

建設機械用ディーゼル機関の耐久性向上

Improvement of Durability on a Diesel Engine for Construction Machinery

加 藤 孝 雄* 小 池 敬 一**
Takao Katô Keiichi Koike

内 容 梗 概

建設機械用ディーゼル機関の作動条件と耐久性について述べ、さらに耐久性向上のうち、特に耐摩耗性の向上に関し日立B形機関における研究成果をもとにシリンダライナ、ピストン、フィルタおよび弁関係につき、シリンダライナの耐摩耗性向上に重点を置いて述べた。その概略は次のとおりである

(1) ライナ材として特殊球状黒鉛鋳鉄を使用すること、(2) トップリングみぞ部にリングトレーガをそ
う入すること、(3) フルフロ形オイルフィルタを使用すること、(4) バルブインサート、バルブローテ
ータ、排気弁材質に SEH4、弁座面にステライトを溶着することなどは耐摩耗性向上にきわめて有効である。

1. 緒 言

最近における建設機械用ディーゼル機関の進歩はめざましく性能は高速、高出力化し、信頼性、耐久性の面においても各部の改良により大幅な向上を示している。

建設機械用ディーゼル機関は自動車用機関に比べきわめて過酷な負荷条件および塵埃(じんあい)の多い場所で使用される。すなわち連続的に高負荷にさらされ負荷変動も激しく、平均負荷は自動車用機関が最大出力の50%以下とされているのに対し60~90%に達している。したがってピストン、吸、排気弁などの受ける熱負荷が大きく、各部の強度、耐食性を低下させるとともに潤滑油の劣化を助長し、また吸気内に含まれる塵埃とあいまってシリンダライナ、メタルなどの摩耗を促進する傾向にある。建設機械の作業場所における塵埃量はおよそ 1.42 g/m^3 といわれ多塵路の約4倍に相当し、まれには $9\sim 17\text{ g/m}^3$ にもなる場合もあるとされている⁽¹⁾。

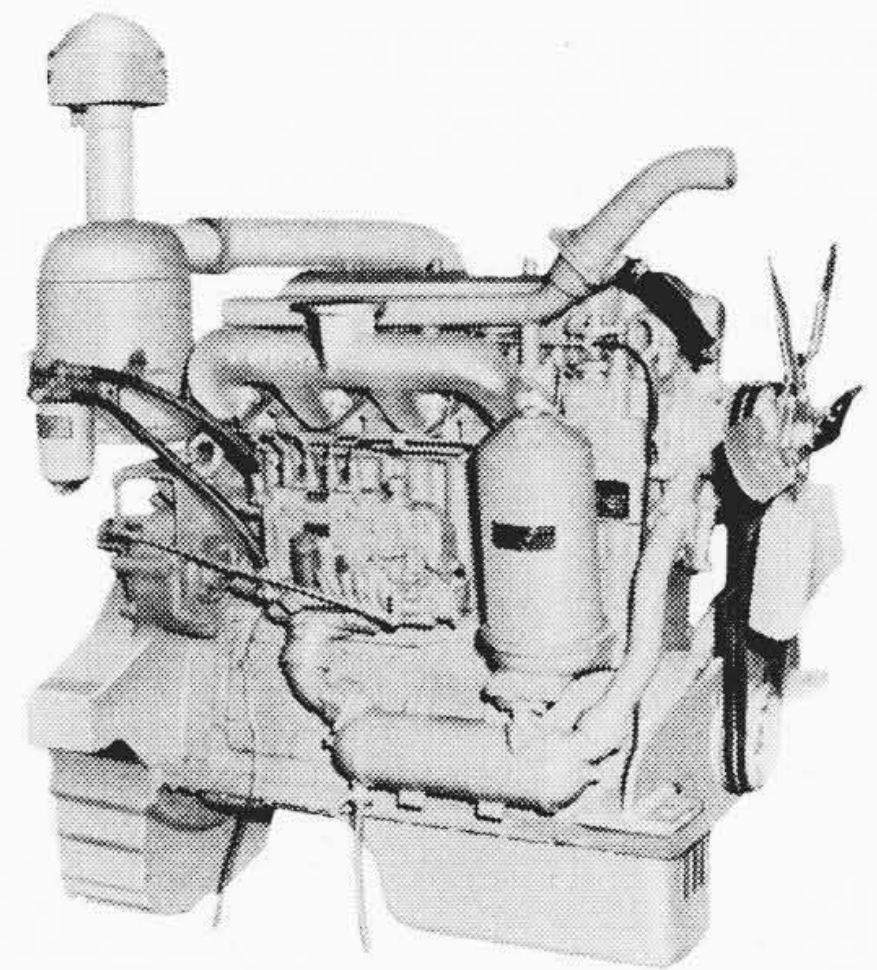
このほか装軌式建設機械は運転中6~10gもの衝撃を受けるため振動が激しく、また30~35度の傾斜運転を行なうことも多く、場合によっては水中作業をも要求される。

以上のように建設機械用ディーゼル機関は耐久性を向上するため各部の耐摩耗性を向上することはもとより強度、剛性を十分に高くし水密度についても十分に考慮する必要がある。中でも耐摩耗性の向上が重要視され、シリンダライナ、ピストントップリングみぞ、吸、排気弁および弁シート部の材質、強度の向上を行なうとともにエアクリーナおよびオイルフィルタの清浄効率の向上が強く要求される。特にシリンダライナは機関の寿命を支配するものであるため各社とも材質の向上につとめている。日立B形機関においては当初より特殊球状黒鉛鋳鉄製を採用しオーバホール間隔も6,000時間を越すという良好な結果を示している。したがって以下B形機関における研究成果をもとにシリンダライナに重点を置いて述べる。

2. 作 動 条 件

建設機械用ディーゼル機関の熱負荷はきわめて高く、軸平均有効圧 $6\sim 9\text{ kg/cm}^2$ 、平均ピストン速度 $7\sim 9\text{ m/s}$ で使用されている。

ブルドーザのように連続して高負荷で使用する機関ではピストン、吸、排気弁などの温度が比較的高くなりがちである。したがって潤滑油の粘性ひいては油膜の厚さが減少するため金属粗面の接触摩擦が多く研削的な摩耗を増加させる傾向にある。研削的な摩耗はさらに摩耗によって生じた鉄粉、外部から空気とともに吸い込まれる塵埃および燃焼によって生じた排気デポジットなどによっても促進される。一般には潤滑油中の鉄分が増加すると摩耗量もほぼ比例



第1図 B-40 機関の外観

して増加することが示されている⁽²⁾。このほかピストン関係ではトップリングみぞ部の温度が少なくとも 230°C 以上にはなるため、機械的強度が低下し、運転中リングにたたかれることおよびリングとの間の摩擦により摩耗を促進される。また場合によっては潤滑油の劣化が促進されピストンリングの機能を阻害する恐れがある。吸、排気弁は運転中高温となり、特に排気弁は 700°C を越す高温になる。しかも毎サイクル弁閉時に衝撃が加わるためシート面などの摩耗のほかに高温における強度および腐食が問題とされる。

つぎに機関始動時およびクレーン作業のように比較的低負荷で運転する場合にはピストン、シリンダライナともに温度が低くなりがちである。このような状態では燃焼によって種々の酸を生ずるが、特に代表的なものは SO_2 ガスが吸気中の水分および燃焼によって生じた H_2O の水滴と作用して生ずる H_2SO_4 である。この H_2SO_4 は潤滑油膜をおかしシリンダライナ壁、ピストン、ピストンリングなどに腐食摩耗を促進させる結果となる。

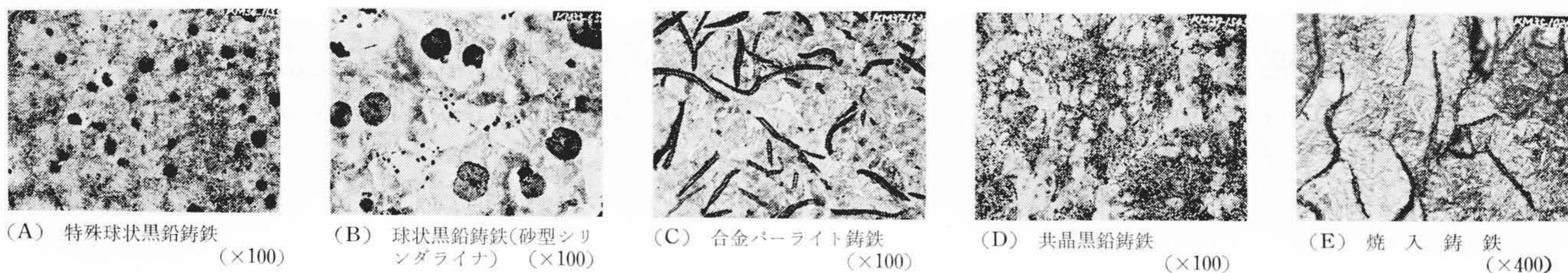
以上のような作動条件において耐久性を向上するには塵埃の除去、材質の向上、各部条件の緩和を必要とする。すなわち

- (1) 特に耐摩耗性のすぐれたシリンダライナ材を使用する。
- (2) ピストントップリングみぞ部などの耐摩耗性を向上する。
- (3) 機関に吸入する空気中の塵埃、摩耗によって生じた鉄粉などを極力清浄化するろ過効率のすぐれたエアクリーナおよびオイルフィルタを使用する。
- (4) 清浄性、耐酸化性などのすぐれた潤滑油を使用する。
- (5) 吸、排気弁系統に関しては高温における強度、ラプチャ強度が高く、また耐食性のすぐれた材質を使用する。

などが要求される。

* 日立製作所亀有工場足立分工場

** 日立製作所亀有工場



第 2 図 特殊球状黒鉛鋳鉄と他のシリンダライナ材の顕微鏡組織の比較

3. 各部の構造と耐久性

3.1 シリンダライナ

3.1.1 シリンダライナの材質

ディーゼル機関用のシリンダライナ材として従来パーライト鋳鉄が使用されていたが、近時機関の出力が増加し、前述のように使用条件が過酷化するとともに耐摩耗性の向上が必要になってきた。

このため各社ともシリンダライナ材の研究に努め、多くの材質が使用されるようになった。

現在建設機械用ディーゼル機関のシリンダライナ材として広く使用されているものは低合金パーライト鋳鉄であり、一部に球状黒鉛鋳鉄あるいは微細黒鉛を有する共晶黒鉛鋳鉄が使用されている。ここにいう低合金パーライト鋳鉄とは鋳鉄に (1) Ni, Cr, Mo, Cu を添加して基地を強化したものあるいは (2) Ti, V, P, B などを添加して炭化物、燐化物などを析出し耐摩耗性を向上させたものをさす。かたさは Hv 200~350 の範囲のものが多い。

