

Table 2. Metallographic analysis of carbides and matrix.

Heat treatment	Amount of carbides (wt%)	Composition of carbides (%)					Composition of matrix (%)					
		C	Cr	W	V	Co	C	Cr	W	V	Co	
Annealed at 890~900°C	26.44	3.06	8.12	59.90	5.32	2.70	—	1.96	0.35	0.45	12.20	
Quenched at 1300°C	11.93	2.03	2.21	42.80	4.95	5.71	0.62	3.78	12.48	1.27	10.24	
Tempered at	300°C	13.97	2.29	2.46	45.10	4.79	4.95	0.55	3.78	11.39	1.21	10.47
	500°C	15.32	3.52	3.16	46.45	4.70	4.57	0.30	3.67	10.60	1.17	10.63
	575°C	20.99	3.38	5.02	50.10	4.91	3.43	0.10	3.21	7.06	0.86	11.37
	650°C	23.68	3.13	5.90	54.25	5.07	3.01	0.07	2.87	4.26	0.67	11.78
	750°C	25.54	2.98	7.10	58.50	5.21	2.82	0.04	2.39	1.56	0.51	12.06

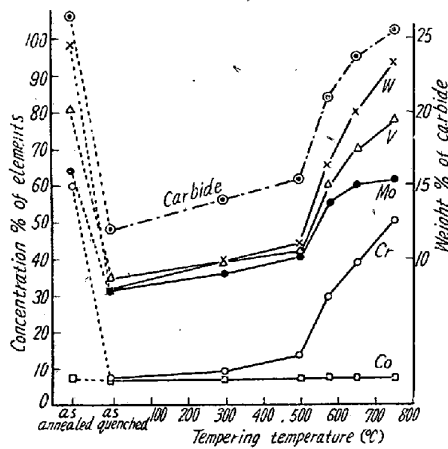


Fig. 1. Relation between tempering temperature and concentration percentage of elements in carbides, weight percentage of carbide.

により、ふたたび新しい炭化物を析出し、とくに 750°C 焼戻のものには針状の微細炭化物が多く、X線分析結果より考えて、これは  $M_{23}C_6$  炭化物と考えられる。なお焼鈍においてはいずれも球状化している。

IV. 結 言

以上高 W 高 Co 高速度鋼の各熱処理試料について、炭化物を電解分離し、化学分析、X線分析によつて炭化物の組成、構造を究明し、電子顕微鏡によつて観察した結果

(1) 焼鈍状態における炭化物量は約 26% で、 $M_6C$  MC および  $M_{23}C_6$  の 3 種の炭化物が存在し、 $M_6C$  が主体をなし約 83% をしめている。W, V はほとんど炭化物に濃縮されているが、Cr は W, V などの影響をうけて約 60% が濃縮され、Co は大部分基質に固溶し、わずかに一部が炭化物を形成しているが熱処理によつて変化しない。なお炭化物は球状化している。

(2) 焼入によつて焼鈍状態の炭化物量の約 45% が未溶解炭化物として残存し、これは  $M_6C$  が大部分で、

MC も少量存在している。C は約 70% が基質に固溶し炭化物の形状は角ばつた比較的大きいものが多い。

(3) 焼戻によつて炭化物の析出量は増加する。とくに 575°C 付近から析出量が急増し、焼戻温度の上昇とともに焼鈍状態の炭化物量および化学組成に近くなる。

650°C 焼戻まで  $M_6C$  および MC の組成比率は変化しないが、750°C 焼戻で  $M_{23}C_6$  が析出しはじめる。

低温の焼戻においても微細な炭化物が析出して、凝集を行い、高温焼戻では、低温における析出炭化物と異なつた形状の新しい微細な炭化物が析出している。

(4) 炭化物反応によつて、炭化物の主体をなす  $M_6C$  の格子定数が変化する。すなわち焼入から 500°C 焼戻においては、炭化物内における Fe と W の置換析出によつて格子定数が次第に増加し、575°C~650°C において安定化するために減少しており、焼鈍においては低い値をしめしている。

文 献

- 1) 小柴, 木村, 原田: 鉄と鋼, 44 (1958) 412, 1186
- 2) 小柴, 木村, 原田: 鉄と鋼, 44 (1958) 1085

(83) 硬度ならびに圧壊値におよぼす炭化物粒度、深冷処理およびマルテンパー処理の影響

(軸受鋼の熱処理に関する研究—II)

Effect of Carbide Particle Size, Subzero and Martemper-Treatments upon Hardness and Compressive Breaking Strength of Bearing Steel.

(Study on heat-treatments of bearing steel—II)

Yoshiro Iwama, et alii.

