

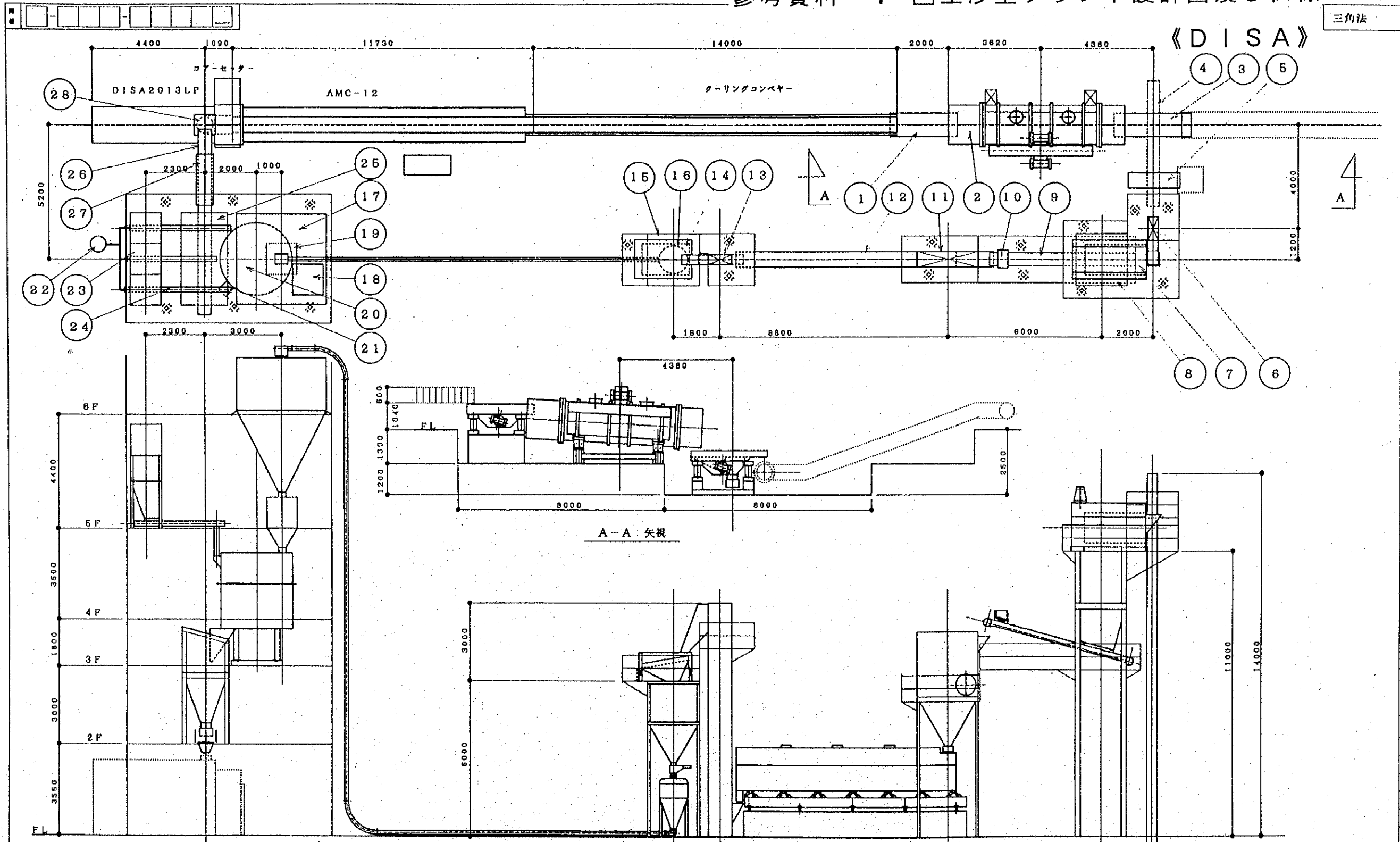
## 7. 生砂型プラント設計図及び仕様

(DISA)





参考資料-7 □生砂型プラント設計図及び仕様



三角法

《DISA》

品名	DISA 2013LP生型砂処理
材質	S.S
寸法	1/100
設計	
製図	
検査	
承認	
作成日	平成7年8月3日(11時)
図番	T-PCS-0010

OMCO  
太洋鋳機株式会社

訂正理由	日付	担当者	訂正理由	日付	担当者	年月日	客先	工事番号	所属廠	年月日	客先	工事番号	所属廠
------	----	-----	------	----	-----	-----	----	------	-----	-----	----	------	-----







□ディサー一般仕様

メートル法	縦型造型システム								
	2110		2013タイプ			2120		2070	
タイプ 造型室	MK1	MK2	LP A	MK5 A B		B	C	A	B
モールド寸法 (mm)									
高さ:	400	400	480	480	535	600	650	700	800
幅:	500	500	600	600	650	775	850	950	950
厚さ:	100/315	100/315	120/330	120/330	120/360	200/475	200/475	200/560	250/610
設計生産速度:	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ジブ無し(モールド/時)	205	280	200	370	350	218	218	250	246
ジブ付き(モールド/時)	186	254	200	355	330	218	218	250	235
ジブ長さ、最高(m)	47	47	18	86.5	86.5	91	91	74	74
冷却時間 最高(分)	● 70	● 50	● 24	● 72	● 76	● 87	● 87	● 48	● 49
砂消費量/時(トン)	● 12.5	● 18	● 17	● 32	● 37	● 46	● 54	● 100	● 112
1mmモールド厚の積置量(Kg)	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1
電力消費量 (KW)	16	22	16	60	60	45	45	75	75
ブリーエア消費量 (m <sup>3</sup> /分)	3.2	4.0	4.7	8	8	16	16	18	18
15℃にする水消費量 (ℓ/分)	6	8	4	46	46	40	40	75	75
	●モールド厚 200mmの場合		●モールド厚 200mmの場合			●モールド厚 300mmの場合		●モールド厚 400mmの場合	