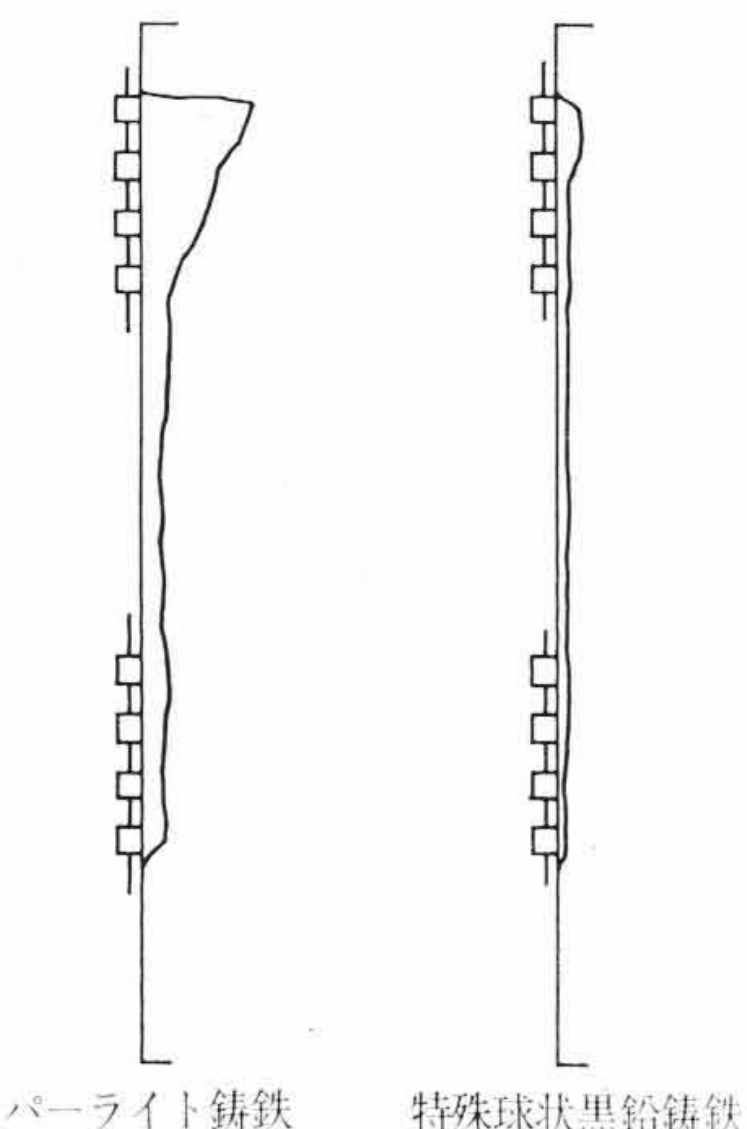
またアメリカのシリンダライナには恒温焼入あるいは高周波焼入などの特殊の熱処理を施したものが見られる。この場合かたさは Hv 400~500 程度のものが多い。

このほかに大形自動車用としてポーラスクロムメッキライナ (Hv800~1,000) があるが建設機械用として用いられる例は少ない。これは砂塵に対する耐摩耗性などに問題があるためとみられる。

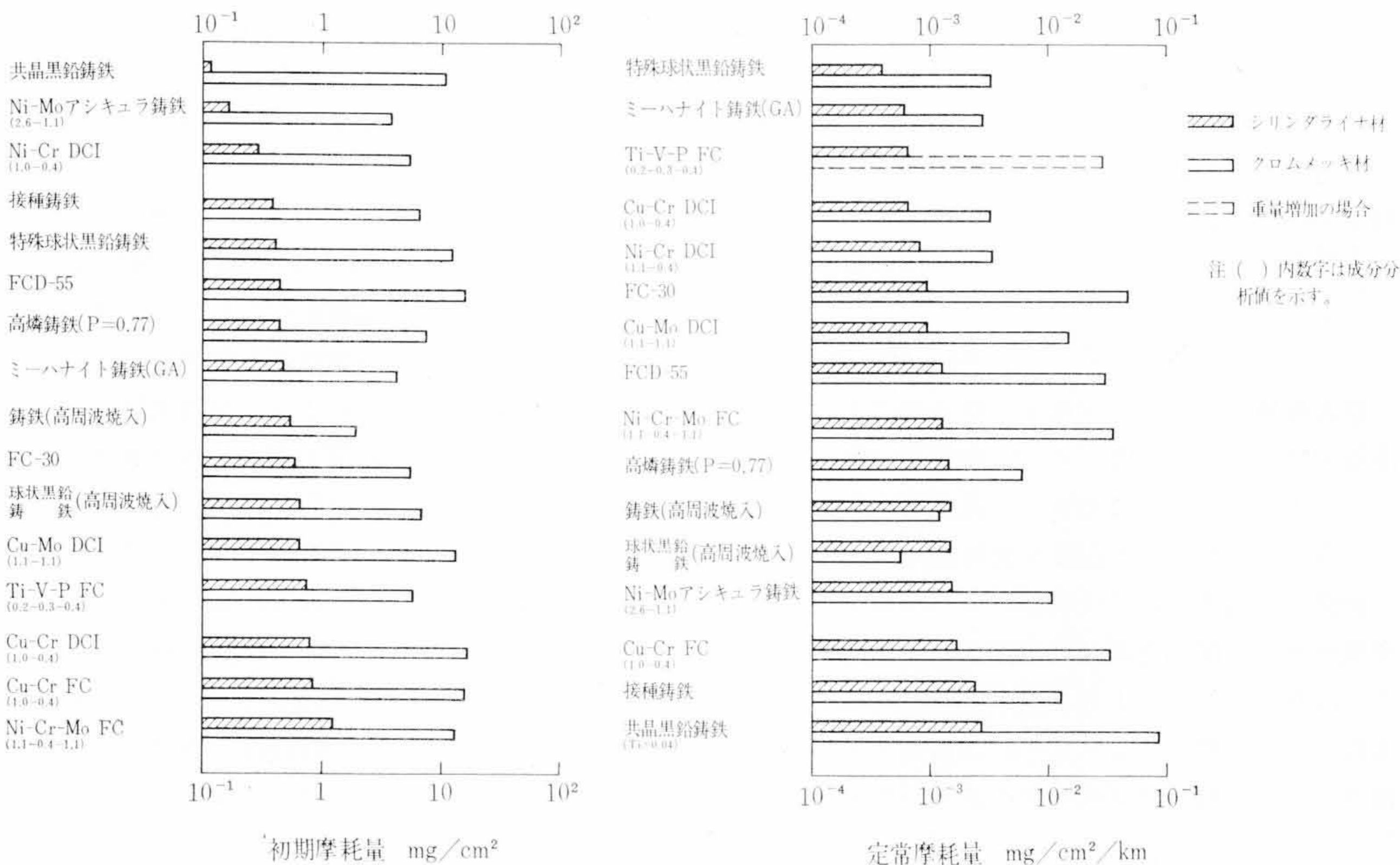
3.1.2 特殊球状黒鉛鋳鉄使用の効果

B 形機関には設計当初から過酷な条件下における使用を考慮し、摩耗試験機による実験と実機による多くの試験結果から特殊球状黒鉛鋳鉄の耐摩耗性がほかの材質に比してすぐれていることを認めこれを採用した。

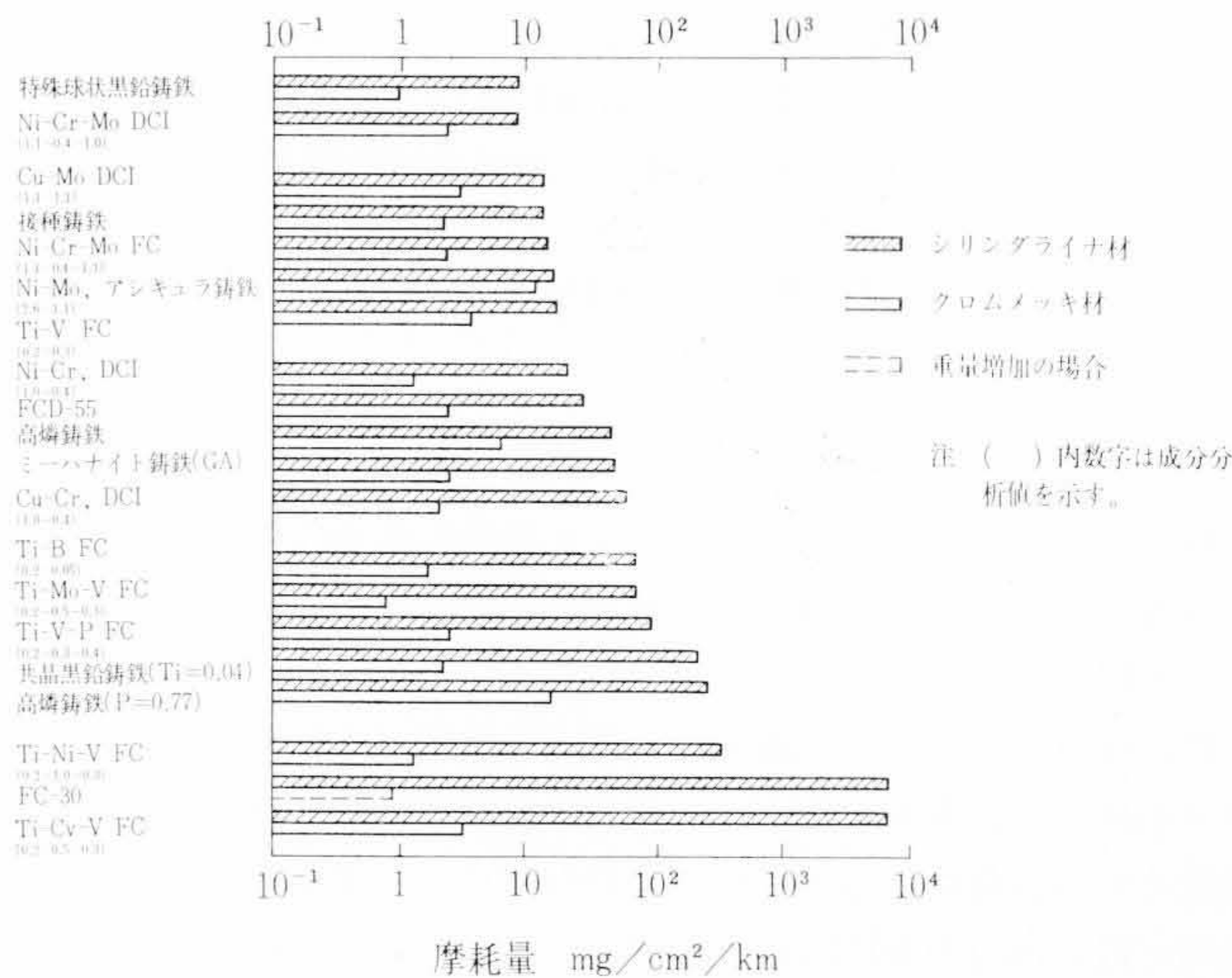
この特殊球状黒鉛鋳鉄は特殊な鋳造法と熱処理によって



第 3 図 シリンダライナの摩耗状況比較



第 5 図 シリンダライナ材の摩耗試験結果 (エンジン油潤滑) (鈴木式摩耗試験機使用 圧力 40 kg/cm² 速度 2 m/s)



第 4 図 シリンダライナ材の摩耗試験結果 (乾燥状態) (鈴木式摩耗試験機使用 圧力 20 kg/cm² 速度 0.8 m/s)

製造したもので、きわめて微細なパーライト質の基地に比較的小径の球状黒鉛 (径 20~30 μ) を有するものである。第 2 図にその顕微鏡組織 (A) をほかの鋳鉄 (B)~(E) と比較して示す。

この特殊球状黒鉛鋳鉄の特長は通常のパーライト鋳鉄あるいは通常の球状黒鉛鋳鉄に比してパーライト基地の強度が大で、これに小径の球状黒鉛が存在するため、潤滑油が存在しない場合あるいは境界潤滑状態における摩耗量がきわめて少ない。またパーライト基地中に炭化物などの硬質の析出物がなく、黒鉛も小径であるため、研削によって平滑面を得ることが容易であり、なじみ運転後のシリンダライナ表面はきわめて平滑である。さらに摩擦面に塵埃あるいは燃性生成物などの硬質異物が存在する摩耗条件に

