

17. いかにかやすかーシリンダーの機能ー

(ヤマハ発動機)



いかに冷やすか

—シリンダーの機能—

山縣 裕

ヤマハ発動機(株)

1. はじめに

シリンダーは、筒としてピストンの案内をするばかりでなく、爆発力の反力を受ける強度部材および燃焼熱をエンジン外へ逃がす伝熱部材の働きをする。モーターサイクルのエンジンを高出力化するため、シリンダーにおいてもさまざまな工夫がされている。今回は、シリンダー機能を高めるための材料技術について紹介する。

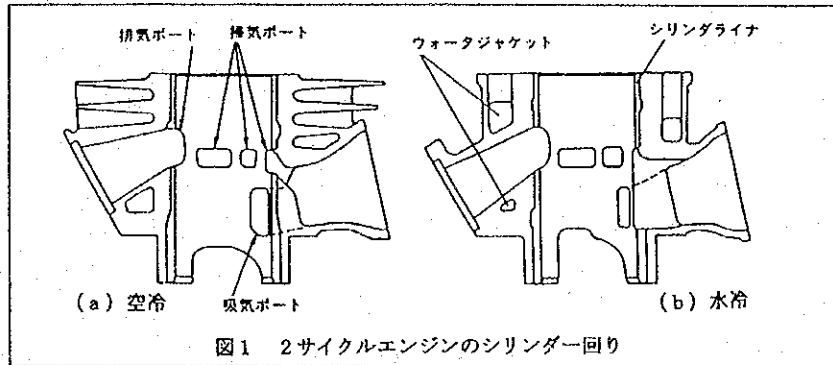


図1 2サイクルエンジンのシリンダー回り

一例として、铸铁シリンダライナー シリンダー構造を、図1に示す。

の铸ぐるまれた2サイクルエンジンの 2サイクル、4サイクルを含めシリンダーの機能は、表1のように

表1 シリンダーに要求される機能

目的	要求される機能	手段	素材に求められる機能	選択される素材および材料技術
高出力を可能とするシリンダー	ピストンの案内外筒	<ul style="list-style-type: none"> 運転時真円度 円筒度確保 保油性上げる、耐久性を上げる 	<ul style="list-style-type: none"> 切削加工性良 耐摩耗、耐焼きつき 	<ul style="list-style-type: none"> ライナー圧入 シリンダー構造 ホーニング加工 高Pねずみ铸铁 ピストンリングとの組み合わせ
	ガス交換(2サイクル)	最適ポート形状	造物の作りやすさ	ダイカスト、シェル型造物
爆発圧を受ける		最適剛性と強度	軽量高強度	アルミ合金使用 T6熱処理
	発生燃焼熱を逃がす	熱伝達性向上	熱伝導性良	铸ぐるみシリンダー SIC複合分散Niめっき

表2 モーターサイクルで使われる各種のシリンダー構造

シリンダー構造	使用エンジン	製造方法	特徴
①铸铁一体	50ccクラスの 小排気量	FC200铸铁シェルモールド	低コスト
②铸铁ライナ 铸ぐるみ	2サイクル スポーツ	高V铸铁シェルモールド(铸铁ライナ) +AC4Bシェルモールド(シリンダーブロック) →铸ぐるみブロックと一体化後T4、加工	冷却①より良い
③铸铁ライナ 圧入	4サイクル スポーツ	高P铸铁シェルモールド(铸铁ライナ) +ADC12ダイカスト(シリンダーブロック) →単体ホーニングライナをブロックに圧入	熱間時真円度良い
④メッキ シリンダー	2、4サイクル スポーツ	AC4Bシェルモールド(シリンダーブロック) T6+SIC分散ニッケルメッキ →加工の終わったブロックにメッキ後、シリンダー壁ホーニング	よく冷える。多気筒ではシリンダー間のピッチをつめられる

展開される。また、表2にモーターサイクル用の各種シリンダー構造とその製造方法および特徴を示した。

現在では大別すると4種類の構造が使われている。2サイクルと4サイクルでは構造がかなり異なっている¹⁾ので、分けて説明する。

2. 2サイクルエンジンのシリンダー機能と構造

モーターサイクル用2サイクルエンジンは、シュニユーレ掃気と呼ばれる反転掃気方式をとっている。

図2は、水冷シリンダーブロックを半割りした断面の排気ポート側である(図1(b)の直角方向断面)。

4サイクルの単純な円筒と違い、2サイクルエンジンでは、シリンダー壁に吸気、掃気、排気の各ポートを有し、燃焼ガス

の交換をする。ポートは、エンジンの性能向上につれ、その数と形状が変化してきた。十分な新気の吸入と効率のよい掃気流を作るため、掃気通路の拡大だけでなく多くのポートが増やされた。かつては吸気、掃気、排気の3個であったポートが、現在のエンジンでは7個もある。高い掃気効率や充填効率を得て高出力を出すには個々のポートから新気が最適なタイミングで吹き出し、最適な角度で上昇回転する必要がある。通路抵抗を少なくするため、排気ポートもできるだけ幅を広げる傾向にある。

高出力エンジンであるほど、発生する熱が多く、冷却が要求される。図3は250ccモーターサイクル用2サイクルエンジンの出力推移の歴史である。

1980年以降、水冷化にともない出力は急上昇している。これは、熱的トラブルが解消された結果と言える。

表2に示した4種のシリンダー構造は、要求される冷却レベルで使い分けられている。次に、これらの構造と使われる素材を順に解説する。

3. 鋳ぐるみ構造による冷却

性能の確保

鋳鉄一体シリンダー：

スポーツモデルにおいても初期には

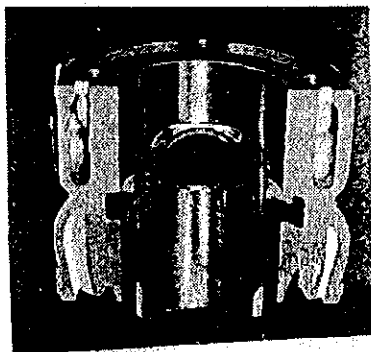


図2 水冷2サイクルシリンダーの構造 (SiC複合分散Niメッキ品を半割)

空冷エンジンが主流で、冷却フィンをシリンダーライナーにくっつけた形の一体鋳造成形したものが使われた。材質はFC200相当(表3)のパーライト地ねずみ鋳鉄で、耐摩耗性を上げるため、軟らかいフェライトの生成はできる限り避ける必要がある(図4(a))。複雑なポート形状は、シェル型を用い、重力鋳造で形成される。現在でも、スクーターなど出力の低いエンジンでは、コストも安く、多く用いられている。

鋳鉄ライナー鋳ぐるみシリンダー：鋳鉄では熱伝導率が低い(50W/(m・℃)程度)ため、アルミ(AC4Bの熱伝導率は150W/(m・℃)程度)を用い、冷却性能をかせごうとした構造である。これは軽量化にもなる。ただし、アルミ合金そのものは耐摩耗性が悪く、シリンダーの摺動面に使えないので、この部分だけ耐焼き付き、耐摩耗に優れた鋳鉄ライナーを鋳ぐるんでシリンダーとした構造である(図1)。

耐熱強度、重量などを考慮してシリ

ンダーブロック材には、AC4Bアルミニウム合金(表3)が使われる。鋳込まれる鋳鉄ライナー(図5)には、あらかじめポートが形成されているが、このライナーの鋳物は肉が薄く、またポート間のリブの幅が狭いため、鋳物の凝固時、急冷されチルが出やすい²⁾。チルを抑制し、フェライトのないパーライト生地に黒鉛のよく伸びた最適組織を得るため、接種条件や成分管理に大変な努力がされている。現在では、インラインの分析機器が迅速な定量分析を可能にしたため、昔ほどの難しさはなくなったが、

