炭化物へより多く固溶している。

熱処理による炭化物および基地鉄の化学組成変化は Fig. 2 の通りである。炭化物の Cr 含有量は比較的低温度の熱処理でかなり急激に増加し 820°C 位ではほぼ一定になり、それより高温ではわずかながら増加の傾向にある。一方基地鉄の Cr 含有量も焼入温度が高くなるとともに増加し、軸受鋼の普通の焼入温度である 840°C で炭化物の Cr は 11.5%、基地鉄の Cr は 0.6% であ

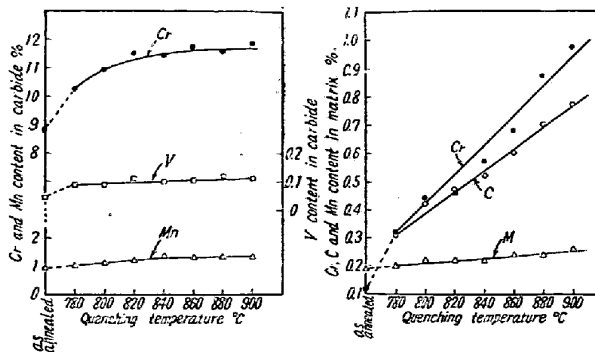


Fig. 2. Changes of some compositions of carbide and matrix due to quenching temperature

る。またこの時の残存炭化物は 8% で基地鉄の C は 0.5% 程度である。Mn, V もわずかながら加熱温度の上昇とともに炭化物中の含有量は増加している。

比較的低温度からの焼入処理で炭化物がかなり溶けこみ、また炭化物の Cr 含有量が焼入温度とともに増す現象はつぎのように考えられる。すなわち焼鈍状態で存在する炭化物は全部が同一のものではなくて化学組成や安定度がそれぞれ異なつていて、溶けこみ易いものと溶けこみ難いものがあり加熱に際して後に残つた溶けこみ難い炭化物は溶けこみ易いものに比べて Cr, Mn, V などいわゆる炭化物形成元素の含有量が高いと考えられる。実際高温から焼入れた試料に残存する炭化物は顕微鏡視野において焼鈍状態の炭化物と大きさにあまり変化がなく、このことはすべての炭化物が均一に溶けて小さくなるのではなく、ある種の炭化物は比較的早く溶けてなくなり、ある種の炭化物は高温になつても溶け難いためと考えられるのである。

IV. 結 言

以上 SKF パイプ材の熱処理による炭化物の挙動を明らかにしたが、つぎのごとく総括できる。

(1) SKF パイプ材 (C 1.04%, Cr 1.47%) は焼鈍状態で炭化物の量は約 15.5% でその Cr 含有量は 8.83% である。

(2) 炭化物は比較的低温 (780~800°C) の加熱でかなり急激に溶けこみ、それ以上の高温の加熱では溶けこむ割合はやや減少する。

(3) 残存炭化物中の Cr 含有量は比較的低温 (~820°C) の加熱で急激に増加しそれ以上の温度では増加はわずかである。Mn, V の含有量は加熱温度が高くなるにつれてわずかに増加する。

(4) 軸受鋼の普通の焼入温度である 840°C で SKF パイプ材の残存炭化物の量は約 8% で、その時の基地の

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 の含有量が低くだけで。

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, A 2 は銑鉄 15%+

スクラップ 85% を原料としたものである。A 1 と A 2 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 $\phi 6.8\text{mm}$ の線材にした後に, 球状化焼鈍したものである。B 1 は市販の $\phi 3.8\text{mm}$ の線材である。C 社の C 1 と C 2 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 $\phi 6.0\text{mm}$ の線にした後に球状化焼鈍したものである。C 1 と C 2 の相違は V の添加のちがいである。C 1 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, A 1 と A 2 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。A 1 と A 2 は他に比して著しく A 型が少なくない。B 1 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。硬度は明石微小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, $\phi 3.2\text{mm} \times l 18.0\text{mm}$ 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, $\phi 3.0\text{mm} \times l 18.0\text{mm}$ 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