においても、異物がシリンダライナ面に埋め込まれてピストンリングを摩耗させることが少ない。

ピストンリングはトップ、セカンドおよびオイルリングにクロムメッキを施している。このクロムメッキ層が摩耗し、素材の鋳鉄面が現われた場合には、シリンダライナの摩耗が著しく大になることが認められているが、特殊球状黒鉛鋳鉄製シリンダライナと組み合わせた場合、クロムメッキリングは最も摩耗の激しいトップリングにおいても最大摩耗量 $0.02 \sim 0.03 \text{ mm}/1,000 \text{ h}$ の結果を得ており、メッキ厚さを適宜に選定することにより $4,000 \sim 5,000 \text{ h}$ 以上の使用が可能である。

また特殊球状黒鉛鋳鉄は速度による摩耗量の変化が少ないことを別に行なった往復動摩耗試験によって確認したが、実際のシリンダライナにおいても上死点付近の摩耗が少なく平滑な表面を示し、実機運転上きわめて好結果を得ている。これはほかの材質に見られぬ特色である。特殊球状黒鉛鋳鉄シリンダライナの摩耗状況をパーライト鋳鉄と比較して第3図に示す。

また特殊球状黒鉛鋳鉄とクロムメッキ材と組み合わせた場合の摩擦係数は潤滑状態で 0.04 程度のきわめて低い値を示す。

3.1.3 耐 摩 耗 性

(1) 試験機による摩耗試験

特殊球状黒鉛鋳鉄と他のシリンダライナ材のクロムメッキ材に対する耐摩耗性を摩耗試験機（鈴木式）により比較した試験結果の一部を第4、5図に示す。

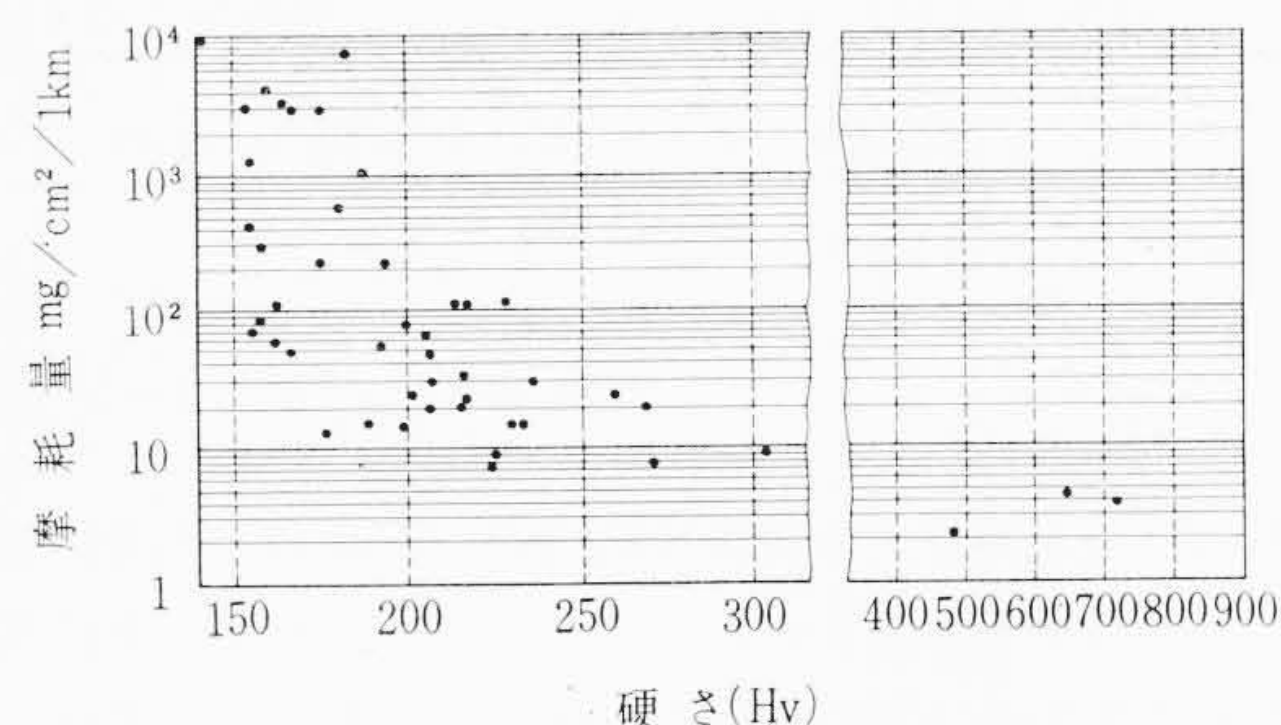
第4図に示すように特殊球状黒鉛鋳鉄の乾燥状態の摩耗量は約50種類の供試材中で最小である。つぎに潤滑摩耗においては初期摩耗量となじみを生じたあとの定常摩耗量に分けて考える必要があるが、第5図に示すように特殊球状黒鉛鋳鉄の定常摩耗量は供試材約50種類中で最小である。また特殊球状黒鉛鋳鉄は初期摩耗量がやや多いが定常摩耗量が少ないため、初期摩耗と定常摩耗の和（全摩耗量）は摩擦距離 200 km 以上で供試材中最小となる。しかし特殊球状黒鉛鋳鉄は摩耗量が少ないため初期摩耗を終了して、なじみ状態に達するまでの時間がやや長くなる。この点は後述するように、潤滑性の表面処理を施すことによって改善することができる。

(2) 異物が存在する場合の耐摩耗性

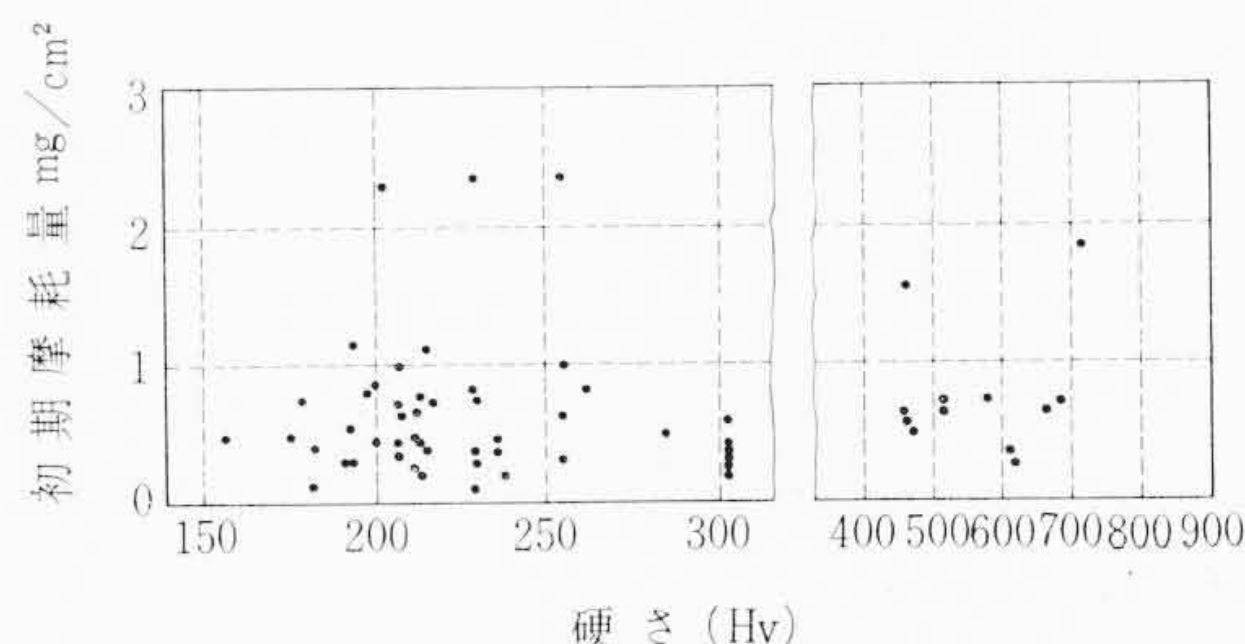
いっぽう摩擦面に異物が存在する場合の摩耗は摩耗試験機で潤滑油中にケイ砂粉末を混入した場合と、研究用 A-60 機関の吸気管中に一定量 (1 g/h) の砂塵を送入した場合について実験している。砂塵の組成および粒度は第1表に示す。試験の結果異物が存在する場合の材質の摩耗傾向はかたさの低い材質がクロムメッキを著しく摩耗させ、これはクロムメッキ材と組み合わせた場合の摩耗試験機による乾燥状態の摩耗試験結果に近いことが認められた。すなわち潤滑油中に砂塵粒子などが存在する場合、この砂塵粒子は摩擦面に侵入する。このとき砂塵粒子はクロムメッキ材に比して基地の硬さが低く、黒鉛の脱落孔などのあるシリンダライナ面に主として存在することになる。この状態は基地中にかたさの高い炭化物などが存在する材質と同様にクロムメッキ材を切削的に摩耗させる。この傾向は粒子のかたさが高いほどあるいは粒径が大なるほど著しい。

第1表 砂塵の組成および粒度

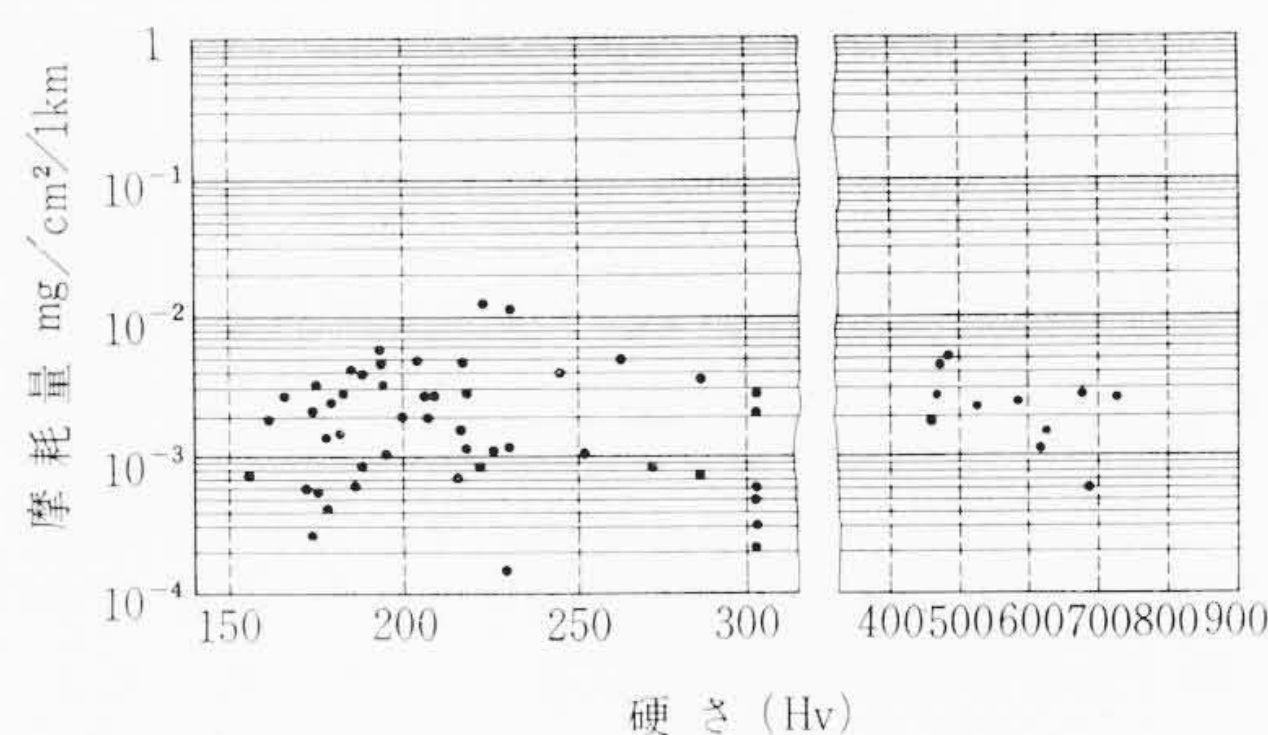
成 分	含有率 (%)	粒 度 (μ)	含有比率 (%)
SiO ₂	84.2	50~100	17.2
Al ₂ O ₃	9.0	20~50	33.7
MgO	0.49	20以下	49.1
CaO	1.03		
そ の 他	5.17		