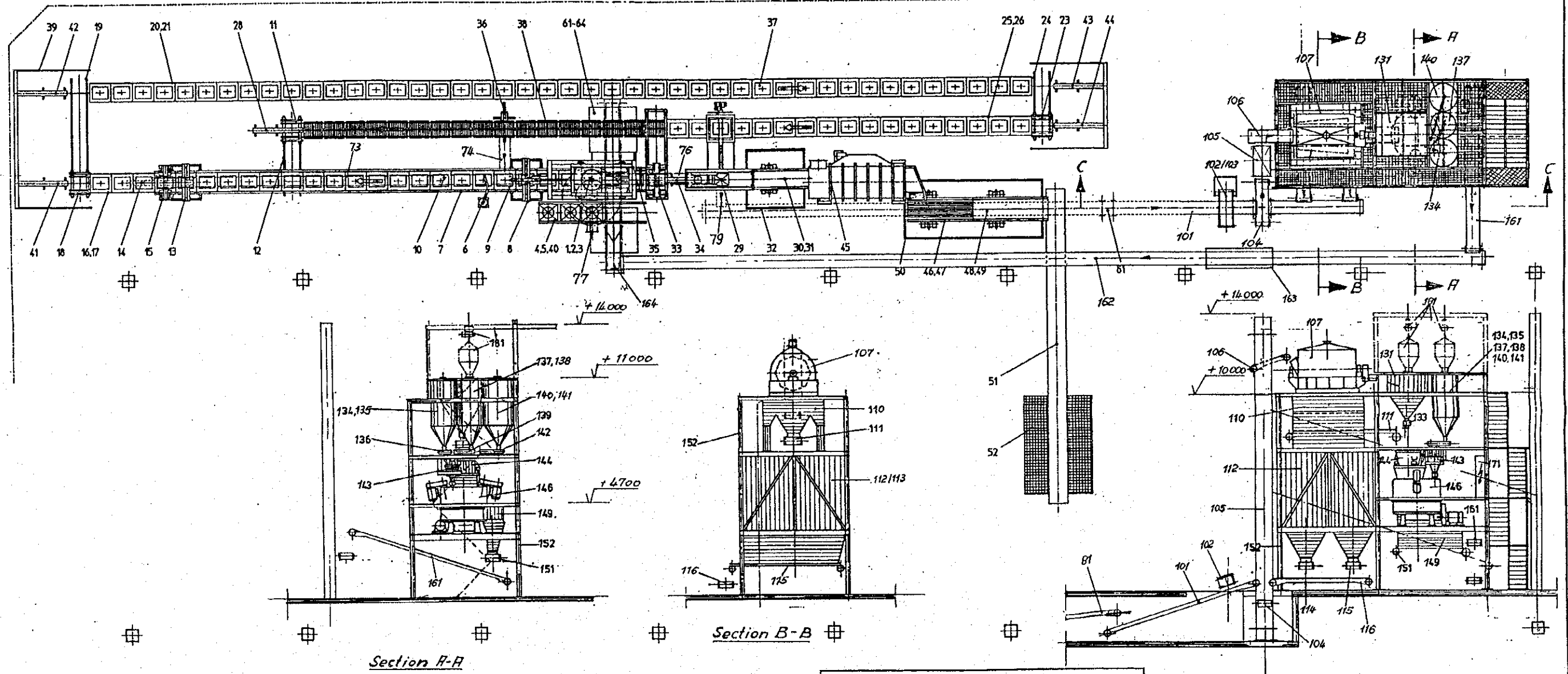
## 8. 生砂型プラント設計図及び仕様

(BMD)





参考資料 - 8 □生砂型プラント設計図及び仕様  
《BMD》



Technical Data		
Sand Plant		
Plant system		
Capacity (prepared moulding sand)	Facing sand Back sand	56 m <sup>3</sup> /h
Type of mixer	TM 240-110	1 qty.
Cycle time		100 sec.
Additives	Quartz sand, Bentonite Coal dust Filter dust	type
Dosage of components		gravimetrisch
Capacity used sand silo		27 + 120 m <sup>3</sup>
Used sand cooling system		Circulations system
Width of conveyor belts		650 + 800 mm
Cross-section bucket elevators		1500 × 850 mm
Polygonal screen type		TS 6 1. qty.
Prepared sand aerator		1 qty.

Technical Data	
Moulding Plant	
Flask size L x W x H cope/drag	800 x 600 x 300/300 mm
Capacity	90 moulds/h
Cycle time	40 sec
Moulding machine	AMS 80.60
Compaction process	VARIO-ARTIPULSE
Coring positions, drag	7
Inspection places, cope	6
No. of pouring places	3
Pouring basin	drilled
Air vents	drilled
Cooling time (within flask)	approx. 44 min
Method to counteract ferrostatic uplift	heavy cope
Number of flask	78
Number of pallet cars	86
Pitch of pallet cars	1096 mm
Sand consumption (uncompacted)	approx. 48 m <sup>3</sup> /h

BMD		DISA		Moulding Plant	
Böhmische Maschinenfabrik, Durlach GmbH D-74225 Karlsruhe		DISA S.p.A.		Moulding Plant	
Verf. / Drawing	Stab / Station	Blatt / Sheet	Blatt / Sheet	V-TP	
				参考図	
				01/01	









