

なお窒素造塊と密閉造塊の間には殆んど差が認められず、密閉造塊の方が鋼中 N_2 の増加の懸念がなく、作業も容易であるので、本結果より密閉造塊法を採用することにした。

Table 2. Gas content.

	SKF	Hoffmann	New Departure	Hoover
H (ppm)	2	3	0.8	2
O (ppm)	26	24	23	26

(70) 各国の軸受鋼の非金属介在物と炭化物

(鋼中の非金属介在物に関する研究—Ⅱ)

金属材料技術研究所

○内 山 郁・上 野 学

Nonmetallic Inclusions and Carbides in Bearing Steels in Several Countries.

(Study on the nonmetallic inclusions in steel—Ⅱ)

Iku Uchiyama and Manabu Ueno.

I. 緒 言

軸受鋼においては、従来、非金属介在物に関して厳密に規定されてきたことは周知の事柄である。これは、非金属介在物が軸受鋼の寿命に大きな影響をおよぼすという観点に立つものと考えられる。本研究においては、入手しえた外国の軸受鋼 5 種類および国産軸受鋼 1 種類について、その非金属介在物の形状、分布、大きさおよび炭化物の分布などを光学顕微鏡と電子顕微鏡で調べ、比較検討したので、それについて報告し、若干の考察を述べる。

II. 供 試 材

外国製軸受鋼 5 種類すなわち SKF (スウェーデン)、ホフマン、(英)ニューデパーチャー(米)、フーバー(米)、ティムケン(米)の各製品および国産製品 1 種類について、いずれも軸受の内輪から試料を切り出して観察を行なった。Jaco 3.4 m エバート型回折格子分光器およびカメラ製のスペクトロレクターを使用してえた各試料の

化学組成を Table 1 に示す。Table 2 はガス含有量を示す。

III. 観 察 方 法

(1) 光学顕微鏡による観察

非金属介在物の形態、色彩をカラーフィルム(富士およびサクラのリバーサルフィルム)を使用して追求検討した。

(2) 新学振法による非金属介在物の判定

新学振法の各法によつて介在物の判定を行い、その分布などを観察した。

(3) 炭化物の量と大きさの測定

ハルバットカウンターを使用して、線分比法により球状セメンタイトの量を測定した。さらに炭化物の大きさを接眼移動測微計(オリンパス製、 $\times 10$)によつて測定し、炭化物の大きさの分布と平均値を求めた。

(4) 電子顕微鏡による観察

非金属介在物および球状セメンタイトをエキストラクションレプリカ法によつて抽出し、電子顕微鏡観察、電子回折を実施した。

IV. 観察結果および考察

(1) 分析結果をみると、Cr, Mn, Si はいずれもわが国の SUJ-2 の規格範囲内にある。Cu は SKF、フーバー、ニューデパーチャーなどは低い値を示しており、ティムケン、国産は、かなり高い。これは、原料に問題があるものと考えられる。Al 含有量は、SKF、フーバーが低く、国産、ティムケンは高い。これは脱酸剤としての Al の添加量の差にあると思われる。

(2) 非金属介在物の分布につき、新学振法第 3 法で

Table 1. Chemical compositions.

	Cr*	Mn*	Si*	Ni*	Cu*	Mo**	Ti**	V**	Al**	As	Bi	Cd	Co	Mg	Nb	Pb	Sb	Sn**	W	Zn	Zr**	Fe
SKF	1.43	0.37	0.36	0.04	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5
Hoffmann	1.40	0.49	0.32	0.16	0.09	±	—	—	±	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	2.5
New Departure	1.39	0.32	0.27	0.12	0.07	±	—	—	+	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	2.7
Hoover	1.47	0.32	0.37	0.07	0.04	+	±	—	—	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	3
Timken	1.34	0.25	0.22	0.35	0.17	±	—	—	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5
Japan made	1.38	0.37	0.32	0.11	0.17	—	—	—	±	—	—	—	—	—	—	—	—	±	—	—	—	2.2

* 5 元素以外は定性のみ実施。

** $Ti < 0.01$, $Mo < 0.10$, $V < 0.02$, $Al < 0.02$, $Sn < 0.05$, $Zr < 0.07$ における強度を示す。

*** 定性の場合の強度順位は、—, ±, ±, +1, +, 2(++), 3(++), 4……10 である。

判定した結果を Fig. 1 に示す。概して、国産軸受鋼の非金属介在物に比べて外国産の鋼の介在物の方が量的に多いことが判かる。また、SKF、ホフマン、フーバーのものなどにおいては、A系介在物（主として硫化物系）が多く、国産のものは、A系介在物の量に対してB系およびC系介在物が多く見られた。これは、前述の分析結果の Al の量を考える時、脱酸量の差異に帰すると推定される。なお、新学振法の第 1 法、第 2 法で測定した結果は当日に示す。

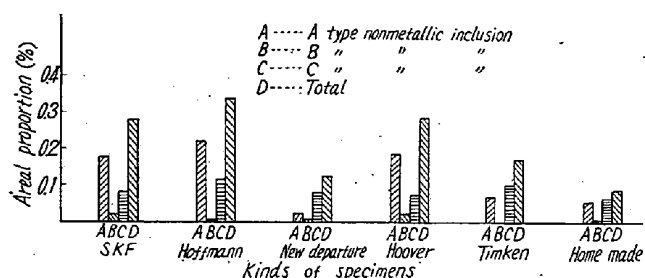


Fig. 1. Areal proportion of non-metallic inclusion.