アルミ中に、単純に鋳ぐるもうとしても、鋳鉄ライナーは湯のきらいが出て、密着性が悪く、結果的に、できた製品では、燃焼熱がライナーからアルミに伝わらないので不良となる。鋳込み時の密着性をよくするため、鋳ぐるみ前のライナーの予熱や、湯回りしやすい鋳造方案上の工夫がされている。アルミの熱収縮が鋳鉄より大きいので、

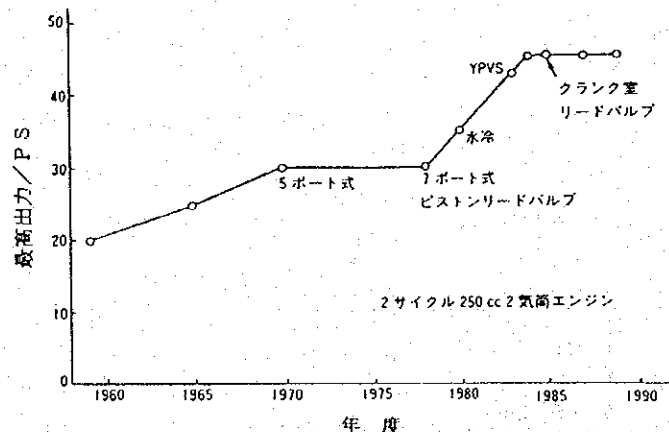


図3 2サイクルエンジンの出力の推移

表3 シリンダー回りに使われる材料(重量%)

材質	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Cr	Al	C	P	V
FC200	2	残り	-	0.8	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-
高V鋳鉄	2	残り	-	0.8	-	-	-	-	-	-	3.2	-	0.3
高P鋳鉄	2	残り	-	0.8	-	-	-	-	-	-	3.2	0.3	0.3
AC4B	8	1	0.3	0.35	0.3	0.5	0.1	0.2	0.1	残り	-	-	-
ADC12	11	1.3	2	0.5	0.3	1.0	0.5	-	-	残り	-	-	-

凝固後の冷却途中でライナーの締め付け力が発生する。この締め付け残留応力のおかげで、エンジン運転でアルミのシリンダーブロックが熱膨張したときでも、ライナーはゆるむことなく保持される。

高出力化のため、ブロック材質をアルミ合金に替えても十分な冷却が稼げず、シリンダー壁温が上昇し、潤滑不良による焼き付きなどのトラブルが起きやすくなった。そのためシリンダーの温度分布の均一化、熱ひずみ低減のため水冷化が進められ、1980年代には、モーターサイクルエンジンは水冷が主流になった(図3)。

鋳鉄ライナー鋳ぐるみのシリンダーのよい点は、ピストンとの焼き付きが生じて、町の修理屋で再ホーニングし、サイズのやや大きいピストンと組み合わせることで、再び使えることである。これは発展途上の東南アジアなどで使う時、実用上、大切なことである。この点、後で述べるメッキシリンダーでは、メッキが特殊であるため、簡単には再生できない。

4. ホーニングによる潤滑性と精度向上

シリンダーの摺動壁面に使われるねずみ鋳鉄は、固体潤滑材の黒鉛を含むため、切粉の切れ味がよく切削精度が上げやすい、また、運転時には焼き付きにくい優れた素材である。この素材



図5 鋳鉄250mmシリンダーライナー

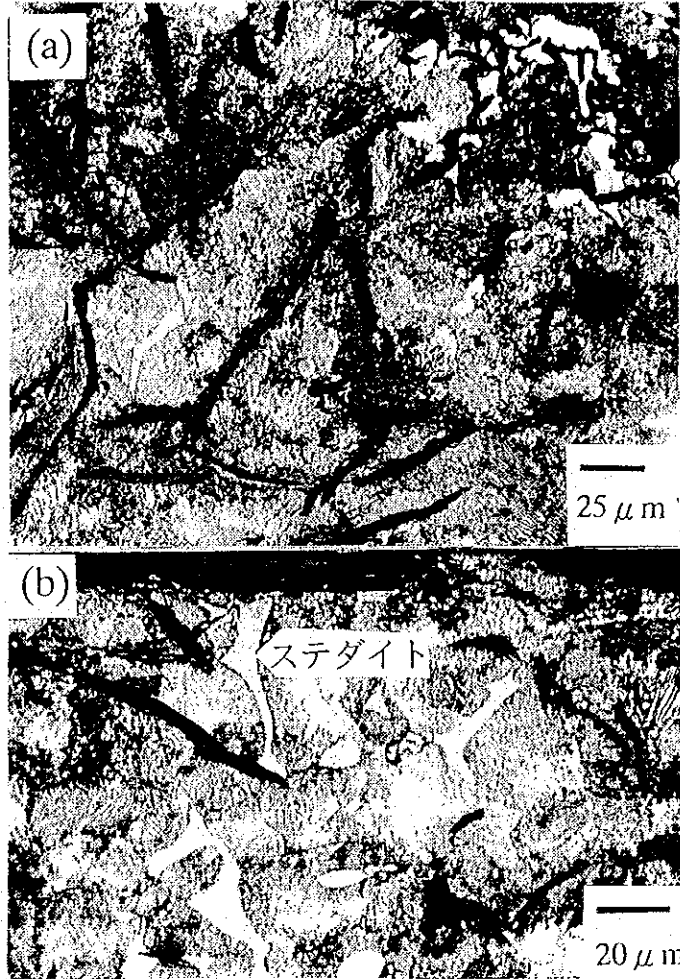


図4 鋳鉄シリンダーの組織 (a) FC200 (b) 高P鋳鉄

を活かし、さらに、ピストンリングと摺動して、流体潤滑をさせるため、クロスハッチ模様を刻む、ホーニングという加工で壁面にオイルポケットを作り、潤滑油の保持性をあげている。シリンダー壁面のホーニングは、シリンダー穴のボーリング加工後にほどこさ

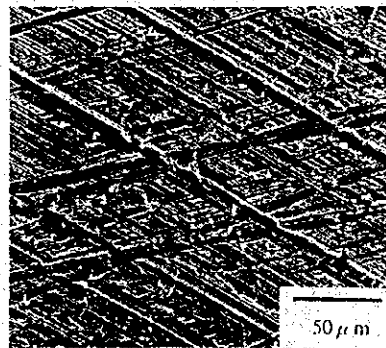


図6 シリンダーのホーニング目

れる。これはシリンダーの円筒形状の真円度、円筒度を上げる役割もある。

図6はホーニング目の写真である。クロスハッチ形状は、砥石の切れ味によってできが変わる。バリがなく、黒鉛がきれいにできているのが理想的な仕上がりで、面粗度計により凹凸の管理を行なう。ホーニングはホーニング砥石を使い、拡張圧を砥石に加えながら回転し、クロスハッチ状の切り込みを入れる。

5. SiC分散ニッケルメッキによるシリンダー

高出力エンジンは熱負荷が大きく、2サイクルシリンダーは排気ポート付近が高温となり油膜が切れやすい。ま

た、多くのポートがあることから、温度分布が不均一となりやすく、熱変形がいびつに生じやすい³⁾。特に铸铁ライナーを鋳ぐるんだシリンダーでは、熱膨張の異なる材料を無理に組み合わせているので、その影響を大きく受ける。いびつな熱変形は、シリンダーとピストン間の焼き付きの原因となる。このようなエンジン向けにライナーレス化し、熱伝達をよくすることで摺動面の温度を下げ、油膜切れが原因の焼き付きを解決する試みがなされている。