## BMD造型ライン仕様

### 2. TECHNICAL DATA

\*\*\*\*\*

Flask size	730 x 650 x 250/250 mm
Rated output	120 moulds/h
Compact moulding line	CAL 73.65
Number of moulding machines	1
Compaction of moulding sand	by VARIO-Impulse
Cycle time of moulding line	30 seconds
Sprue cups	drilled
Number of core setting places	5 drag flasks
Number of inspection places	5 cope flasks
Counteracting uplift during pouring	use of heavy copes
Number of pouring places	10
In-flask cooling time	approx. 35 minutes
Cooling time within sand parcel	approx. 30 minutes
Number of flasks	95 sets
Number of pallet cars	87
Number of cooling troughs	65
Type of moulding sand	unit sand
Moulding sand requirement	approx. 50 t/h of prepared moulding sand
Installed electrical power	approx. 280 kW for BMD supply
Compressed air:	
- operating pressure	6 bars
- for compaction	approx. 160 Nm <sup>3</sup> (at atmospheric pressure)
- to blow off patterns and mould halves	approx. 130 Nm <sup>3</sup> (at atmospheric pressure)
Operating voltage	200 V, 60 cycles
Control voltage	100 V, 60 cycles
Valve voltage	24 V, DC
Cooling water for hydraulic system	approx. 85 l/min at a water temperature of 20 degrees C

Badische Maschinenfabrik  
Durlach GmbH

Postfach 410140  
Postleitzahl 90  
D-7500 Karlsruhe 41 (Durlach)  
Telefon: + (07 21) 4002-1  
Telefax: + (07 21) 4002-260

Stir und Amtsgericht  
Karlsruhe HRB Nr. 2143  
Aufsichtsratsvorsitzender:  
Prof. Lothar F.W. Speisberg  
Geschäftsführer:

Deutsche Bank AG, Karlsruhe  
Commerzbank AG, Karlsruhe  
Dresdner Bank AG, Karlsruhe  
Bad.-Württg. Bank AG, Karlsruhe  
Postprogramm, Karlsruhe

A. 造型プラント		
内 訳		
1.	コンパクト造型ライン CAL 80 . 60 (枠分離装置 造型機 反転装置 枠搬送装置)	1
1 a.	自動スプレー装置	1
2.	架台	1
3.	自動型交換装置	1
	駆動ローラーコンベヤー付きリフティングテーブル 1	
	駆動ローラーコンベヤー 2ピッチ 2	
4.	パターンボルスター	4
4 a	パターンボルスター用製作	1
5.	ブッシャー装置	1
6.	サンドカッター	1
7.	フランジ ローラーコンベヤー 9ピッチ 安全ガード付き	1
8.	スプールカッター	1
9.	減速装置	1
10.	反転、型合わせ装置	1
11.	レール 31. 31m	1
12.	トラバーサー	1
13.	レール 1. 9m	1
14.	クーリングライン1用レール27. 27m	2
15.	ブッシャー装置及び減速装置	1
16.	トラバーサー	1
17.	レール 2. 4m	1
18.	ブッシャー装置及び減速装置	1
19.	レール 3. 03m	1
20.	減速装置	1
21.	トラバーサー	1
22.	レール 2. 8m	1
23.	減速装置	1
24.	移載、パンチアウト及び押し出し装置	1
	移載距離 1300mm	
	押し出し距離 1500mm	
	上昇距離 1200mm	
	幅 730mm	
25.	駆動フランジローラーコンベヤー5ピッチ	1
26.	モールドパーセル冷却用台車	65
27.	モールドパーセル冷却用レール 32. 3m	2
28.	インターロック	2
	メカニカルインターロック 1ヶ所	
	ニューマティックインターロック 1ヶ所	
29.	トラバーサー	2
30.	レール 1. 5m	2
31.	モールドパーセル押し出し装置	
	移載距離 1500mm	

	幅	730mm	
32.	モールドパーセル冷却システム用架台		1
33.	金棒 FC25		95
34.	パレット台車		87
35.	フード		1
36.	フード		2
37.	フード		1
38.	フード		2
39.	ブラットホーム		1
40.	安全ガード		1

B. 制御装置  
内 訳

70.	油圧装置	1
71.	油圧配管材料	
72.	エア配管材料	1
73.	制御盤	1
74.	電気配線材料	1
75.	プログラマー	1
76.	生産ソフト	1

C. BMDスーパーバイザー

## 9. 金型遠心力によるシリンダー ライナーの製造

((株)クボタ)



## 金型遠心力鋳造法によるシリンダライナの製造

中村 史朗\*    坂本 信弘\*\*  
 竹下 公雄\*\*    白坂 毅\*\*  
 吉野 彰 —\*\*\*

## Manufacture of Cylinder Liner by Metal Mold Centrifugal Casting

Shiro Nakamura    Nobuhiro Sakamoto  
 Kimio Takeshita    Tuyoshi Shirasaka  
 Shoichi Yoshino

The current trend in cylinder liners for diesel engines is that despite a shift to a "linerless" concept as witnessed in some segments of the industry, many users demand the development of liners which would withstand the wear of magnitude proportional to the current high-output designs, of low cost and with improved reliability. This is a brief report on a new high-productivity method for manufacturing high-quality cylinder liners using a cyclic-type centrifugal die casting machine.

- (1) A domestic market survey of the commercial cylinder liners for trucks was conducted and a development policy was established on the basis of the technical trends discovered.
- (2) In a fundamental experiment, test pieces were made under different centrifugal die casting conditions mainly using phosphorus-chromium cast iron and the hardness and microscopic structures of various parts of each test piece were investigated. Increasing the Cr content resulted in a freely machinable structure having an even distribution of graphite grains as well as carbide platelets precipitated within a steadite matrix.
- (3) In a manufacturing trial, blank pipes were cast to ascertain the casting conditions necessary for a uniform hardness distribution. Moreover, to ensure a positive control of hardness, the die temperature was controlled by incorporating a microcomputer in the mass production equipment.
- (4) The cylinder liners so manufactured were subjected to the honing test, scarf test, bench test and field test to evaluate their qualities. The results proved the unusually high performance characteristics of the cylinder liner manufactured by the new centrifugal die casting method.