(3) 非金属介在物の光学顕微鏡観察の例を Photo. 1 に示す。なお、天然色写真は当日に示す。

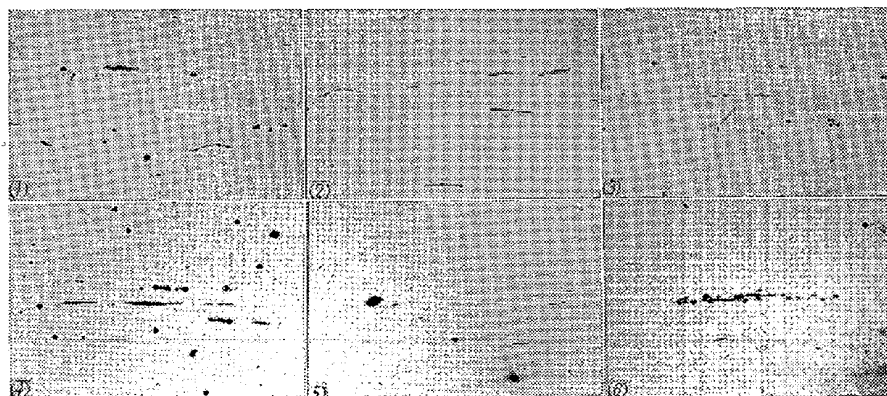
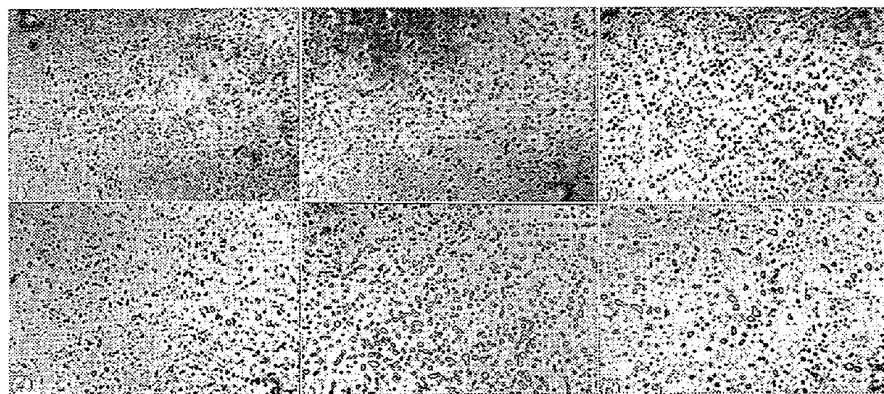


Photo. 1. Optical micrographs of non-metallic inclusions in bearing steels.

(4) 非金属介在物の光学顕微鏡による判定によれば外国のものとともにホフマン、フーバーの A 系介在物は、その中に C 系介在物を含んでいるものが多く、偏光による観察によるとシリカ型の介在物と考えられる。また、中には珪酸塩と思われる A 系介在物も見られた。国産のものにおいては、B 系のアルミナ系介在物がかなり多い。なお、外国のものには、Ti 化合物である黄金色の角ばった介在物が散見された。



(1) SKF, (2) Hoffmann, (3) New Departure, (4) Hoover, (5) Timken, and (6) Japan made steel. $\times 1000(2/5)$

Photo. 2. Optical micrographs of carbides in bearing steels.

(5) 炭化物の分布状態を Photo. 2 に示し、その量を線分比法によつて求めた値および大きさの平均値とその標準偏差を Fig. 2 に示す。Photo. 2 から見られるように、SKF の炭化物は非常に細く、一様に分散されている。ティムケンにおいては、割合に一様であるが大きさが比較的大さい。国産のものは、一般に球状化にむらがあると考えられる。これらは、また、Fig. 2 の炭化物の大きさの平均値とその標準偏差から判かる。すなわち、SKF においては、平均 0.56μ 、偏差が 0.3μ 、国産のものは平均 0.88μ で偏差が 0.6μ である。一般に、最近では、炭化物が微細で一様に分布されているほど

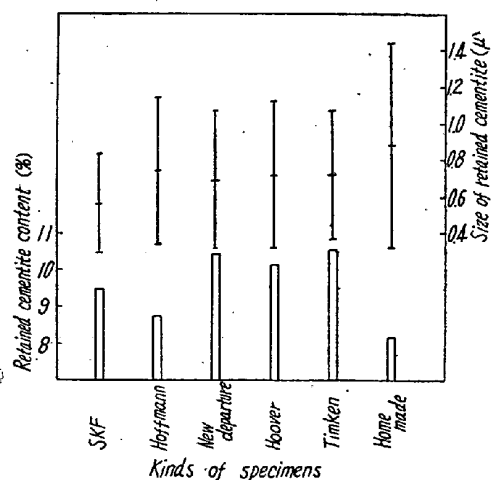


Fig. 2. Size and quantity of retained cementites.

軸受鋼の耐久性が良好であるといわれている。この点から、SKF、ニューデパーチャーの炭化物の大きさおよび分布は良好といえ、国産のものにおいては、さらに考慮すべきことではないかと考える。

(6) エキストラクションレプリカ法による非金属介在物の抽出は、可能であつたが、その電子回折による解析は、高加速電圧において実施中である。