これらの1つに、アルミニウム合金シリンダー壁に直接、薄く硬質クロムメッキし、使用する技術が古くからある。

図7は铸铁ライナーを鋳ぐるんだ空冷シリンダーと、全く同じ形状のクロムメッキシリンダーの運転時の温度を比較した例である。熱電対により温度を測定した位置が黒丸で示されている。クロムメッキでは、シリンダーの壁温が50°Cほど低く、冷却フィンの先端温度が高くなっており、冷却が十分に示されている。効果を示されている。

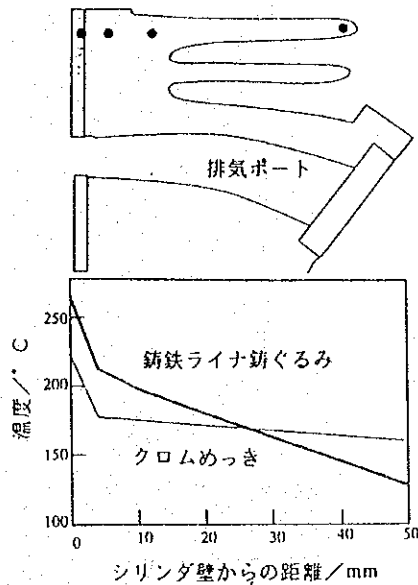


図7 シリンダー内の温度分布

しかしこのクロムメッキは、耐スカッフ性がやや劣り、メッキの廃水処理の問題があるため、最近では使用されなくなった。これに代わって、最近ではSiC複分散Niメッキが使われる。

分散メッキは、もともとドイツのブラスベルグ社が開発した技術で、エンジン部品としては、ロータリーエンジンの燃焼室を形成するために1960年代に盛んに研究された。分散メッキ⁴⁾

は、ニッケルまたはニッケル合金マトリックスの中にセラミックス粒子や繊維を共析させ、機能性複合材料とすることができる技術である。

図8(a)は、SiC複分散Niメッキしたシリンダー壁の断面の組織である。メッキ層の拡大写真(図8(b))も示した。やや角張った2μm程度のSiC粒子が見られる。このNi膜に、さらにPを添加することで、時効硬化性を持たせることができる。

図9は、硬質クロムおよびPなしのSiC複分散Niメッキ(Ni-SiC)と比較した熱処理後の硬さを示す。各温度で1時間保持。P添加材は350°C付近で最高硬さを示すが、硬質クロムおよびPなしのNi-SiCは単調に軟化する。硬質クロムは、メッキあがり非常に硬いが、これはメッキ層に含まれているクロムの水素化合物の格子ひずみによるためであり、加熱とともに分解し、軟化していく。これは、クロムメッキの耐スカッフ性の悪い一因である。一方、P添加メッキは、使用中に硬くなり好都合である。

SiC複分散Niメッキは、铸铁シリンダー同様、ホーニングして用いられる。ダイヤモンドホーニングでオイルポケットを形成し、できたシリンダー壁は、ピストンリングの摺動でNiのマトリックスは摩耗しても、SiCがもちこたえる。

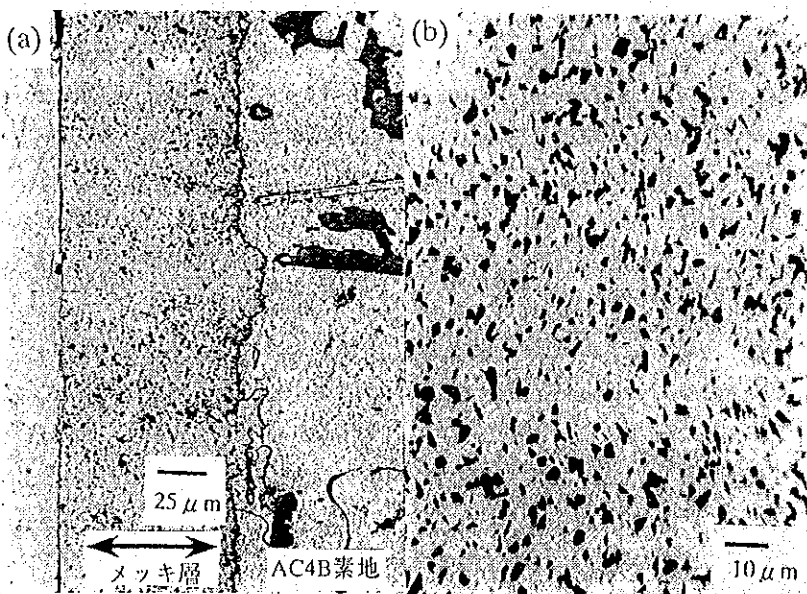


図8 (a) SiC複分散Niメッキの組織 (b) SiCの分散

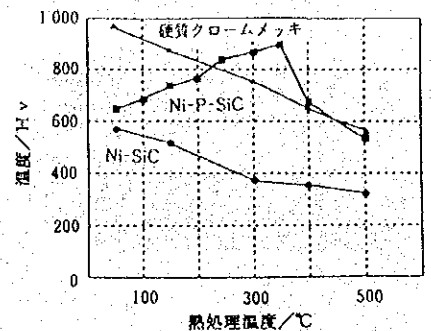


図9 各種メッキの熱処理後の硬さ

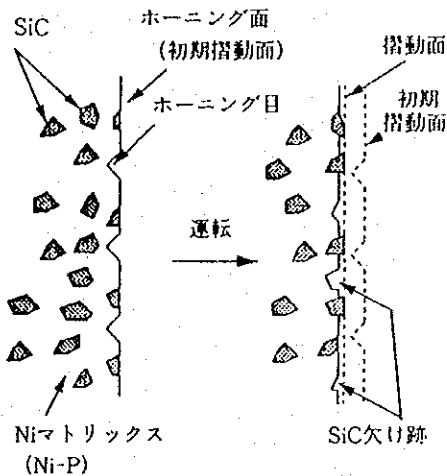


図10 SiC複分散Niメッキの表面加工

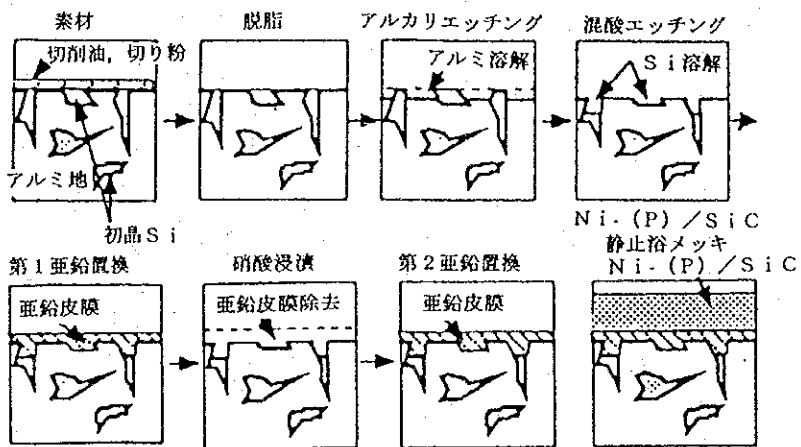


図11 アルミシリンダーへのSiC複分散メッキの工程

図10は、摺動による表面プロフィールの変化である。摺動面にある硬い異物は、一般に流体潤滑時の油膜ぎれを起こしやすい。そのため、SiC粒子は $3\mu\text{m}$ 以下の微細なものでなくてはならない。