## 1. 緒 言

現在エンジンメーカーは、高性能エンジンの開発を目標として、各社とも激しい技術開発競争を展開している。解決すべき問題としては、燃費低減、出力増大、軽量小型化、高速化と振動低減、あるいは低NO<sub>x</sub>対策等さまざまであるが、ベースには低コスト、信頼性向上への強い要望がある。

エンジンの主要構成部品の一つであるシリンダライナに関しても、種々の研究開発が行われており、ライナレスへの動きがある一方では、低NO<sub>x</sub>対策や高出力化のため酷な条件下で使用されるシリンダライナの耐久力を向上させる研究が行われている。また設計的にはボアアップのための薄肉化、フランジレスへの動向がある。

このようなニーズに対応し、高品質、高生産性を目的としたシリンダライナの製造法として、多数個取り金型遠心力鋳造法を開発したので、この技術概要を報告する。

## 2. シリンダライナの技術動向

現在、市場にあるシリンダライナの技術的特徴を調査し、開発に際して、方針決定の参考とした。

## 2.1 製造法

鋳造法を大別すると、普通（置注）鋳造法と遠心力鋳造法とあり、現在国内では普通鋳造法が主流をなしている。

\* 鋳型ロール研究部

\*\* 尼崎工場

\*\*\* 鋳物研究開発部

(1) 普通铸造法

造型方法は、乾燥型から炭酸ガス型、シェル型へと変遷し、現在ではコストの安い生型が多く、ディサマチック等の高圧生型造型機が多く使用されている。中子はシェル型が使用されるが、静圧造型法による中子レス製造法も最近利用されるようになった。

(2) 遠心力铸造法

国内では、中大型の湿式ライナの一部に遠心力铸造が使用されている。欧米では、金型遠心力铸造が多く採用されており、ルノーのターンテーブル方式による铸造方式は特に有名である。金型分割方式に水平割りと垂直割りの2方

式がある。前者は製品4個取り、後者は2個取りである。生産性は良いが、設備費が高い難点がある。デューカー社のライナ用サイクリック型遠心力铸造機(短尺)もある。

2.2 材 質

トラック用ディーゼルエンジンに現在使用されているシリンダライナの材質を次ぎに示す

(1) 化学組成

一般に P-Cr 系铸铁が多く、ほかに Ni, Cr, Cu, V 等を加えたもの、あるいは Nb, B を添加したものがある(表1)。

表 1 トラック用シリンダライナ化学組成表  
Table 1 Chemical composition of cylinder liner for trucks

試 料	化 学 組 成 (%)												
	T.C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	V	Cu	Al	Ni	B	Nb
A	3.30	2.42	0.70	0.418	0.026	0.338	0.021	0.032	0.127	0.023	0.19		
B	3.21	2.17	0.70	0.410	0.019	0.327	0.024	0.176	0.184	0.020	0.56		
C	3.45	2.05	0.75	0.753	0.075	0.802	0.038	0.025	0.060	0.021	0.06		
D	3.22	2.36	0.79	0.173	0.074	0.352	0.019	0.015	0.160	0.019	0.08		
E	3.20	2.07	1.08	0.147	0.114	0.147	0.034	0.011	0.019	0.021	0.05		0.31
F	3.09	1.86	0.79	0.170	0.078	0.054	0.025	0.013	0.118	0.011	0.06	0.08	

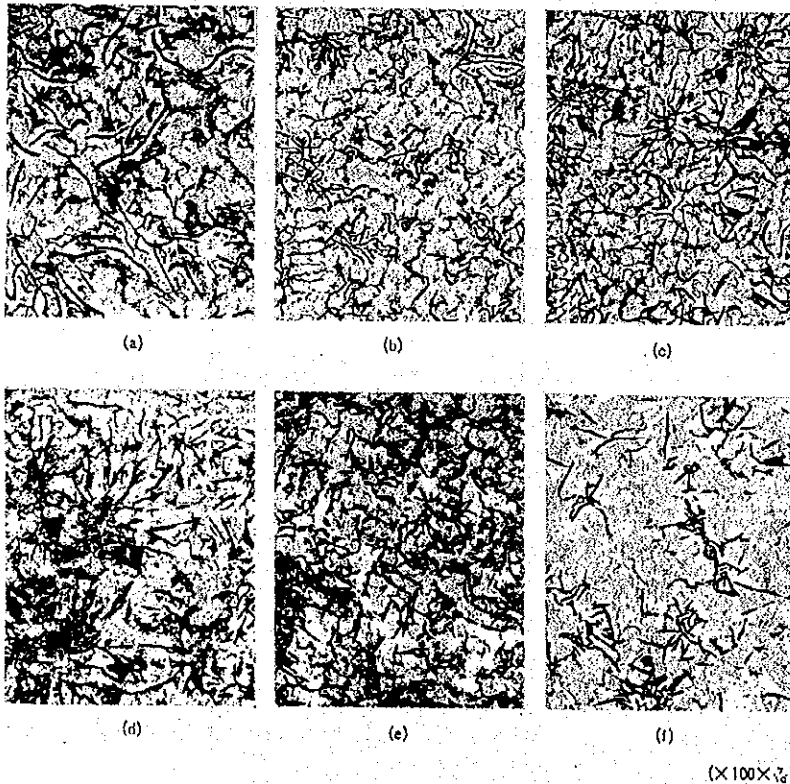


図 1 トラック用シリンダライナ顕微鏡組織  
Fig. 1 Microstructure of Cylinder Liner for trucks

(2) 顕微鏡組織

ライナ摺動面付近の組織を図1, 2に示すが、黒鉛形状は必ずしも、A型ではなく、部分的にDあるいはE型の出ているものもある。基地組織はパーライトであり、それにステダイト及び炭化物が析出しているものが多い。黒鉛サイズは ASTM の 4~6 程度である。

(3) 硬さ分布

加工完成品の硬さ分布を図3に示す。摺動面付近の硬さはロックウェルB硬さ  $H_{rn}95 \sim 101$  の範囲のものが多く、外面と摺動面の硬度差、ライナ長手方向の硬度差は予想した以上に大きい。これは铸造方案に起因するものと考えられる。