第6図 シリンダライナ材の摩耗量とかたさの関係（乾燥状態）
（鈴木式摩耗試験機使用 圧力 20 kg/cm^2 速度 0.8 m/s ）



第7図 シリンダライナ材の初期摩耗量とかたさの関係
（エンジン油潤滑）（鈴木式摩耗試験機使用 圧力 40 kg/cm^2 速度 2 m/s ）



第8図 シリンダライナ材の定常摩耗量とかたさの関係（エンジン油潤滑）
（鈴木式摩耗試験機使用 圧力 40 kg/cm^2 速度 2 m/s ）

いっぽう機械的摩耗を生ずる範囲の乾燥摩耗では摩耗は切削的に進行すると考えられ、このため砂塵などを混入させた場合と乾燥摩耗試験の場合の摩耗順位が一致したものと考えられる。

また砂塵粒子はシリンダライナ材のかたさが低いほど埋め込まれやすく、シリンダライナ材の黒鉛の脱落孔や基地中の塊状の炭化物の周辺などにもたまりやすい。これらはいずれも相手材の摩耗を促進させる。このため小径の黒鉛が均一に分布しかたさの高い均質の基地を有する特殊球状黒鉛鋳鉄の使用が有効である。

(3) かたさと摩耗量の関係

摩耗試験結果からシリンダライナ材のかたさと摩耗量との関係を求めた結果を第6～8図に示す。

第6図に示すように乾燥状態ではかたさの高い材料の摩耗量が一般に少ない。しかし Hv 300 程度で摩耗量は最少に近づく。

また第7、8図に示すように潤滑状態の初期摩耗量および定常摩耗量の少ない範囲が Hv 300 付近にある。基地の組織および黒鉛の形状を加えて検討を行なうと、次のようになる。

- (a) 高硬度の炭化物、燐化物などを析出している材料は摩耗のきわめて小なるものと、大なるものがあり摩耗量が安定しない。
- (b) 軟質の基地を有する片状黒鉛鋳鉄、あるいは共晶黒鉛鋳鉄に潤滑状態の耐摩耗性の良好なものがある。これはなじみ性が良好なためと考えられる。
- (c) 高硬度の焼入試料などはなじみ性が不足で初期摩耗量が大となる場合がある。

建設機械用機関のシリンダライナにおいては境界潤滑状態、砂

第 2 表 特殊球状黒鉛鋳鉄の熱処理による機械的性質の変化

	引 張 り 強 さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	衝 撃 値 (シャルピー) (kg-m/cm ²)	か た さ (BHN)
砂 型 鋳 造	58.4	1.4		285
特殊鋳造熱処理	66.2	1.0	0.5	302

塵が混入した場合などの乾燥摩耗に近い状態と、潤滑摩耗状態が交互に生じていると考えられる。したがって乾燥および潤滑状態で耐摩耗性がよく、なじみ性も良好である Hv 280～320 の範囲の材質を選定する必要がある。

特殊球状黒鉛鋳鉄は上記の条件に適合する。

(4) クロムメッキリングのかたさ

クロムメッキ層のかたさとシリンダライナ材の摩耗との関係を種々検討した結果、クロムメッキ材のかたさが比較的高い場合にシリンダライナおよびクロムメッキの摩耗量が少ないことが判明した。このため特殊球状黒鉛鋳鉄ライナに対するクロムメッキピストンリングはかたさ Hv 900～1,000 程度のものを使用し摩耗量の低減を図っている。

(5) シリンダライナの熱処理について

特殊球状黒鉛鋳鉄は熱処理によってもその性質が変化する。シリンダライナ材として使用する場合は特殊な鋳造法と熱処理を施して材質的に信頼度の高いきわめて微細なパーライト基地に小径の球状黒鉛を有する組織として使用する。熱処理の効果は炭化物その他の析出物を分解し、高倍率の顕微鏡下でわずかに認められる程度に減少させるとともに基地のかたさを増加させることである。特殊処理による機械的性質の向上の一例を第 2 表に示す。

シリンダライナ用パーライト鋳鉄の耐摩耗性を増加させるには通常合金元素によって基地を強化するかあるいはかたさの高い炭化物、燐化物などを析出させている。また焼入などによって基地を強化させ耐摩耗性を増加させる場合もある。しかし炭化物、燐化物などを析出させた場合、研削面が平滑となりがたく、なじみ性が低下する。また通常の焼入（高周波焼入を含む）の場合は焼入ひずみの残留、かたさの上昇によるなじみ性の低下、初期摩耗量の増加などの問題がある。

特殊球状黒鉛鋳鉄は高硬度の析出物を含まぬこと、またひずみを生ずるような熱処理を施していないことが特長である。

各社のシリンダライナ材について摩擦速度と摩耗量との関係を調査した結果の一部を第 9 図に示す。

特殊球状黒鉛鋳鉄は上死点付近のピストン速度に対応する 0.5～2.0 m/s の速度範囲で摩耗量が少なく、速度に対する摩耗量の変化も少ないことが認められる。

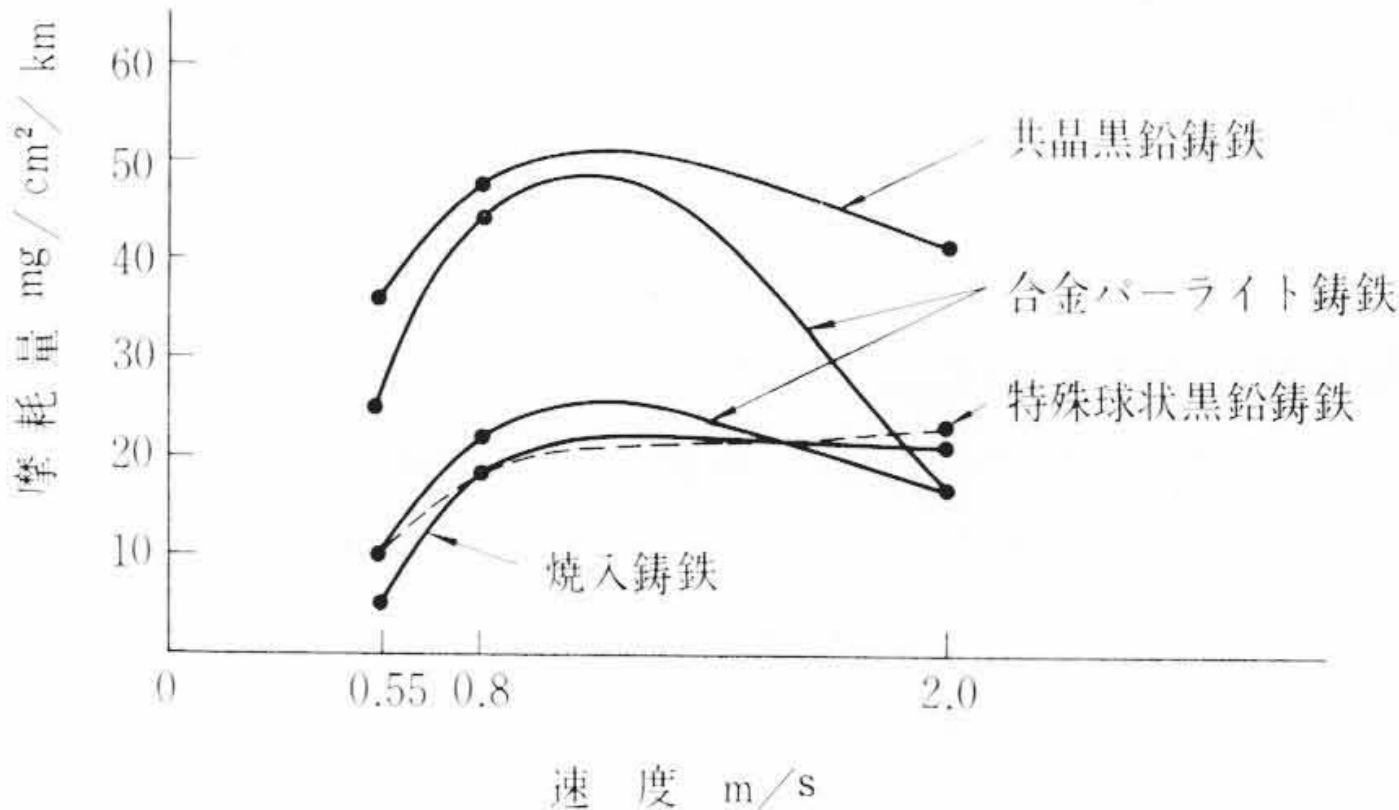
(6) 表面処理の影響

機関が高速化し、気筒内圧力が増加した場合、なじみ運転の方法を誤るとシリンダライナの摩耗を増加させる恐れがある。これを防止するためにシリンダライナ内面に潤滑性の表面処理を施すことが次第に行なわれつつある。現にアメリカ C 社の一部の機関のシリンダライナにこの処理が見られるが、B 形機関においては独自の方法でこの問題を解決している。この表面処理によって初期摩耗量は 1/2～1/3 に減少し、短時間でなじみ状態に到達させることができる。