図11にSiC複分散Niメッキの製造工程を示す。アルミニウムは表面の酸化膜が強固で、メッキをつけるのは難しいが、一般的には亜鉛置換と言われる処理をし、その上にメッキ層がつけられる。メッキは、均一なSiC分散を膜中に得るため、重いSiC粒子を、メッキ液中に懸濁させるのが難しい。

また、このメッキは、シリンダー壁面にしか必要がない。そのため、ブロックのメッキの不要部分にマスキングし、ブロック全体をメッキ液中に沈めてメッキするのであるが、これは、大変な手間である。また、メッキは、必要な厚み（通常、片側 $50\mu\text{m}$ 程度つけ、表面が荒れるのでホーニングで $20\mu\text{m}$ 程度まで落とす）をつけるのに長い時間がかかり、コスト高である。最近では、高速メッキ技術を用い、低コスト化する試みもなされている⁹⁾。

多気筒エンジンの場合、ライナーレスとすると、シリンダー間の距離を縮めることができ、結果としてエンジン

をコンパクトにできる。そのため、SiC複分散Niメッキの他に、過共晶Al-Si合金A390のアルミマトリックスを優先的にエッチングし、Siを浮き出させて摺動面としたもの、アルミナ繊維とカーボン繊維の複合材のプリフォームをアルミ中に铸ぐるみMMCとして摺動面としたもの、メッキの代わりにFe-Moの溶射をしたものなどが、多くはないが、実用されている。それぞれ一長一短がある。

6. 4サイクルエンジンのシリンダー構造と材料

4サイクルのシリンダブロックにはADC12ダイカストが使われ(表3)、ライナー上部の外周温度は水冷で 200°C 、空冷で 250°C 程度である。4サイクルでは、ポートがないのでシリンダブロックの铸造にシェルを使う必要がない。そのため高精度化と低コスト化のためダイカストが使われる。多くは铸铁ライナーが圧入されている。4サイクルでは、クランク室に入っている油をピストンにかけ冷却させる構造をとっている。そして、余分な油をピストンリングの張力を上げて、かき落としている⁶⁾ので、2サイクルに比べ、シリンダー壁にかかるピストンリ

ングの面圧が高い。リング張力の低い2サイクル向けと違い、シリンダー壁の耐摩耗性が特に要求され、そのためPを添加し高硬度化したねずみ铸铁が用いられる。

図4(b)は、この高P铸铁の組織である。Pは铸铁中でFe-Pの硬い化合物ステダイトとして析出している。ひよろひよろと奇妙な形をしているのは、ステダイトの凝固点が低く、最後に固まるためである。

7. 铸铁ライナー圧入シリンダーの使用と熱間時変形

2サイクルシリンダーのところでも述べたように、アルミのシリンダブロック中に铸铁のライナーを入れた構造は、運転時の温度上昇でアルミが膨張し、ライナーがゆるむ可能性がある。2サイクルではポート穴がライナー壁にあいており、シリンダブロック側の穴と合わせるのが難しいので、圧入構造は使われない⁷⁾。しかし4サイクルの場合は、ライナーがただのツバつき円筒であるため、圧入が使われる⁸⁾。

この場合、ライナーはブロックに圧入後、ホーニングするのではなく、圧入前の状態で、外径研磨、内径ホーニングにより仕上げられ(単体ホーニン

ぐ), 圧入される。これは, 運転時の温度上昇で圧入がやや緩み, ライナーがスプリングバックした時でも, 真円形状が保たれるようにするためである。

図 12 はシリンダーブロックにライナーが圧入された状態を示している。薄肉円筒であるライナーの圧入前の外径 R_0 は, 圧入後 R_1 になる。圧入の締め代 (R_0-R_1) は, ライナーが座屈変形せず, 温度が上がったときも十分な緊迫力が残るように決められる。通常, $60 \phi \text{mm}$ 程度の直径のライナーでは, $60 \mu \text{m}$ 程度である⁹⁾。

8. まとめ

高出力エンジンは発生熱量が多く, 十分な冷却をしないとピストン温度が上がり, ノッキングが出やすくなる。また, 潤滑不良による焼き付きや, 部材の劣化などのトラブルが多発する。

空冷エンジンでは, 通常, シリンダー一周りに十分な冷却風がくるように工夫される。また, 水冷化はこれに対して, 有力な方法であるが, ラジエーターなどを装着するためコストが上がる。いずれにせよ, 熱を逃がすため, 部

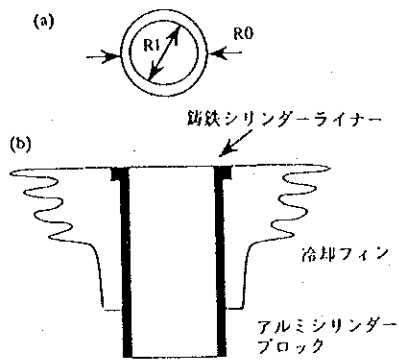


図 12 4サイクル圧入シリンダーの構造

材の選択と組合せ方法にさまざまな工夫がされている。また, 熱変形に関し, 圧漏れしないようシリンダーヘッド(アルミ)をスタッドボルト(高張力鋼製)でエンジンブロック(アルミ)に締め上げる構造では, 温度が上がるとアルミ部分だけが伸び, ボルトを受けているアルミの座面がへたること, なども大きな問題である。

参考文献と注

- 1) モータサイクル: ヤマハ発動機モータサイクル編集委員会編著, 山海堂, (1991)。
- 2) 小池 俊勝, 山縣 裕: 塑性と加工, 31(1990)474。ポート穴のたくさんあ

いた薄肉のシリンダーライナーは, 鑄造が難しく, 不良が出やすい。鑄鉄管にピラス加工をしてライナーとした例である。

- 3) 白鷺貞夫: 内燃機関, 14 (1975) 11。
- 4) 榎本 英彦, 古川 直治, 松村宗順: 複合めっき, 日刊工業新聞社 (1989)。
- 5) 磯部 正章, 池ヶ谷 裕彦: 自動車技術, 48 (1994) 89。
- 6) 4サイクルエンジンのピストンリングは, 運転中にぐるぐる回転する。一方, 2サイクルエンジンのピストンリングは, 回転させるとポートに引っかかるので回転しないようにしてある。
- 7) 2サイクルエンジンでも, ポート形状の比較的単純な船外機エンジンなどでは, ライナーが圧入される。
- 8) シリンダーブロック全体を, 耐摩耗鑄鉄で作るのは, 難しいのと, むだなので, シリンダーブロック全体は, 普通のわずみ鑄鉄で作る。P, Bなどを添加し耐摩耗性を上げたライナーを入れたものがある。この場合, ブロック, ライナーとも鑄鉄で熱膨張は同じなので, 強度の圧入はされずルーズに入れられている。大型高速ディーゼルエンジン(トラックなど)のシリンダーに用いられている。
- 9) 水冷の冷却性能を上げるため, F1レーサー向けなどに, きわめて薄いライナーに冷却水漏れ防止のOリングをかませてウォータージャケットとしたシリンダー構造がある。

次号以降の記事予定 (2)