名古屋大学工学部 工博 武 田 修 三  
 “ 理〇岩 間 義 郎  
 愛知製鋼，知多工場工修 山 本 俊 郎

### I. 結 言

同一組成で球状炭化物の粒度のことなる2種類の試料について，種々の熱処理後の硬度，圧壊値を比較検討した結果について述べ，さらに深冷処理またはマルテンパー処理を本鋼種に施した場合についてのべる。

### II. 試 料

供試料は第1報とおなじで，その焼入前の炭化物程度は径 2~3 $\mu$  であるが，本実験ではこれらの試料の一部をふたたび 1000°C，30 分保持後油冷し，その後 760°C，20 時間保持後，徐冷した再球状化処理をおこなった。この炭化物はきわめて細粒で径 1 $\mu$  以下である。以下，前者をA試料，後者をB試料とよぶこととする。

### III. 炭化物粒度の影響

上記A，B2種の試料について，焼入後の検鏡，硬度測定，焼戻差熱膨張試験，などの結果を総合して，B試料すなわち細粒炭化物試料の方が炭化物のオーステナイトへの固溶が速く，オーステナイト中の平均炭素量が大であることが確かめられた。したがって焼戻硬度もB試料の方が高い。しかも，この効果はオーステナイト化が低温，短時間で起こられる場合に顕著であつて，高温度に長時間保持するにつれてその差は漸次ちじめられる。

しかしながら，圧壊値は硬度の高いB試料がA試料よりも高い値をしめす。したがって，A，B両試料について各種熱処理後の焼戻硬度と圧壊値との関係をしらべると Fig. 1 にしめすように，A試料にくらべてB試料が全般的に硬度，圧壊値の両方の値が高いグループを形成している。換言すれば，規格値をみたすには細粒炭化物組織の材料が好適であることをしめす。したがって，この種軸受材料では球状化処理が重要であることを強調するものである。

第1報において硬度上昇と圧壊値低下とは相互に付随的な現象で，これらは主として焼入時のオーステナイト中の炭素量，すなわちマルテンサイトの tetragonality によることを説明したが，上述の結果はこれと合致しない。このことは以下のように説明しうる。すなわち，硬度はオーステナイト中の平均炭素量にしたがつてB試料の方が高い。一方，A試料では炭化物粒が大でその分布が粗いため，オーステナイト化温度が低くて炭素の拡散がおそい場合には，オーステナイト中に局部的に炭素量の濃淡が残ると考えられる。その結果，A試料ではオー

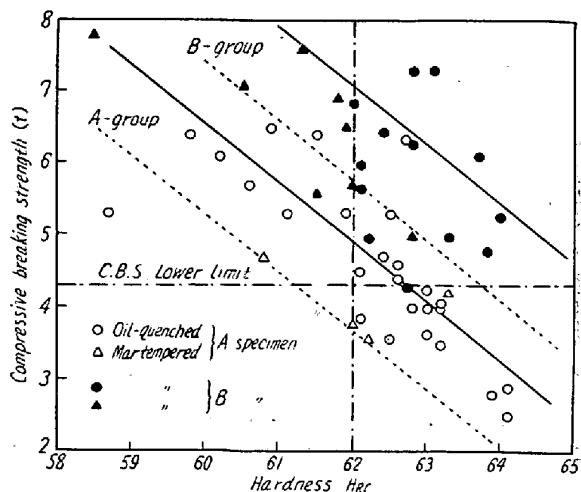


Fig. 1. Relation between hardness and compressive breaking strength of two kinds of bearing steel containing coarse (A) and fine (B) carbide particles, all tempered after various heat-treatments.

ステナイト中の平均炭素量が低いにもかかわらず，局部的にB試料よりも高い炭素濃度の部分が存在し，これが内部欠陥を誘発して圧壊値を低下させると思われる。

### IV. 深 冷 処 理

本鋼種では通常の焼入焼戻熱処理後も残留オーステナイトが存在するので，焼入にひきつづき液体酸素 (-183°C) 中に 15 分間浸漬して深冷処理をおこないその効果をしらべた。

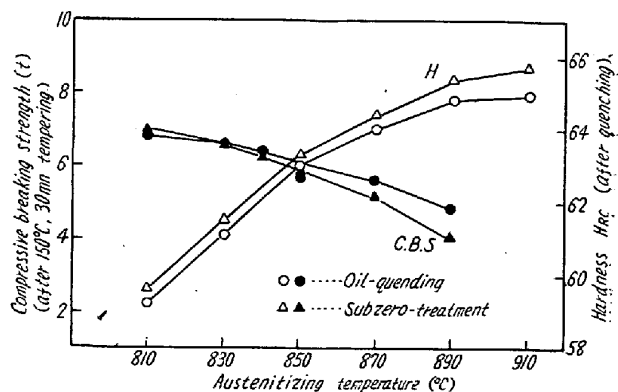


Fig. 2. Effect of subzero-treatment on hardness and compressive breaking strength of bearing steel, austenitized at various temperatures.