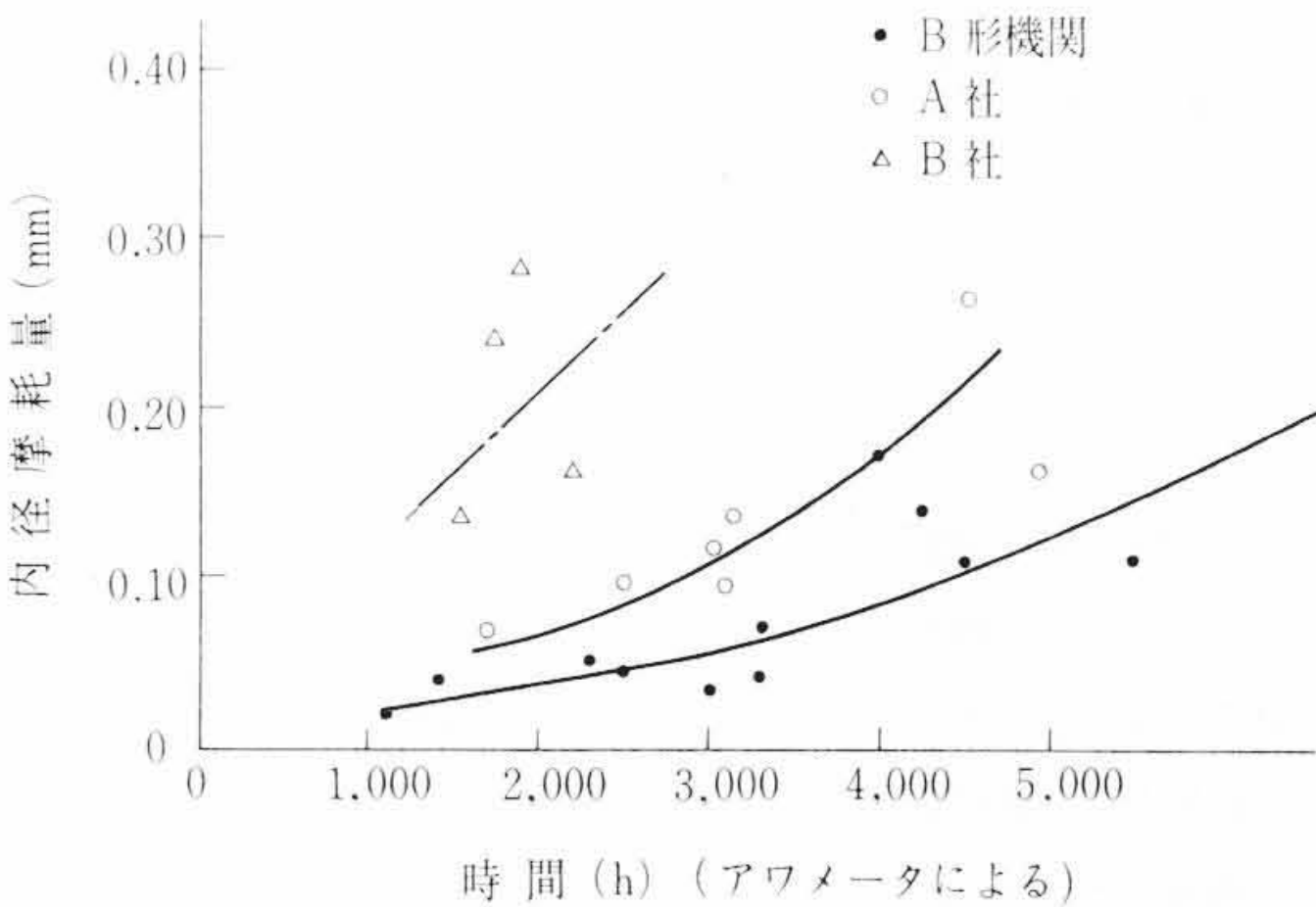
この表面処理はなじみ運転終了時には大部分消失し、以後は特殊球状黒鉛鋳鉄の耐摩耗性を利用するが、少量残留した表面処理層は潤滑性があり、シリンダライナの摩耗量を減少させるのに役だっている。

3.1.4 実機におけるシリンダライナの耐摩耗性

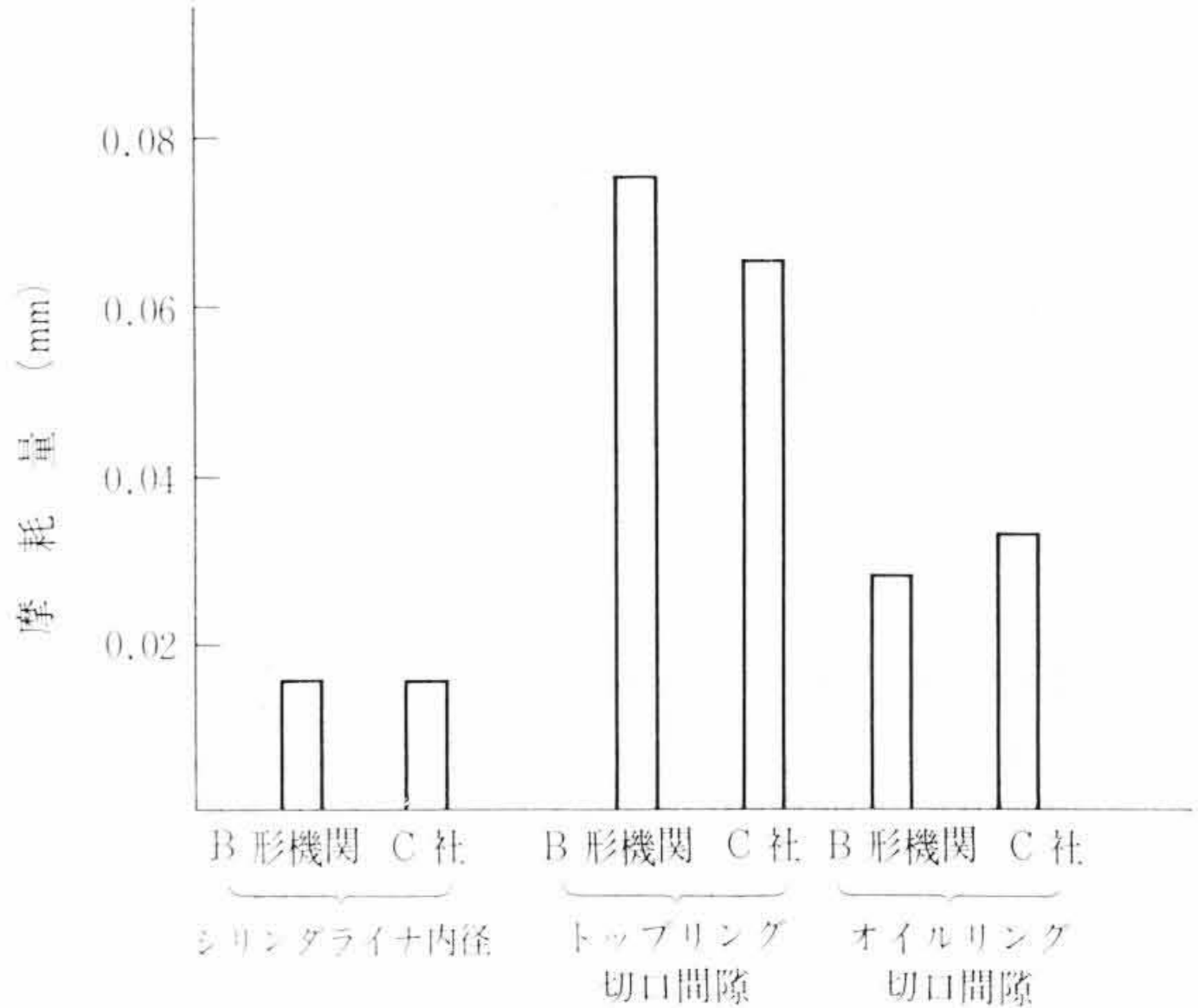
B-40、B-60 機関は本格的建設機械用機関としてすでに 2,600



第 9 図 各種シリンダライナ材の摩耗量と速度の関係
(葉山式摩耗試験機使用 圧力 20 kg/cm² 乾燥状態)



第 10 図 シリンダライナの摩耗量比較（内径最大摩耗量）
(日立建設機械サービス資料)



第 11 図 1,000 時間当りのシリンダライナおよび
ピストンリングの摩耗

シリンダライナ材質 B 形機関：特殊球状黒鉛鋳鉄
C 社：高周波焼入鋳鉄(表面化学処理)

台以上の生産実績があり T-09、T-13 ブルドーザ、TS09 トラクタショベル、U106、U112、U116 ショベルなど日立の主力建設機械に搭載して現在好調に稼働している。これらの機関のシリンダライナにはいずれも特殊球状黒鉛鋳鉄を使用し過酷な使用条件下で特に耐久性がすぐれていることが認められている。すでに T-09 ブルドーザ、U106 ショベルによる実機試験を完了し、さらに多くの実用機について、オーバホール時に精密な調査を継続し、耐久性を確認している。この結果の一部を第 10 図に示す。

第 10 図は最近の国産建設機械用機関のシリンダライナの摩耗量を調査したもので特殊球状黒鉛鋳鉄はライナ材として著しく耐摩耗性がすぐれていることが認められる。現在までの調査結果から建設機械に使用した特殊球状黒鉛鋳鉄製シリンダライナの内径の最大摩耗量は日常整備が良好ならば 0.02 mm/1,000 h 程度で長

期間にわたって高出力を保持し、燃料消費率なども低いことが認められている。

最後に現在世界的に一流とされているアメリカC社製の建設機械用機関のシリンダライナ（高周波焼入鋳鉄、内面化学処理）と特殊球状黒鉛鋳鉄ライナの摩耗量を比較して第11図に示す。図から明らかなように特殊球状黒鉛鋳鉄シリンダライナは高周波焼入鋳鉄とほとんど耐摩耗性において変わりなく、シリンダライナ材としての優秀性を示している。

3.2 ピストン関係

建設機械用のピストンはほとんどがアルミ合金製でピストンの熱放散をよくするとともに、高速時における慣性力の軽減を図っている。

ピストンリングはボアによっても異なるが普通圧力リング3本、オイルリング2本用いられる例が多く、最近ではほとんどがトップリングみぞには耐摩耗性を向上するため鋳鉄製のリングトレーガを鑄込んでいる。B形機関では圧力リング3本を用いトップリングみぞにリングトレーガを鑄込み、オイルリングは耐久性を向上するため、コイルエキスパンダ付オイルリング1本のみを使用している。

第12図にリングトレーガを示す。

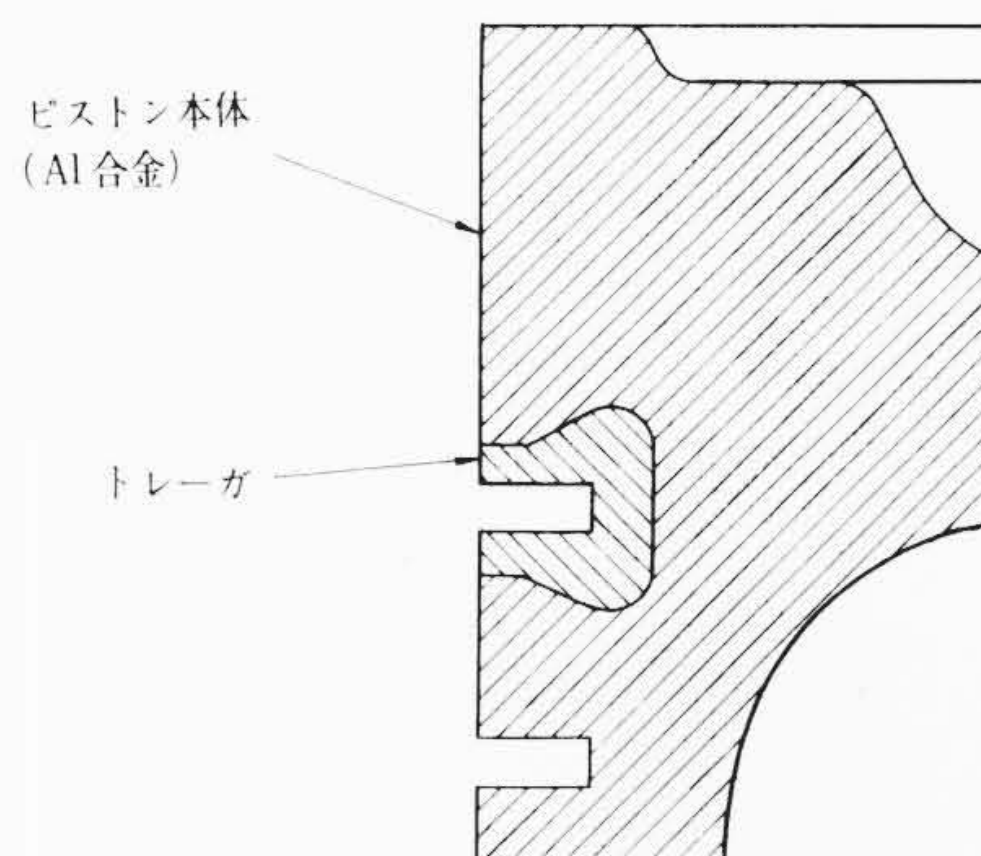
一般に圧力リングには耐摩耗性を向上するためトップまたはトップとセカンドリングに自動車用機関より厚い硬質クロムメッキがほどこしてある。その効果はメッキなしリングを使用した場合に比べて著しく耐摩耗性が向上し、リング摩耗量は約1/3に減少するといわれている。コイルエキスパンダ付オイルリングの効果は従来のオイルリングに比べて長時間安定した油かき効果を保持できることである。すなわちリングの張力は半径方向の厚みを増せばその3乗に比例して増加する。しかしリングの剛性が増加するため運転中さまざまな変形を行なうシリンダライナに追従困難となる。したがってオイルリングの場合において油かき効果を十分にするため厚みを増すとかえって逆の結果を生ずる可能性がある。コイルエキスパンダ付オイルリングはリングの厚みを薄くしてシリンダライナ壁となじみやすくし、張力は主としてコイルエキスパンダによって与えるようにしたものである。このリングはシリンダライナがある程度摩耗した場合にも潤滑油消費量を増加することなく耐久性向上に効果的とされている。