●「鑄型」特集

「型」あれこれ——鑄造で造る金型の魅力

生型の技術と私

砂に生きる——鑄物砂を掘りつづけて60年余

水, 土とりんご, 米, 餅とり粉, 爆弾——セラミック鑄物砂の開発

鑄物砂処理と私

鈴木 克美

三浦 孝

森田 勉司

磯村 正紀

伊豆井省三

●「たかがねじ1本！」

ねじ, このあなどりがたきものよ

ねじ屋の言い分

山本 晃

松尾 政弘

●「Cyril Stanley Smith」特集

スミス博士断章

スミスの森 散策/多層構造論/デカルトの粒子

中沢 護人

志村 宗昭

18. CAD/CAMについての設備検討

CAD/CAMシステム設備積算

CAD/CAMシステムの積算については、用途によってソフトの価格が変わるが、ライナーの一般的なCADによる設計、加工プログラム作成等のCAM等を考慮した。

ハードウェアはワークステーションを想定し、周辺機器を取り揃えた。

ソフトウェアは、統合用CAD/CAMソフトを考えているが、使用するアプリケーションソフトの数などによって金額は大きく変わる。またプロッターは、インクジェット方式を想定した。

ライナーに関しては、2次元CAD/CAMで十分であり、購入価格も日本製の1/5から1/10である。ただ、システムの管理・サポート等のサービス体制がどうなっているかを留意しておく必要がある。

実装置は、JICAのプロジェクトでできた上海金型技術訓練センター（上海模具技術培训中心-TEL上海404-0341 徐校長または呉氏）に導入され、金型設計に使われている。他の精密工作機械も揃っているので、一度見学されることをお勧めする。

表 CAD/CAMシステム積算表

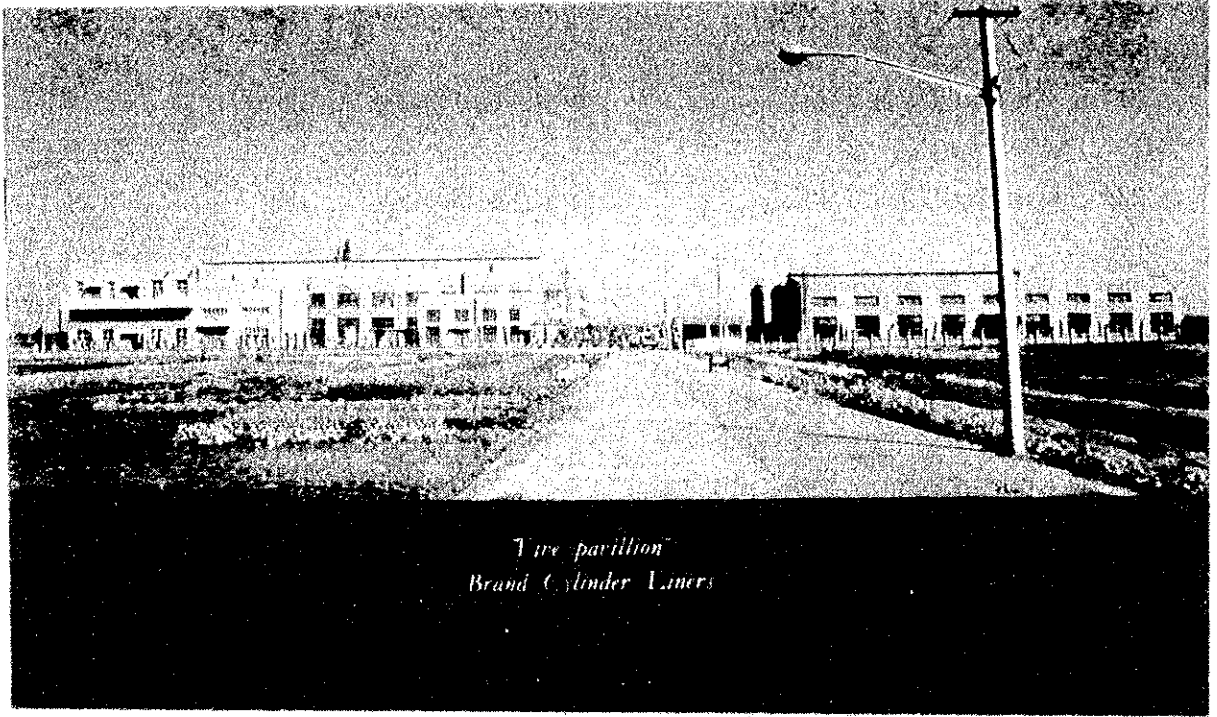
機 器 名	台 数	2次元CAD/CAMシステム	3次元CAD/CAMシステム	2次元CAD/CAM
		日本製(千円)	(標準版) 日本製(千円)	中国製(千円)
1)ハードウェア (US製、本体、増設機器、ケーブル類ほか)	一式	1,900	3,500	—
[※本体のみの価格]	1	(1,480)	(1,750)	(1,100)
2)ソフトウェア (CAD/CAMソフト)	一式	4,200	9,700	550
3)プロッター	1	1,000	1,000	—
設備合計金額 (単位：千円)		7,100	14,200	1,650

注) 保守サービス、機器運搬・据付・調整および導入サポート料金は含まない。

〔参考文献〕

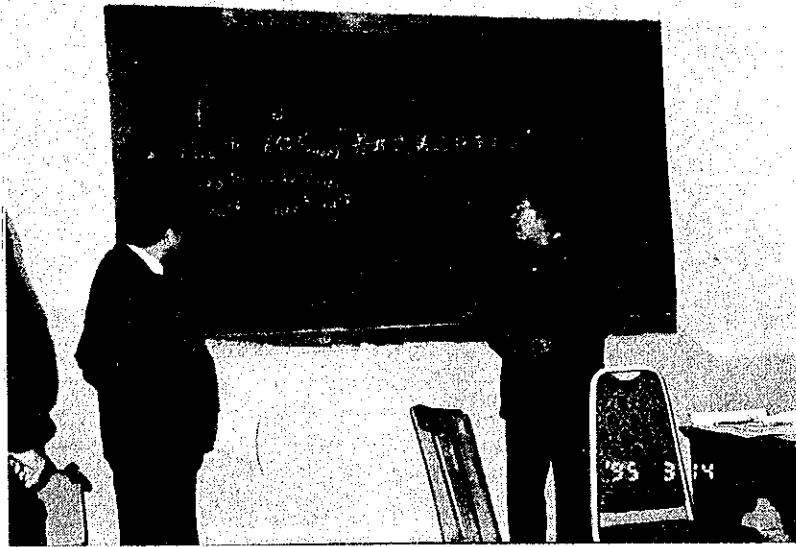
- 1) 中国自動車産業・市場の現状と展望 総合教育企画、1992. 10. 27
- 2) 中国の新自動車産業政策の全容と今後の行方 総合教育企画、1994. 9. 21
- 3) 中国の統計 日本貿易振興会、1994. 9. 27
- 4) 中国省別経済（改定版） 日本国際貿易促進協会、1994. 9. 20
- 5) 中国省別経済 日本国際貿易促進協会、1991. 4. 1
- 6) 中国産業別概況 日本国際貿易促進協会、1993. 3. 31
- 7) 鑄造工業の海外戦略ガイドブック（Ⅲ）
—中国偏（華中、華北・東北地区）— (財)素形材センター、1992. 3. 1
- 8) 鑄造工業の海外戦略ガイドブック（Ⅳ）
—統中国偏— (財)素形材センター、1993. 3. 31
- 9) 鑄造工業の海外展開ガイドブック（Ⅴ）
—タイ国・東アジアの素形材産業の現状— (財)素形材センター、1994. 3. 31
- 10) 中国鑄造機械技術セミナー開催報告書 日本貿易振興会、1987. 3. 31
- 11) 中国—経済・貿易の動向と見通し
—ARCレポート1991— 世界経済貿易情報サービス、1991. 7. 31
- 12) 中国の鑄鍛鋼業—武漢、徳陽、昆明の概要— 日本鉄鋼協会、1994. 2
- 13) 開発援助環境配慮推進調査報告書 (社)海外環境協力センター、1991. 3
- 14) 環境援助研究会報告書 国際協力事業団、1988
- 15) JICA開発調査環境配慮ガイドライン
—廃棄物処理— (財)日本国際協力センター、1994. 1
- 16) 目で見て進める「工場管理」実戦生産管理論 日刊工業新聞社、1993. 10. 30
- 17) 私たちのTPM（改訂版） 日本メンテナンス協会、1993. 10. 30
- 18) QCの七つ道具 日科技研、1993. 6. 18