結果は Fig. 2 に示す。深冷処理にともなう硬度上昇は Hrc 0.5~1.0 であつて，残留オーステナイト量の多いもの，すなわち高温で長時間オーステナイト化した試料ほど，その硬度上昇は大である。圧壊値に関しては，830~850°C オーステナイト化試料では油冷処理の場合とほとんどかわりないが，それ以上の高温側のオーステ

ナイト化試料では低下する。なお、この場合の深冷処理による圧壊値低下の原因は、やわらかい残留オーステナイトのクッションが深冷処理でのぞかれることよりも、むしろ深冷処理中にあらたに生ずる tetragonality の大きいマルテンサイトが内部応力またはマイクロクラックを助長することにあると考えるべきであろう。

#### V. マルテンパー処理

本鋼種ではオーステナイト化温度 830~850°C の場合その Ms 点は 200°C 付近にある。したがって、100~250°C の油中に焼入れし、種々の時間保持後空冷する、いわゆるマルテンパー処理をほどこした結果について実験した。

マルテンパー直後の試料についておこなった焼戻熱膨脹試験、検鏡、比抵抗、硬度および磁気強度の測定、などの結果より、マルテンパー処理中におこった組織変化の概況をあらかじめ把握した。それによると、200°C 以下のマルテンパーでは恒温保持中にオーステナイトの安定化が漸次進行し、次後の空冷中一部マルテン化するもの、常温で多量のオーステナイトを残留する。250°C マルテンパーでは下ペーナイトへの恒温変態がおり、これは約 40 分でほとんど完了する。

マルテンパー処理の試料ではマルテンサイトの生成が油中焼入れ後の空冷中に徐々に進行し、マイクロクラックの発生を抑制するので、その 150°C 焼戻後の圧壊値は油冷焼戻試料に比して全般的に高い。しかし、焼入および焼戻硬度の低下がいちじるしくて、規格をみたすためにはマルテンパー処理温度は 150~100°C 以下でなければならない。なお、マルテンパー処理後の 150°C 焼戻に際しては硬度はほとんどかわらないが、焼戻なしでは圧壊値はきわめて低い。これは油中焼入れ後の空冷中に生成するマルテンサイトによるものと思われる。

#### VI. 結 言

軸受鋼第 2 種輪材について、焼入前の球状炭化物の粒度の異なる 2 種の材料について実験をおこない、硬度および圧壊値の両性質の向上には細粒炭化物組織がのぞましいことがわかった。さらに深冷処理およびマルテンパー処理の効果を検討したが、これら特殊処理は実用的には大して有効とは思えないが、いろいろ興味ある結果をえた。

### (84) 軸受鋼 SUJ 3 ころ材に発生する白雲状砂疵について

#### On the Smaller Sand Marks of Cloudy Appearance in Roller Bearing Steel SUJ 3.

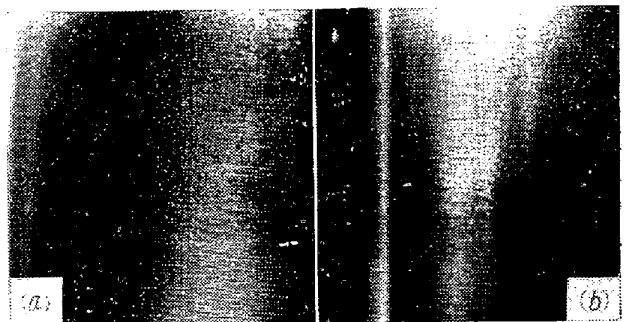
Yoshimichi Matsumoto, et alius.

日本特殊鋼

出口喜勇爾・○松本 嘉猷

#### I. 発生状況

軸受鋼 SUJ 3 ころ材を 3 段削して疵検査をする際に認められるところの、白雲状砂疵と称せられる微小疵ならびに fiber の発生状況は、Photo. 1(a) に示すごとくであつて、あたかも白雲がたなびいたとき外観を呈する。いま不良品と判定された No. 1~4 の  $\phi 55$ mm 圧延材 4 チャージおよび任意に抽出した在庫良品 No. 5~9 の 5 チャージにつき 3 段削（後述切削条件を考慮しないで）して微小疵ならびに fiber の検査を行なつた結果は Table 1 のとおりであつて、前記 Phot. 1(a) は No. 1-T2



(a)=No. 1, T2, 2/3D (b)=No. 5, T2, 2/3D

Photo 1. Appearance of smaller sand marks & fiber.

の 2 段目、同 (b) は比較のために No. 5 のそれを示す。また不良の一原因が fiber にもよると思われるがこれはかかる鋼片の縦断面を圧延方向と直角方向にセーパー仕上して見ると fiber structure が仕上面の光沢の相違となつて現われ、これが円周面を旋削する際にも発生することが推察されるからである。しかしこのように縦断面を切削した際に現われる fiber には良、不良のチャージ間でいちじるしい差異は認められなかつた。

つぎにこれらの旋削面および鋼片の縦横断面をマクロ腐蝕した結果によれば、マクロ組織に認められる条溝は加工面に発生する fiber と一致していることがうかがわれ、横断面に発生する pit は非金属介在物によるものと、炭化物周辺が acid attack されたものとの両者が考えられるが pit の数は後述する介在物の多少とよく一致していた。