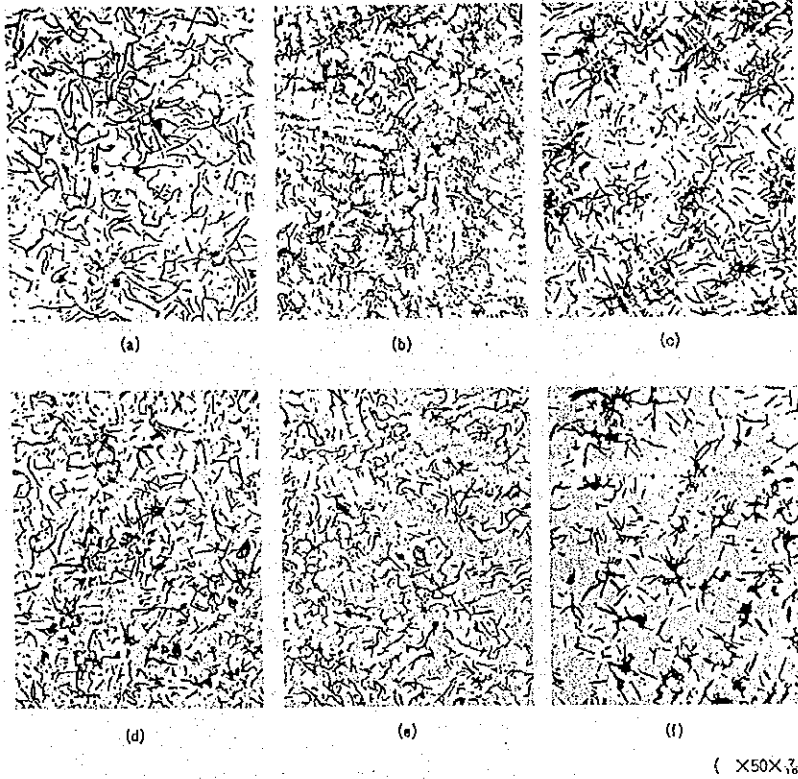


図2 トラック用シリンダライナ黒鉛分布状況  
Fig. 2 Graphite distribution of the microstructure

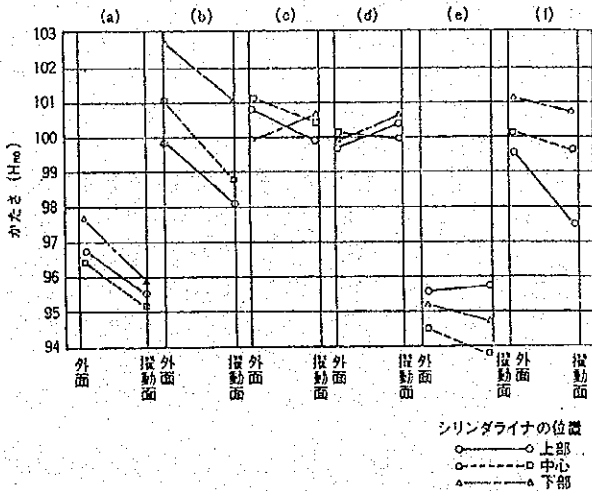


図3 加工完成品の硬さ分布 (ロックウェルB)  
Fig. 3 Hardness distribution curves at section of cylinder liner (machined)-Rockwell B

3. 金型遠心力铸造製シリンダライナ製造法の開発

3.1 開発方針

(1) 現行製品に勝るシリンダライナを金型遠心力铸造

法により開発する。

- (2) 多数個取り (長尺) 生産方式とし、遠心力铸造機は生産性の高いサイクリック型マシンを使用する。
- (3) 目標硬さ、組織を確保する化学組成、溶銑処理、塗型材、金型温度等、金型遠心力铸造に適した技術を開発する。
- (4) 多数個取り生産方式での品質保証技術を確立する。
- (5) 材質は P-Cr 系 鋳鉄材を中心に铸造技術を確立し、逐次範囲を拡大する。

等の基本方針のもとに基礎実験、実作実験を行った。

3.2 基礎実験

まずシリンダ材として必要な耐摩耗性と切削性を兼ね備えた材質 (硬さ、組織) を得る諸要因、铸造条件を把握するための基礎実験を行った。

3.2.1 実験方法

供試験材: 外径 105 mm, 内径 90mm, 長さ 1 m  
铸造機: 金型小型遠心力铸造機

溶解炉: キュボラ及び 550kW 低周波誘導炉

キュボラで溶解した溶湯を低周波炉で成分調整し昇温後 1330~1380°C で铸造を行った。铸造後金型より製品を引き抜き、試験材 1 本につき、3 箇所からリング状試験料を採取し、ロックウェル硬度計により、リング外周部から内周部にわたる断面の硬さ分布、顕微鏡組織を調査した。

試験材は表 2 に示す組成範囲の P-Cr 鋳鉄である。

表 2 供試験材の化学組成  
Table 2 Chemical composition of specimen (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr
成分範囲	3.25 ~3.45	1.9 ~2.1	0.7 ~0.85	0.7 ~0.85	0.05 ~0.09	0.3 ~0.45

3.2.2 実験結果

基礎実験により得た主要結果を各図表に示す。

- (1) 塗型厚さによる硬さ分布変化 (図 4)
- (2) 接種剤種類による硬さ分布及び黒鉛組織の相異 (図 5, 6)
- (3) 溶湯組成 C, Si, Cr % による硬さ分布変化 (図 7)