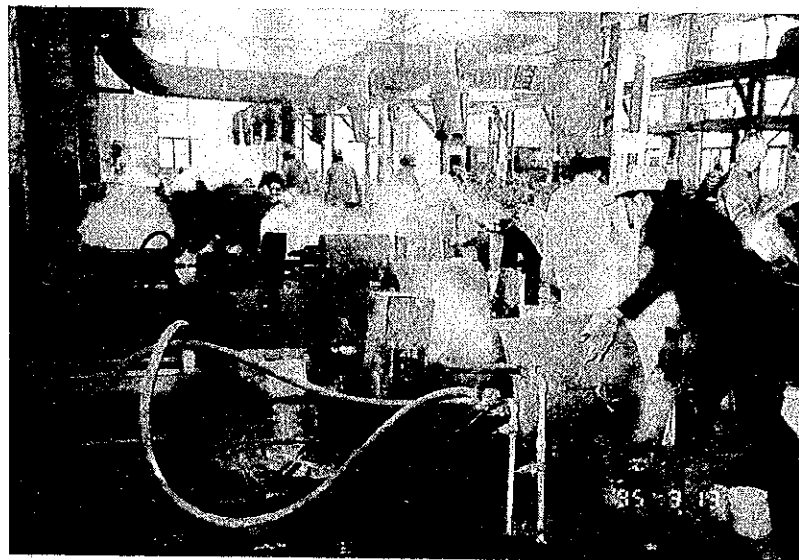
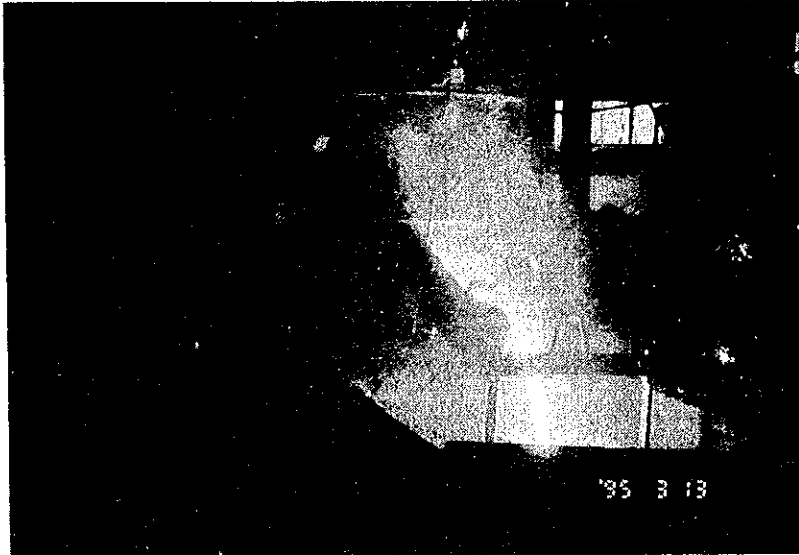
- 19) 江蘇年鑑 (1990年版) 中国江蘇年鑑雜誌社、1991.7
- 20) 江蘇年鑑 (1991年版) 中国江蘇年鑑雜誌社、1992.7
- 21) 江蘇年鑑 (1992年版) 中国江蘇年鑑雜誌社、1993.7
- 22) 江蘇年鑑 (1993年版) 中国江蘇年鑑雜誌社、1994.7
- 23) 中国年鑑 (1991年版) 中国研究所、1992.9
- 24) アジアの自動車産業 (株)亜紀書房、1994.10.20
- 25) 日本自動車産業のアジア進出実態調査 アイ・アール・シー、1993.11
- 26) 素形材年鑑 (平成5年度版) (財)素形材センター、1994.10
- 27) 素形材年鑑 (平成4年度版) (財)素形材センター、1993.10
- 28) 鑄造技術講座10 特殊鑄造法 日刊工業新聞社、1971.6.30
- 27) 鑄造技術講座4 特殊鑄鉄鑄物 日刊工業新聞社、1967.9.30
- 28) 実用メッキ (I) (増補版) 日本ブルーイング協会編 (槇書店)、1990.6.10
- 29) 実用メッキ (II) 日本ブルーイング協会編 (槇書店)、1989.7.10
- 30) 平成7年度「技術賞、豊田賞受賞記念 講演集」 (社)日本鑄造工学会、1995.7.20

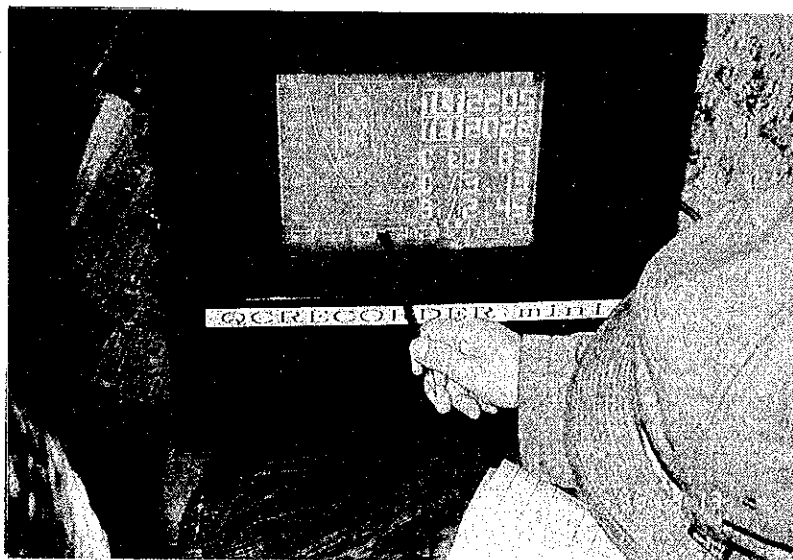
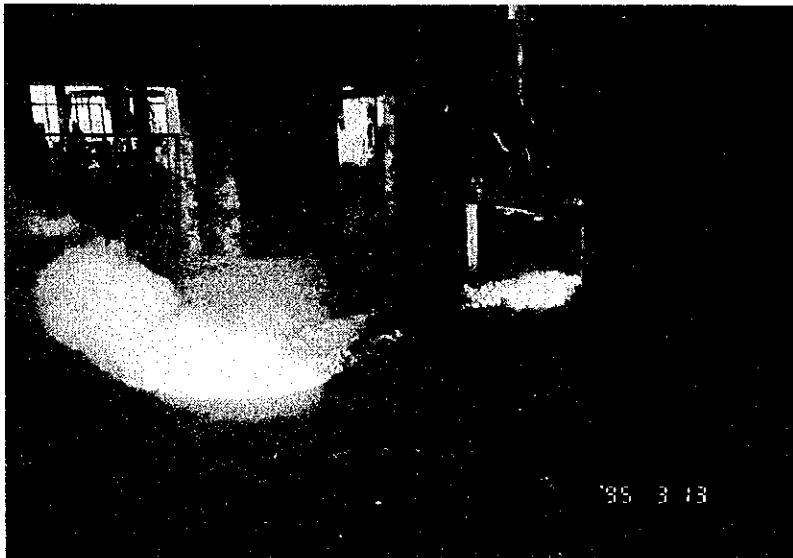