つぎにアルミ合金ピストンの最大の欠点はトップリングみぞ部の摩耗が著しいことである。これは前述のようにこの部分の温度が高く機械的強度が低下しているうえにリングによりたたかれること、リングとの間に大きな摩擦力が働くことにより塑性変形と同時に研削的な摩耗を起し、さらに低温時には腐食作用がこれを助長するためである。特に建設機械用機関のように焼負荷の高いものではこの傾向は著しく前述のようにそのほとんどがリングトレーガを鑄込み摩耗を防止している。リングトレーガの材質は熱膨張係数がアルミ合金のそれに近く、耐熱性のすぐれたオーステナイト系鋳鉄が用いられる。B形機関ではニレジスト（Ni 14%, Cr 3%, Cu 4%）を含む耐熱鋳鉄で熱膨張係数大のリングトレーガを独特の方法で融着にしている。リングトレーガの効果は著しく、第13図に示すようにトレーガなしの場合に比べて摩耗量が1/3～1/7に減少している。

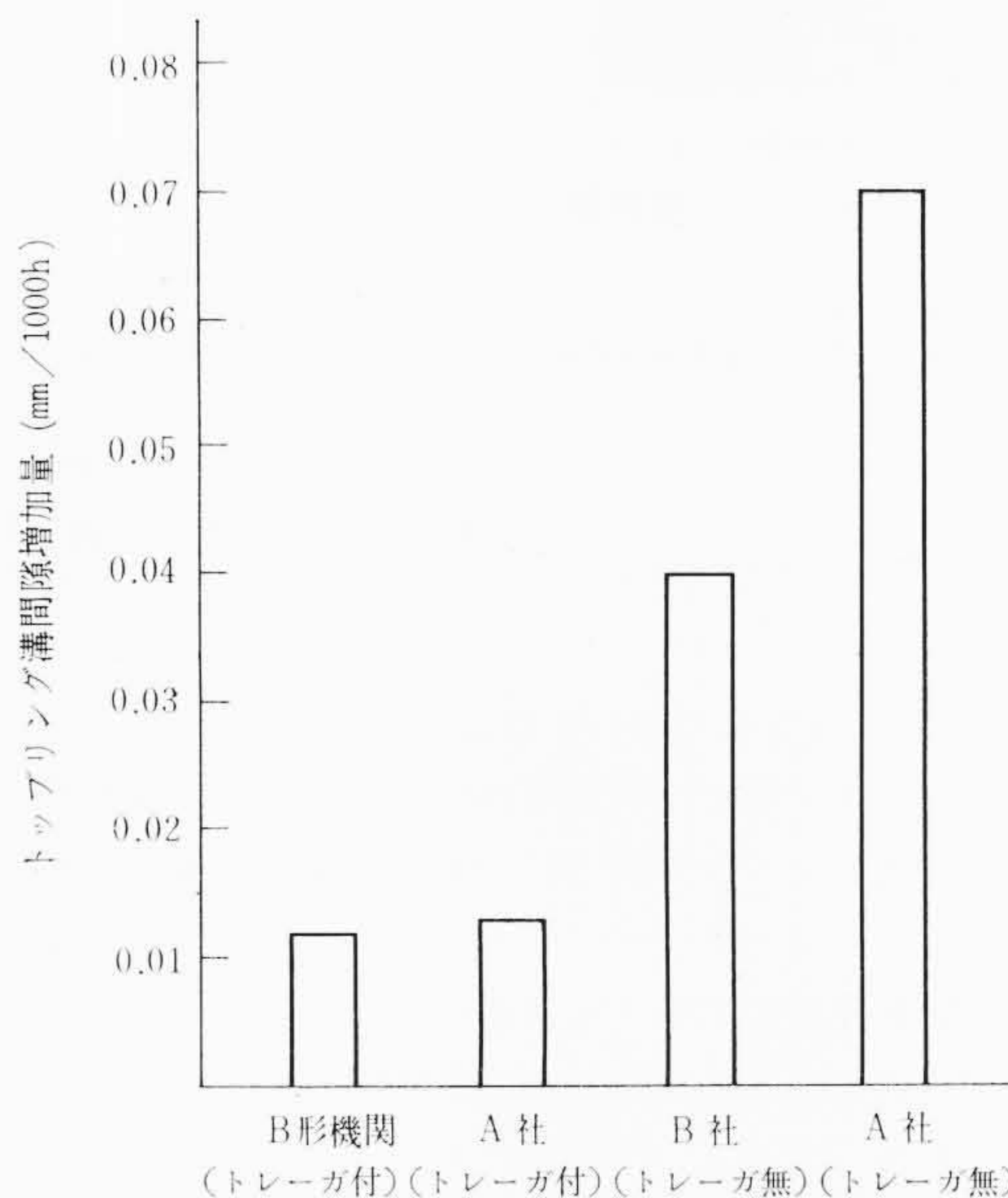
3.3 エアクリーナおよびオイルフィルタ

建設機械用機関のエアクリーナおよびオイルフィルタは作業条件からほかの用途に比べてろ過効率がすぐれ、しかも塵埃の保持容量の大きいことを必要とする。一般に使用されているエアクリーナにはオイルバス式とドライ式とがあり、それぞれ一長一短を持っている。

オイルバス式は清浄効率が比較的低く機関回転速度の全範囲にわたって一定の効率をだせないという欠点はあるが塵埃の保持容量



第12図 リングトレーガ



第13図 アルミ製ピストンにおけるリングトレーガの効果

が大きいという長所をもっている。これに対しドライ式はろ過効率がよく、また機関回転速度が変わっても一定のろ過効率を保つという利点はあるが塵埃の保持容量が小さいという欠点をもっている。したがってオイルバス式を使用する場合にはプレクリーナ（サイクロン式）を併用してろ過効率の劣点をカバーしている。またドライ式を使用する場合にはろ紙のあらさを適度を選び、プレクリーナ（サイクロン式）を併用している。B形機関をはじめとしてプレクリーナ付オイルバス式を使用している例が多いが、最近ドライ式を採用している例もある。いずれの形式においても清浄効率を高くし、塵埃の保持容量を増加するためほかの用途に比べて容量を大きくしてある。

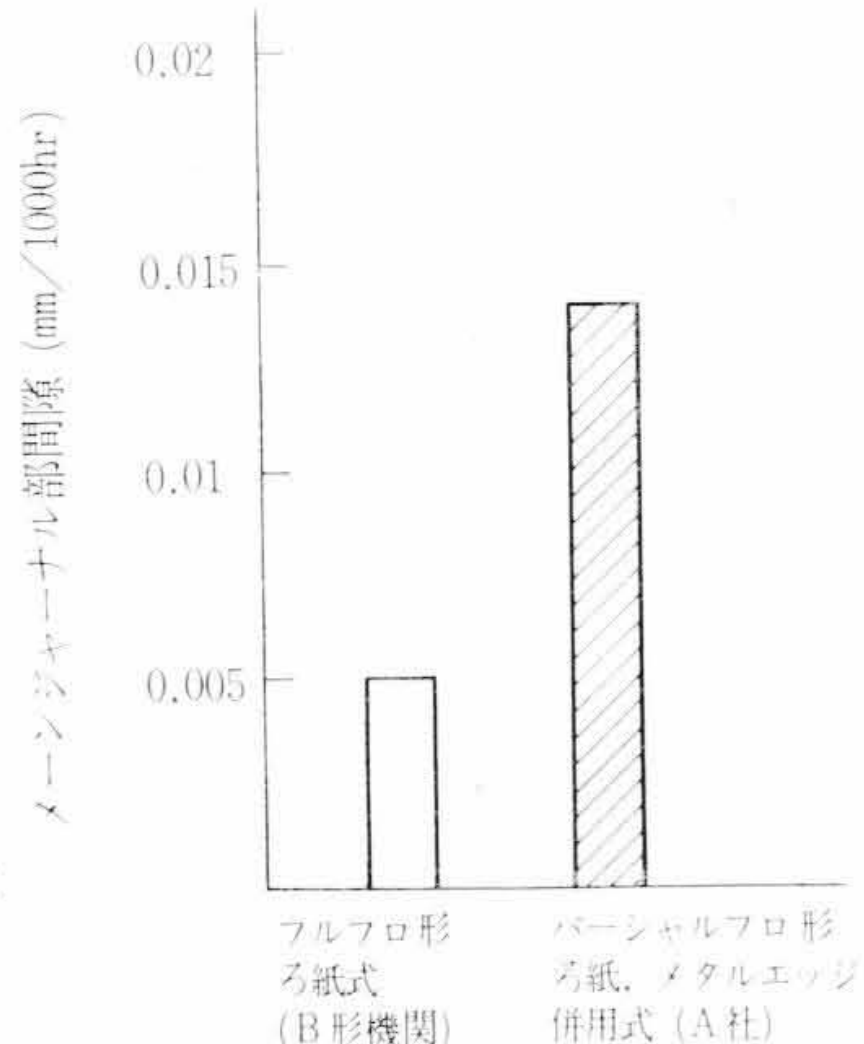
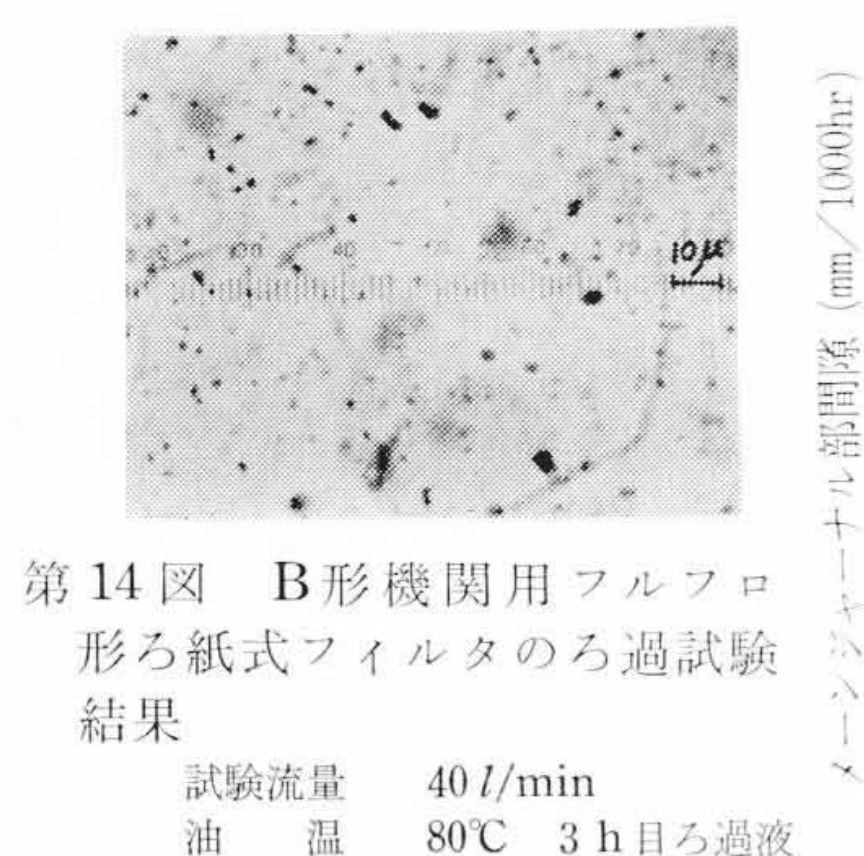
オイルフィルタにはフルフロ形とパージアルフロ形とがあるが潤滑油の汚れを徹底的に除去し、各部の摩耗を減少させるものでなくてはならない。