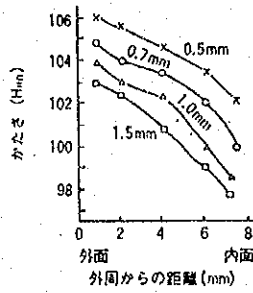


図4 塗型厚さによる硬さ分布

Fig. 4 Relation between hardness of specimen and wash thickness at casting

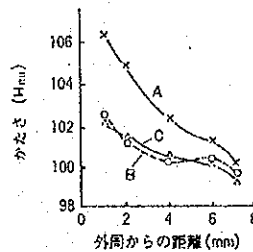
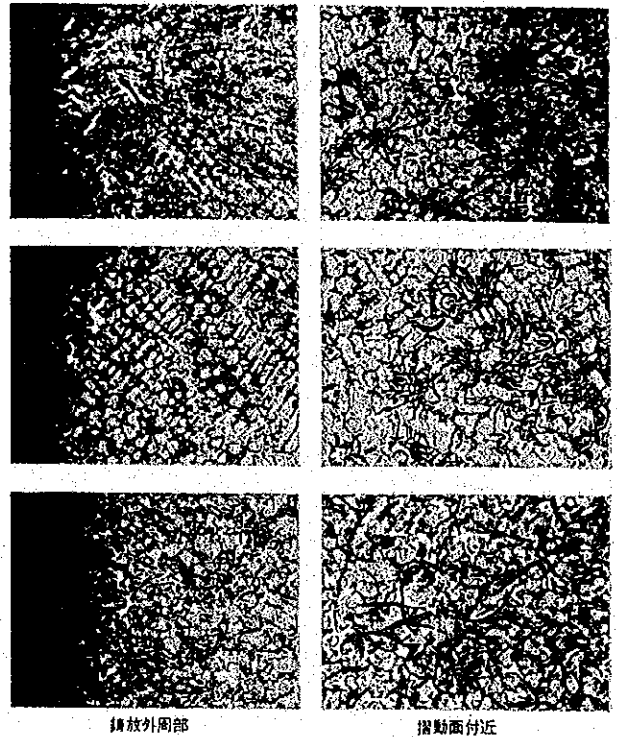


図5 接種剤の種類による硬さ分布

Fig. 5 Relation between hardness of specimen and several inoculants



攝放外周部

摺動面付近

( $\times 100\times 7$ )

図6 接種剤の種類による顕微鏡組織

Fig. 6 Microstructure of specimen at inoculation test

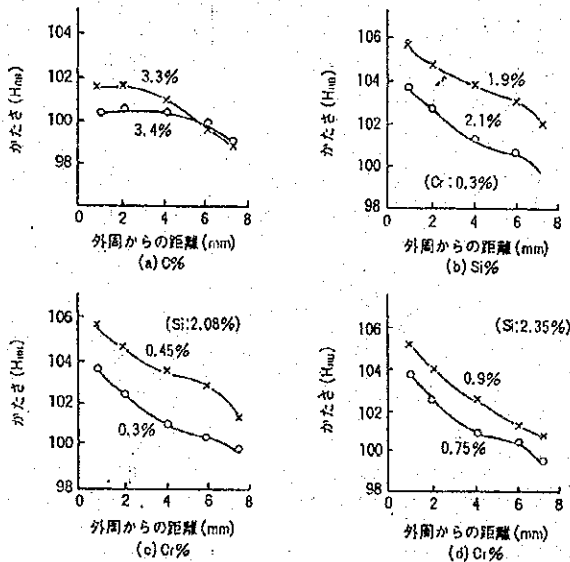


図7 溶湯組成 C, Si, Cr% による硬さ分布

Fig. 7 Effect of C, Si, Cr% in molten metal and hardness of specimen

(4) 金型遠心力铸造で铸造した各種铸铁の顕微鏡組織と硬さ (図8)

### 3.2.3 実験結果のまとめ

実験結果の概要は次の通りである。

- (1) 金型遠心力铸造により製造したシリンダライナは 鑄込んだ溶湯に作用する遠心力と、外周から内周へ累進的に進行する冷却効果によって、鑄造欠陥がなく、仕上代も少なく鑄造することができる。
- (2) 化学組成と接種、塗型厚さ及び金型温度を調節することにより、切削性が良く、シリンダライナ材に適した均一分布の黒鉛組織及び炭化物組織が得られる。
- (3) P-Cr 系铸铁で一般に使用されている Cr0.4% 前後の添加を、0.9% 程度まで上げると、耐摩耗性の良い板状炭化物がステダイトに析出する。この場合、Si% を調節することにより、外周部の切削性が改善される。
- (4) P, Cr 等の特殊元素を他に置換しても、砂型鑄造される範囲であれば切削性は悪くならない。