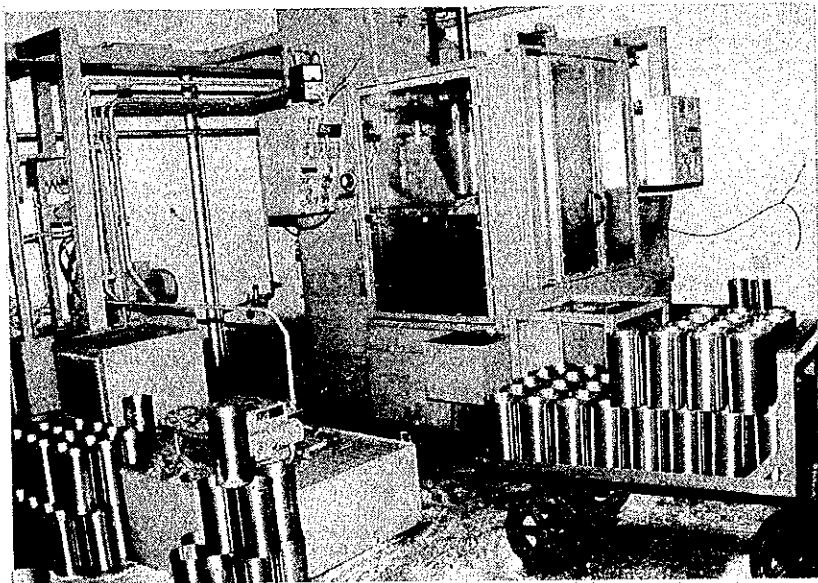
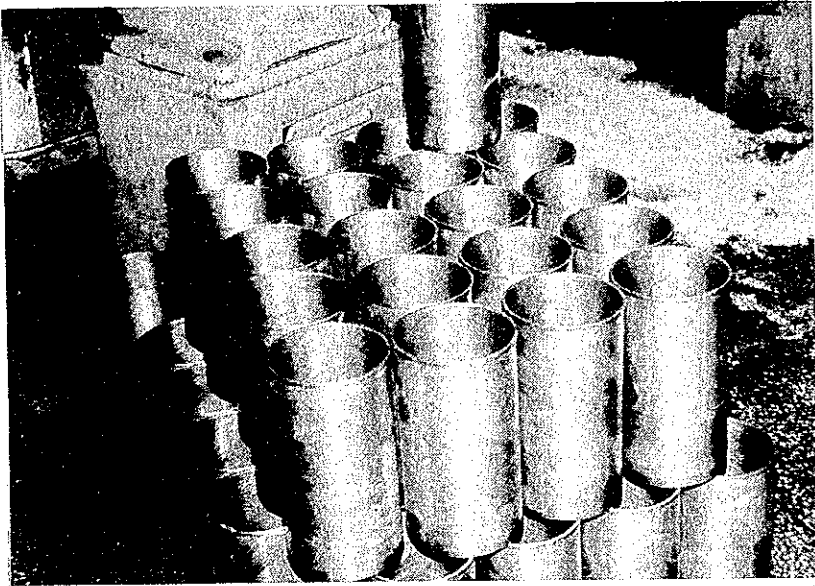
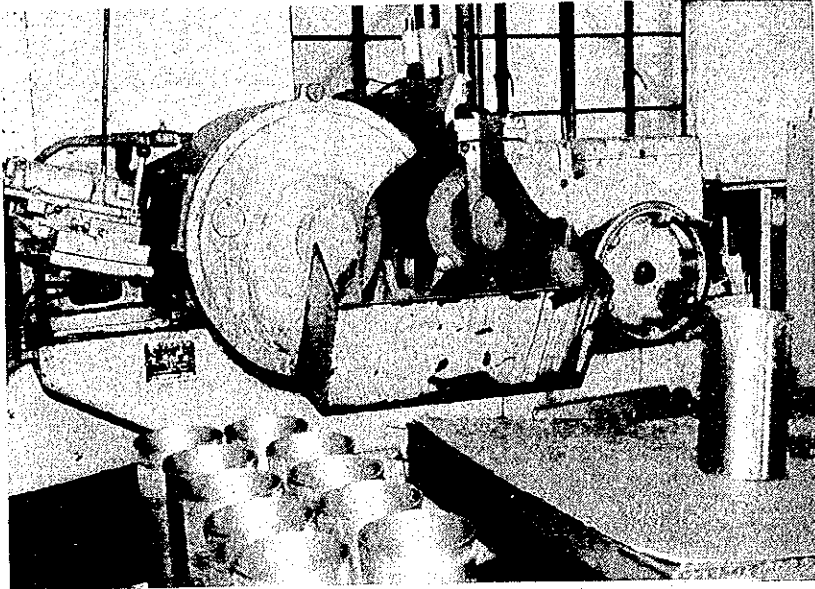
*Tire pavilion
Brand Cylinder Liners*

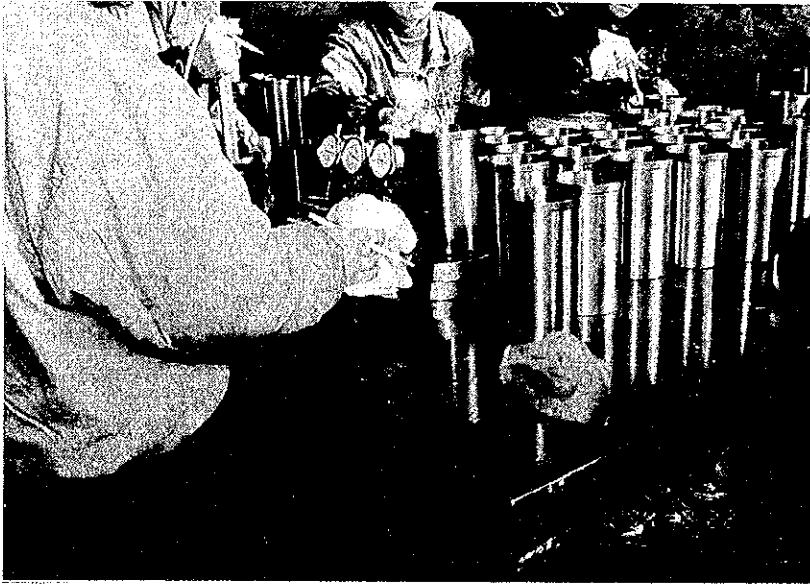
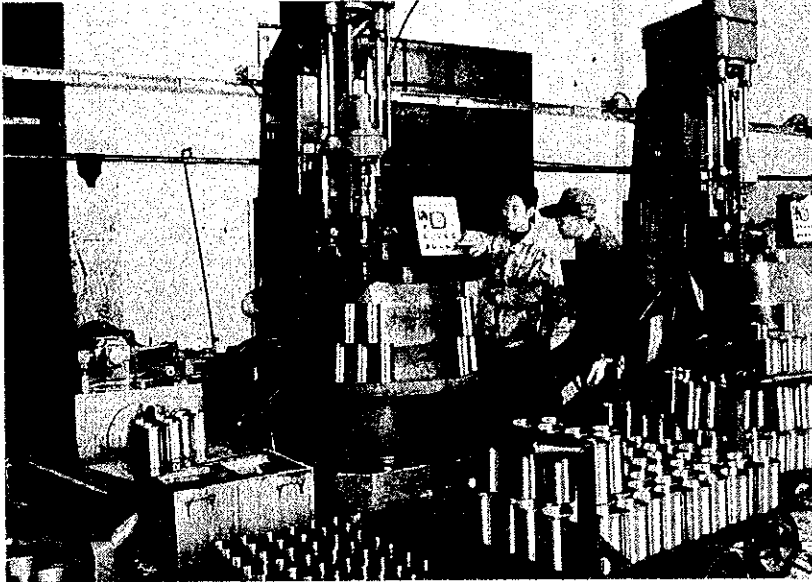