フルフロ形は潤滑油ポンプから圧送されてくる潤滑油すべてをフィルタを通して機関各部に送るフィルタ形式である。パージアルフロ形は潤滑油ポンプでくみ上げた潤滑油の一部をろ紙でこして油だめにもどし、他はすべてメタルエッジ式のフィルタを通し各部に圧送する方式である。

最近ではほとんどがろ紙エレメントを使用したフルフロ形を採用している。この方式はろ過面積を十分とるためフィルタの容量を大きくする必要があり整備間隔と関連してろ過面積とろ紙のあらさを適度を選ぶ必要がある。B形機関ではろ紙面積を大きくろ紙あらさを適度を選び使用しており、ろ過効率は非常によくJISのオイルフィルタ試験用コンタミナントを投入して試験した場合第3表に示すように77～92%である。この場合のろ紙を通過する塵埃の最大粒径

第3表 B-40 機関用フルフロ形
オイルフィルタのろ過効率

試験開始からの時間 (h)	ろ過効率 (%)	試験流量 40 l/min 油 温 80℃ 投入コンタミナントはJIS オイルフィルタ試験 用コンタミナント
1	76.8	
2	90.3	
3	91.3	



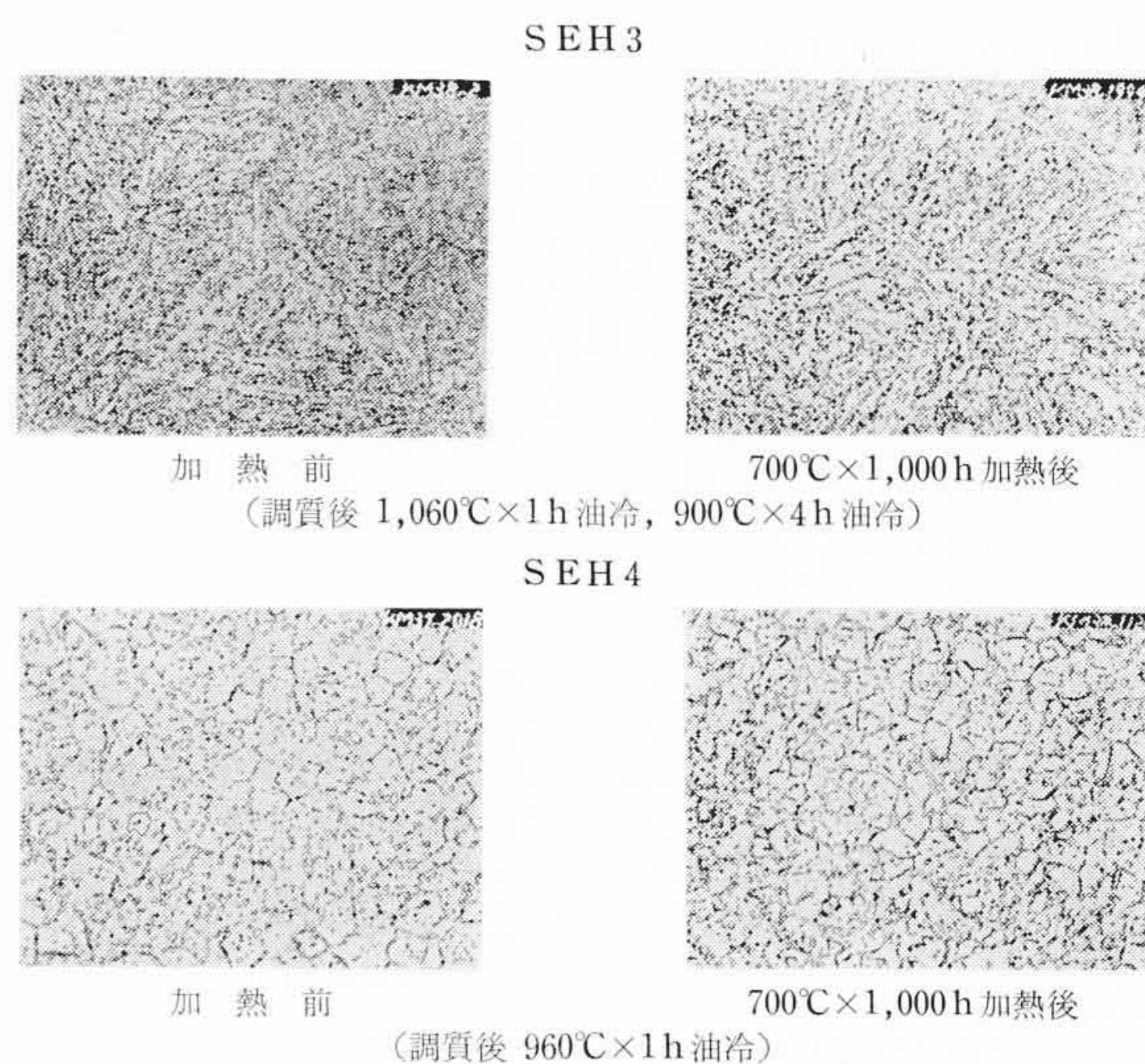
は第14図の顕微鏡写真で明らかなように4~5 μ である。これに対してパーシャルフロ形では各潤滑部に送る潤滑油の塵埃をろ過するメタルエッジ式フィルタが約50~100 μ の塵埃を通す可能性を有している。したがってバイパスフィルタとしてフルフロ形より細かいあらさのろ紙を使用しても容量が不足すればシリンダライナ、メタルなどに送油される潤滑油内の塵埃粒子がフルフロ形に比べて大きく、また多くなるという可能性がある。

第15図はろ紙式フルフロ形を使用しているB形機関とパーシャルフロ形を使用している機関の主軸受部の摩耗状況を比較したものである。図から明らかなようにろ紙式フルフロ形を使用した場合のほうが摩耗量が約70%少なく建設機械用としての優秀さを示している。

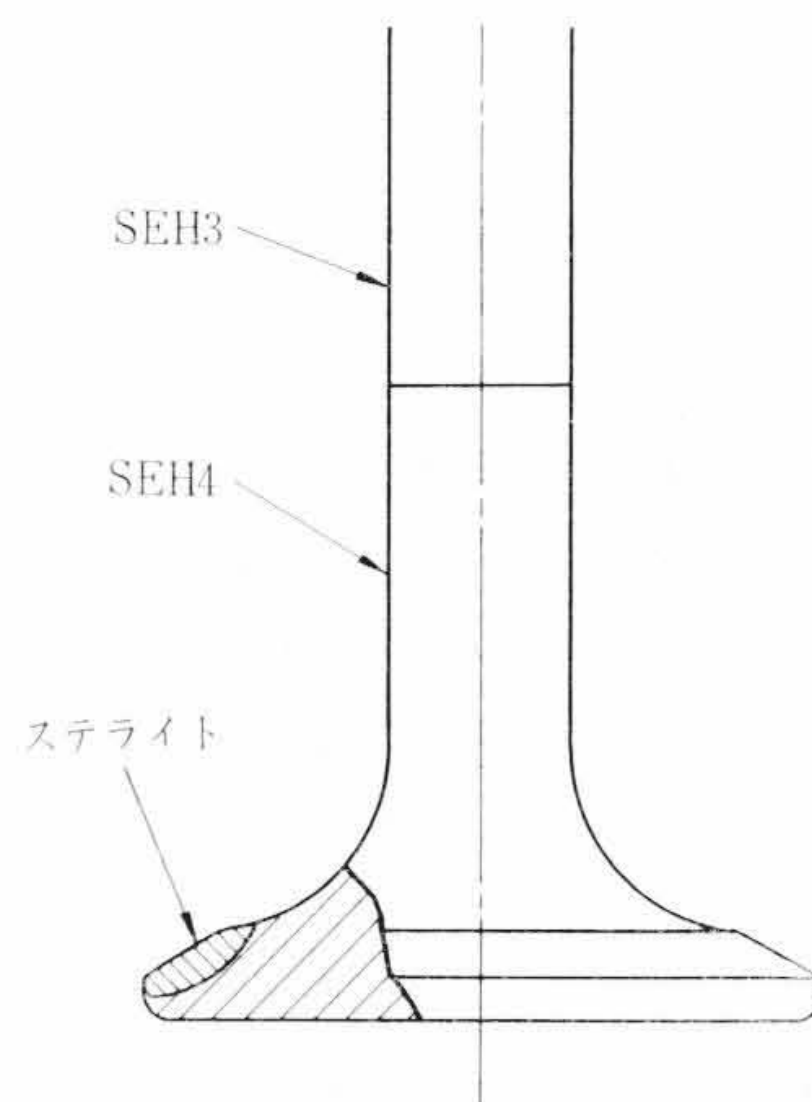
3.4 弁 系 統

建設機械用ディーゼル機関は前述のように連続高負荷で使用するためほかの用途に比べて熱負荷が大きく弁、弁座部などの強度が低下するとともに腐食、摩耗を促進させる傾向にある。したがって各部材質はこれらを考慮して選定されねばならない。