### 3.3 実作試験及び製造技術の開発

基礎実験で開発した鑄造技術を基準として、高性能サイクリック型金型遠心力鑄造機での実作試験を行った。

#### 3.3.1 実験方法

確立すべき技術課題は多数個取り長尺管の鑄造技術及び量産機での品質保証体制の確立であった。

予備実験としてシングルスピナ型遠心力鑄造機 (1台の

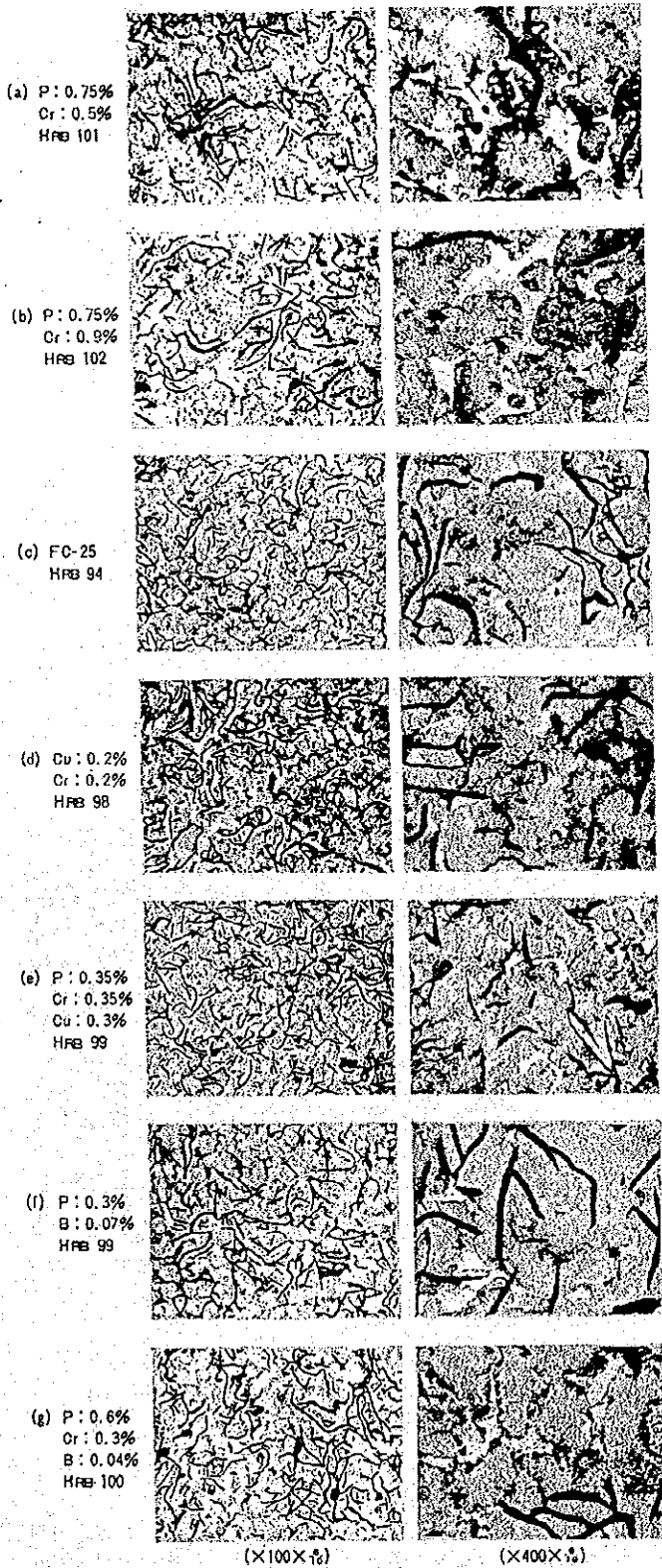


図8 各種材質の顕微鏡組織  
Fig. 8 Microstructure of several cast irons by centrifugal casting

鑄造機上でスプレ、鑄造、製品抽出を繰り返す)を使用し、多数個取り長尺管の実験を行い、硬さ分布均一化のための鑄造条件を把握した。

次に、量産化テストをサイクリック型遠心力鑄造機(スプレ、鑄造、製品抽出を別個に行い、その間を金型が循環する)で行い、長尺管各部分の硬さ及び顕微鏡組織の調査を行った。

3.3.2 実験結果

得た実験結果のうち、諸性質を代表する特性値である硬さ分布を図9に示す。(a)は基礎実験での鑄造品全長にわたる硬さ分布、(b)は実作試験での金型温度調節効果を示したものである。

シリンダライナ素材1個について、硬さ分布を砂型普通鑄造品と金型遠心力鑄造品とで比較すると、図10のように遠心力鑄造品の方が均一で優れている。

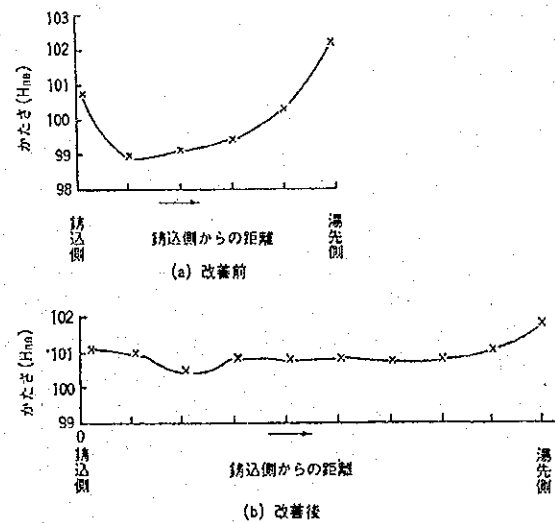


図9 鑄造品全長にわたる摺動面付近の硬さ分布  
Fig. 9 Hardness distribution curves at running surface of full length of castings

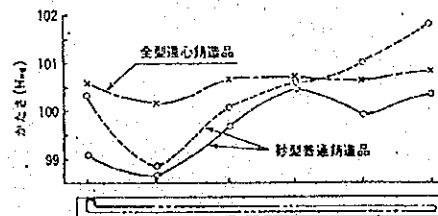


図10 砂型普通鑄造品と金型遠心力鑄造品の硬さ分布比較  
Fig. 10 Comparison of Hardness distribution curves between static sand mold and centrifugal metal mold castings

3.3.3 マイコンを利用した金型温度調節

実験結果から金型温度の調節を製造技術管理上の重要課題として、生産ライン内での温度調節法の開発、確立を図った。

10本の赤外線温度計をセンサとして、マイコンによる金型各部の冷却水の制御を行った。この効果を図11の硬さヒストグラムに示す。

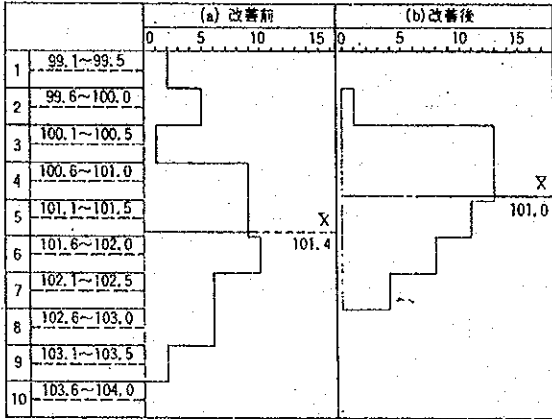


図11 量産品の硬さ分布

Fig. 11 Histogram of hardness on mass-production

3.3.4 量産機での品質保証体制

シリンダライナは品質保証上、全数硬さ測定が望ましい。月産数万個の製品を生産ラインの中で、無人で確実に測定するために、硬さ計測の自動化をはかった。

図12は P-Cr 系鋳鉄の反発式硬度計L値とロックウェル B 硬さとの関係をプロットしたものである。硬さの合否判定にはマイコンを利用し、ライナ摺動面での硬さ測定値の