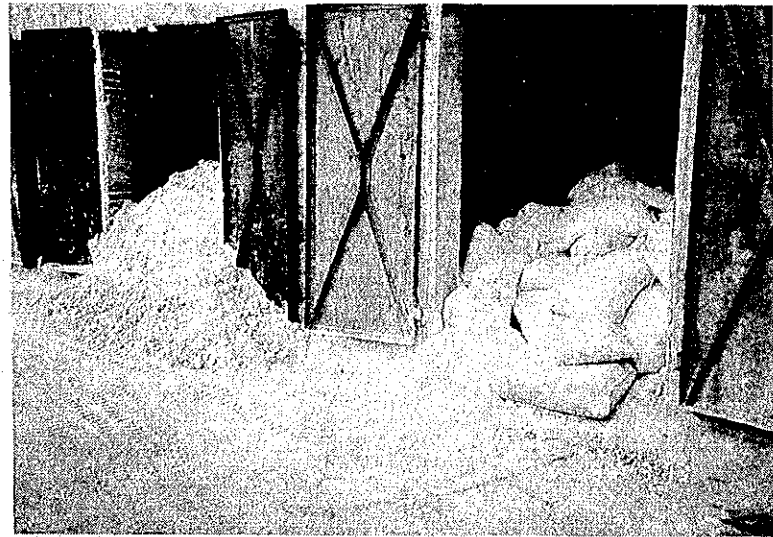


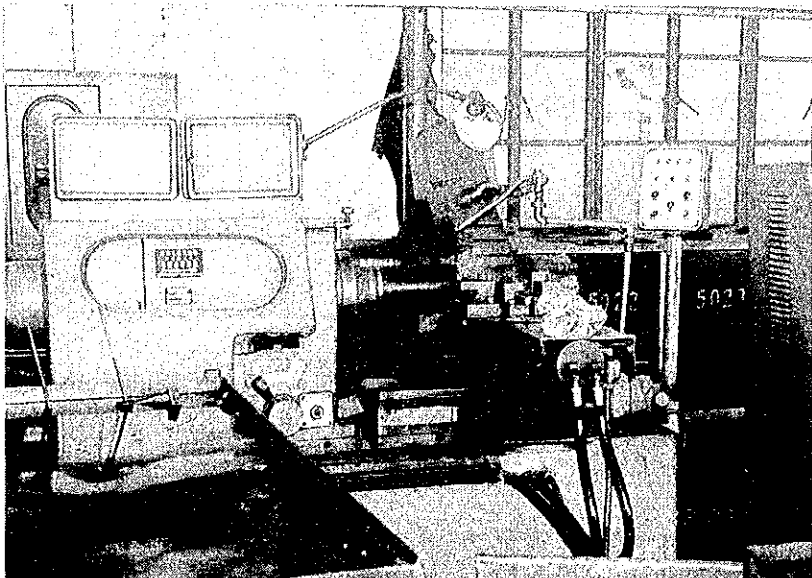
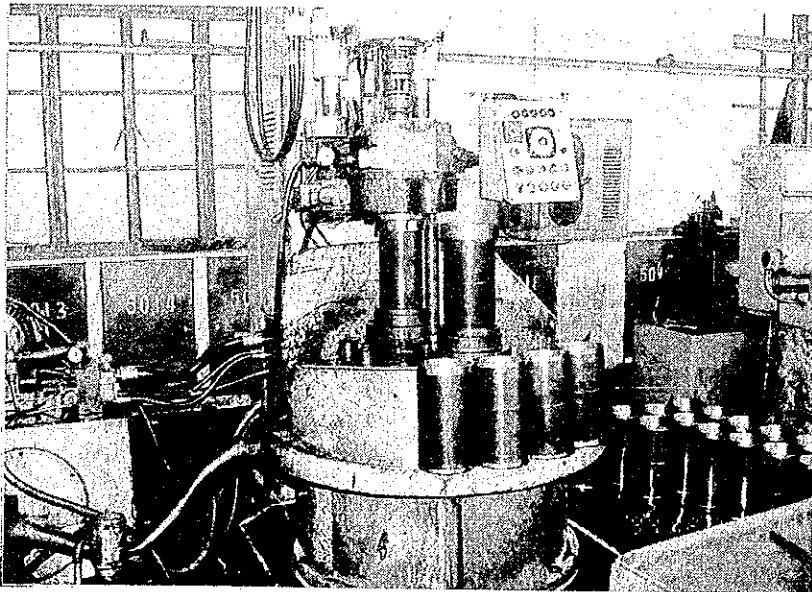
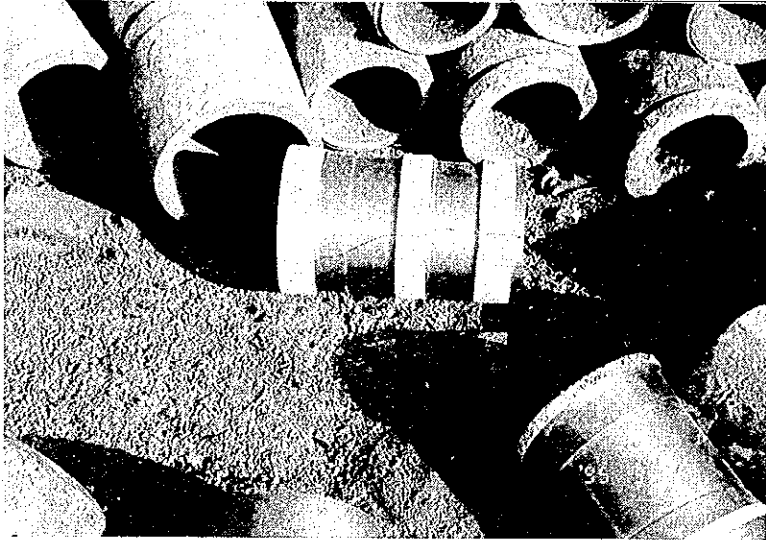
五车间各班产量统计

三月一日

班别	产量	质量	消耗	其他	备注
早班	4100大	470%	100%	110%	110%
中班	4100大	160%	100%	110%	110%
夜班	4100大	470%	100%	110%	110%
早班	4100大	470%	100%	110%	110%
中班	4100大	160%	100%	110%	110%
夜班	4100大	470%	100%	110%	110%

各班产量
保正





JICA