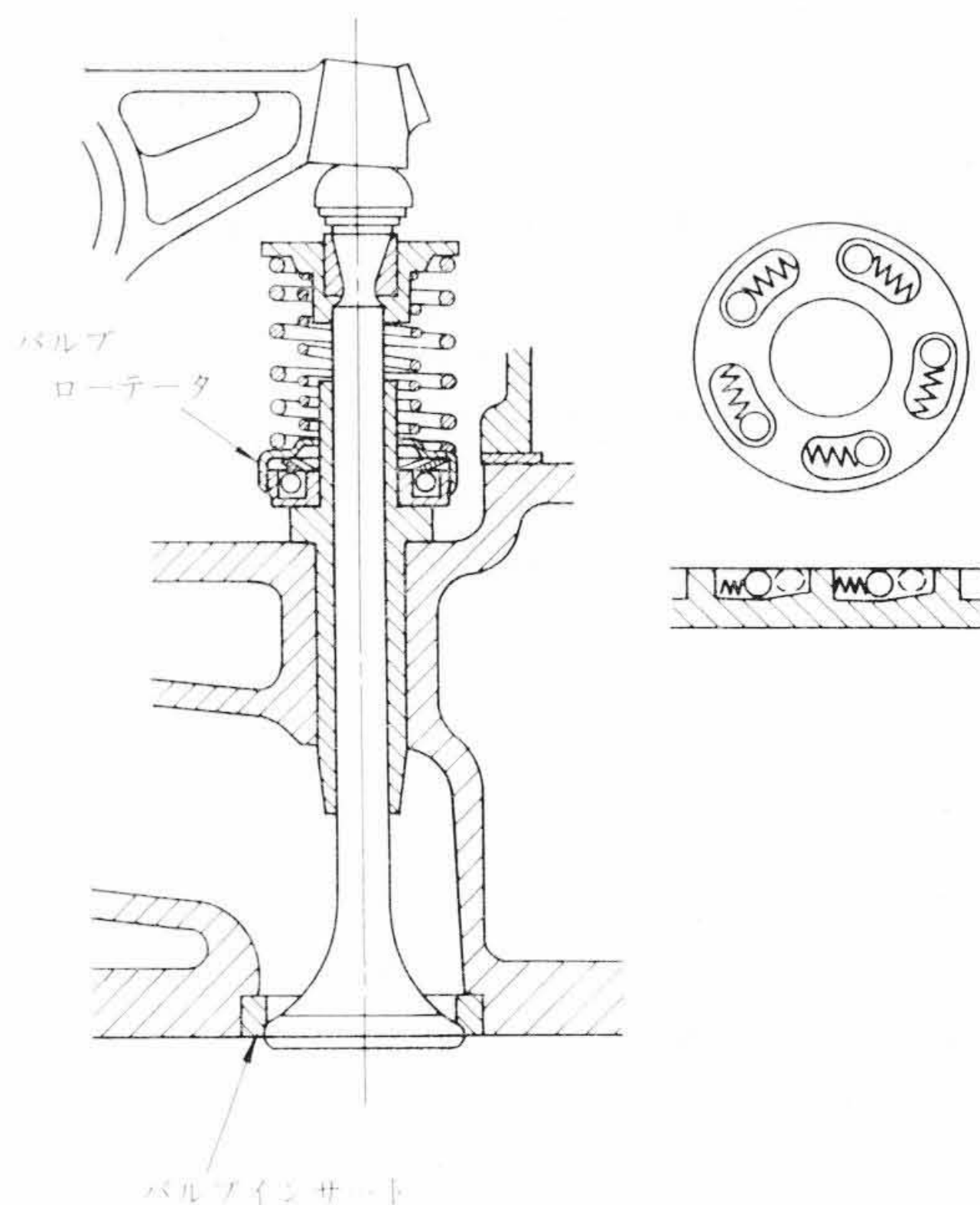
弁材質は機械構造用炭素鋼から超耐熱鋼に至るまで機関の負荷条件によって適当な材質が使用されている。従来は吸、排気弁ともフェライト系のSEH3を使用している例が多かったが最近では機関の高速、高負荷の傾向にしたがって弁の受ける熱負荷も高くなり、排気弁にはオーステナイト系のSEH4を使用する傾向にある。しかし一般に600℃をさかいとしてそれ以上ではSEH4のほうが抗張力が高く700℃ではSEH3の約2倍、800℃では約6倍を保持している。また第16図はSEH3とSEH4の700℃に1,000時間保持した場合の組織の変化を比較したものである。図から明らかなように高温中に長時間保持した場合SEH3においては炭化物の凝集、SEH4においては炭化物の析出が進行しているが、ラプチャ強度はSEH4のほうがすぐれている。したがって温度が700℃をこすとされている排気弁ではSEH3を使用した場合よりSEH4を使用した場合のほうがかなりの耐久性向上が期待できる。さらに第17図に示すB形機関の排気弁では弁座面にステライトを溶接している。すなわちステライトはCo-Cr-W合金でほかの合金鋼のように高温において急激に硬度が低下するということがないため、強度的にも耐摩耗性においてもすぐれており排気弁の著しい耐久性向上を図っている。



第16図 SEH3とSEH4との組織の比較



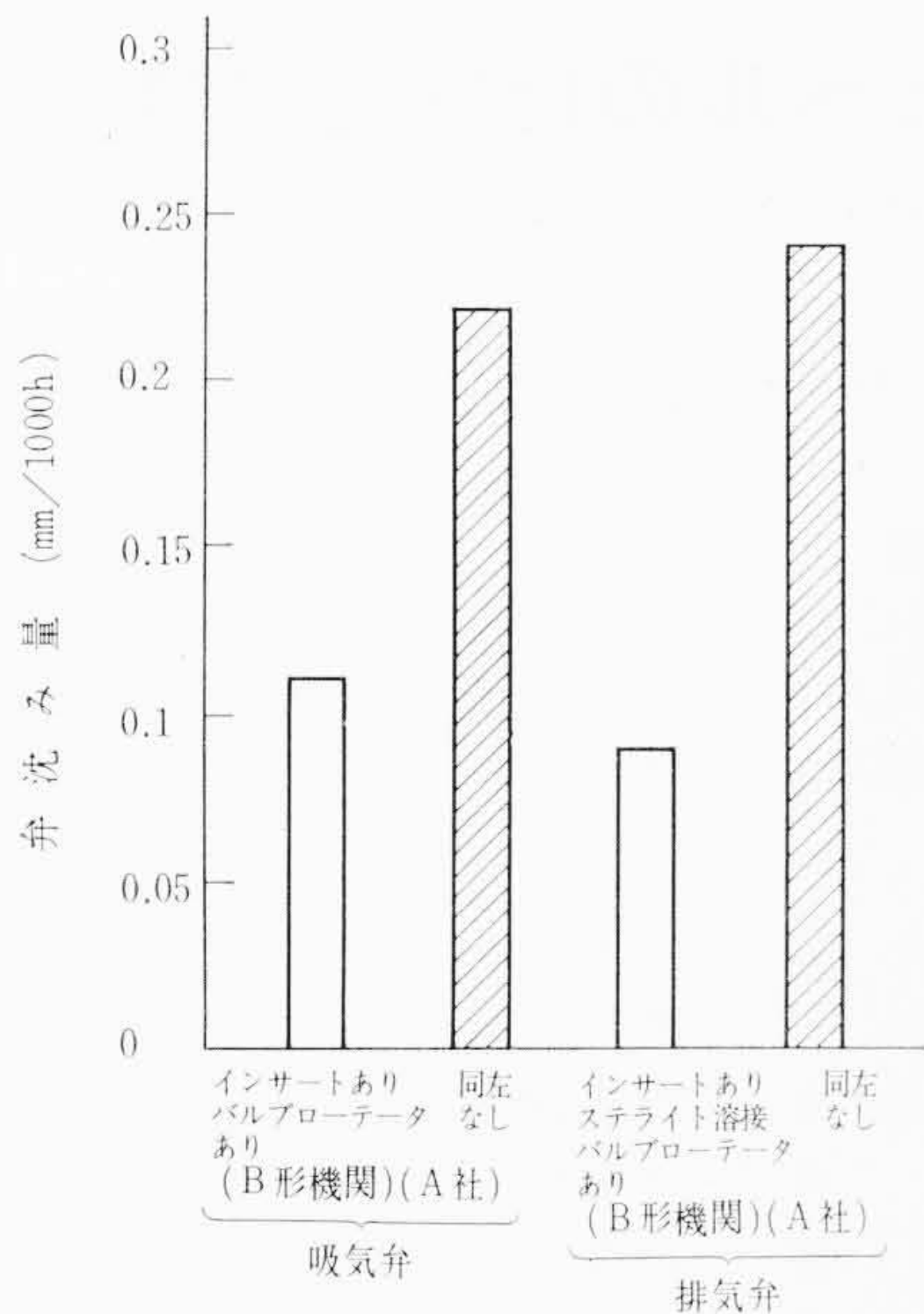
第17図 排 気 弁



第18図 バルブローテータ

弁座は普通シリンダヘッド(鋳鉄)を加工して形成しているがB形機関では耐摩耗性、耐食性を向上するため耐熱鋼製のバルブインサートを圧入している。

B形機関ではさらにバルブローテータを取り付けて運転中弁を強制的に回転させて弁座部のすり合せを行なうようにしてある。バルブローテータは第18図に示すように鋼球と斜面とを組み合わせた



第19図 インサート、バルブローテータなどの影響

構造でバルブスプリングの力を利用して弁開の期間中に弁をストローク当たり約3度回転させるようにしたものである。弁を回転させることにより弁座部は常にすり合せが行なわれるため長時間良好な当たりが保たれ局部的なデポジットの堆積や腐食が防止される。また弁に働く機械的な力および熱負荷が均一化されるので局部的な過熱が防止されるとともに局部的な摩耗もほとんどない。

以上のように弁座面部ステライト溶着、バルブインサートおよびバルブローテータを使用すると弁系統の耐久性を著しく向上することができる。第19図はこれらを装着したB形機関と装置していない他社機関の弁座部の摩耗状況を比較したものである。図から明らかのように装着した場合摩耗量が約50～63%減少しており、ことに排气弁の場合がその効果が著しくバルブインサートとともにステライトの効果があらわれている。

3.5 その他

以上のほかに耐久性を向上するものとしてオイルクーラと潤滑油があげられる。

オイルクーラはB形機関をはじめとして最近ほとんどの機関で水冷式が採用されており、すぐれた冷却効果により潤滑油の劣化を防止している。また機関始動時には冷却水によって潤滑油が暖められるためウォーミングアップ時間が空冷式より短縮される。したがってこの期間中におけるライナの腐食摩耗を軽減する結果となる。

ピストンリングみぞ部は前述のように高温であるため長時間使用によりラッカやゴム質のような軟かいきょう雑物を生じ、ピストンリングの機能を阻害する恐れがある。したがって潤滑油としては清浄分散剤、酸化防止剤などが添加されたものを使用するとともにほかの用途に比べて潤滑油量を多くして潤滑油の劣化ひいてはピストンリングの機能を阻害を防止している。

4. 結 言

建設機械用ディーゼル機関はほかの用途に比べて過酷な負荷条件および塵埃の多い場所で使用されるため各部の摩耗が著しく促進される傾向にある。したがって耐久性を向上するには塵埃の除去、材質的向上および各部条件の緩和を必要とする。中でも材質的向上では

- (1) ライナ材として特殊球状黒鉛鋳鉄を使用することは効果的で、特に摩耗の激しい上死点付近の摩耗量が少なく他材質ライナに比べ2～5倍の耐摩耗性を示す。
- (2) ピストン関係ではトップリングみぞ部にリングトレガをそう入することにより3～7倍耐摩耗性が向上される。
- (3) オイルフィルタはパーシャルフロ形よりフルフロ形のほうがすぐれており、主軸受摩耗量が約70%減少する傾向を示している。
- (4) 弁系統ではバルブインサート、バルブローテータを使用するとともに排气弁材料にSEH4、弁座面にステライトを溶着することにより弁座部摩耗量が約50～63%減少する。

終わりに、B形機関のシリンダライナ材の研究開発に多大の努力をばらわれた亀有工場研究部副部長西山博士に敬意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) C. E. Watson: SAE Trans., Vol. 63, p. 718
- (2) 渡部: 機械学会第33期通常総会講演会前刷 p. 48



新 案 の 紹 介



登録新案第716130号

宮 沢 寿 郎

油 入 変 圧 器

変圧器の高低圧巻線間主絶縁を固体絶縁物によって充填する固体絶縁方式においては、従来の油層絶縁方式に比較して絶縁強度を高め得ると共に、変圧器の小形化を計る上に有利である。

ところが、超高圧大容量器ともなれば、固体絶縁層の厚みや高さが相当に大きくなるため、変圧器へ絶縁油を注入した場合、固体絶縁層内へ未だ十分に絶縁油が浸透されないうちに、油中へ浸漬されこのため内部に空隙が生成されて残り、この空隙によってコロナが発生し、絶縁破壊に至ることがある。

この考案は、これを改良すべく、図に示すように、鉄心1に対して巻装された低圧巻線2と高圧巻線3間へ固体絶縁物4を配置し、しかも固体絶縁物4のほぼ中央部には、多孔性固体絶縁物5を一体に挿入して、積層するようにしたものである。

この考案によれば、絶縁油の注入時に、多孔性固体絶縁物5は、固体絶縁層4内の排気を行ない、しかもこれを通して固体絶縁層4内へ十分に絶縁油を含浸させることができ、従って、空隙の生成を防止し得る。(須田)