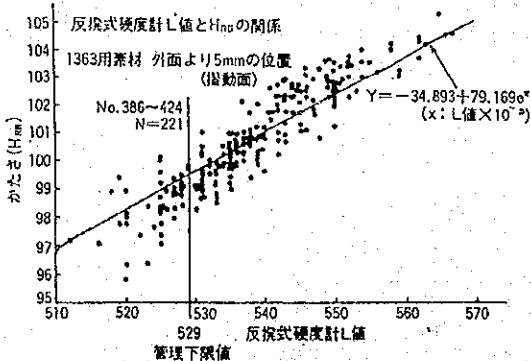


図12 P-Cr 鋳鉄の反発式硬さ計測定値とロックウェル B 硬さとの関係

Fig. 12 Relation between scleroscope hardness values and Rockwell B values of P-Cr cast iron

平均値の計算などを含む複雑な判定規準を正確に判断させ、不良品をラインから外に抽出するようにしている。現在はこの硬度計と、ロットごとに抜き取った試料の組織 (×50倍, 広角顕微鏡), 及びロックウェル B 硬さ検査を平行して行っている。

4. 金型遠心力铸造シリンダライナの品質評価

シリンダライナはエンジンの重要部品の一つであり、特にピストンリングとのなじみが論じられることが多い。このなじみをみる方法にエンジンの LOC (潤滑油消費量) の測定, スカッフテスト, 耐摩耗テストが行われる。

4.1 ホーニング加工試験

最近 LOC 対策の一つとして、ホーニング加工での仕上げ面性状が重視されている。特に初期 LOC とホーニング溝形状との関係が重要である。ホーニング加工での仕上げ状態は研削砥石, 加工条件等により異なるので、これらの条件設定は重要であるが、同一硬さの材料であっても化学組成, 顕微鏡組織により、ホーニング加工面の形状が異なる。図13は Cr 量 0.45, 0.9% の場合の顕微鏡組織とホーニング面の走査型電子顕微鏡写真との関係を示したものである。写真にみられるように、0.9%Cr の方が塑性流動, むしれ等が少く, されいに研削されている。

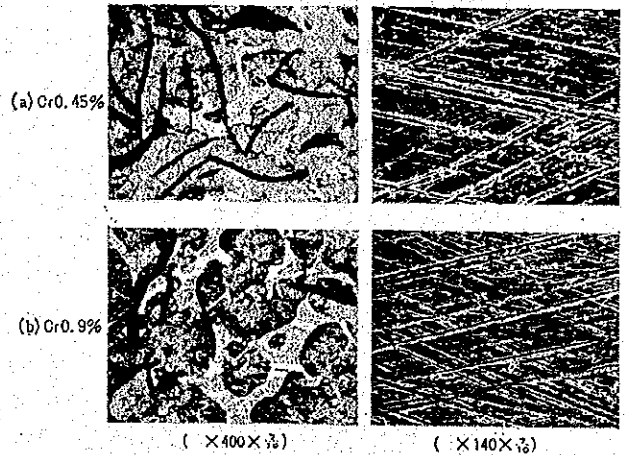


図13 Cr%の相違による顕微鏡組織とホーニング面の走査型電子顕微鏡

Fig. 13 Microstructures according to the difference of Cr content and photograph of honing surface by scanning electron microscope

4.2 耐久試験

稼働率の高いトラック用ディーゼルエンジンでは、50万キロ走行でメンテナンスフリーを目標にしている。この場合は、シリンダライナの耐摩耗性, 長時間運転での LOC が問題になる。社内農業機械用ディーゼルエンジンの場合でも、1機種 1000 時間ベンチテストを 2 回実施して、シ

リングライナの品質評価を行っている。表3に普通鑄造材と金型遠心力鑄造材の1000時間運転後の摩耗量比較を示す。材質は両者とも、P-B系鑄鉄である。

社外においても、ユーザとともに一連のベンチテストなどを行い、最終ユーザにおける実車テストでのエンジン総合機能の確認後、実用化に踏み切った。

5. 結 言

現行製品に勝る高品質、高生産性シリンダライナの開発を目標に、多数個取り金型遠心力鑄造法の開発に着手し、基礎実験、実作試験により技術標準を確立するとともに、計測、管理手法の自動化により、量産機での品質管理体制を確立することができた。

金型遠心力鑄造は冷却速度が速いため、開発初期には耐摩耗性向上のための諸元素の添加量に制約があったが、製造条件の改良開発により砂型鑄造と同等の添加が可能となり、耐摩耗性が良好な板状炭化物を含むステダイトが析出したシリンダライナ組織を得ることができた。

開発に着手して以来、完全実用化までには約5年の期間が必要であった。このうち最も時間を要したのはユーザでの実車テストを含めての製品品質評価試験期間であった。メーカーとして製品のPL (Product Liability: 製品責任) 上、当然のことであるが、このPLに対する綿密なアプローチを参考として、今後の開発を推進する。

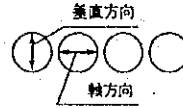
砂型普通鑄造材から、金型遠心力鑄造材に切り替えるため、転換を容易にする意味からも砂型鑄造材の切削性と、硬さ及び組織を目標に金型遠心力鑄造技術の開発を進めてきたが、今後はこれをベースにして、更に船用ディーゼルエンジンのシリンダライナをも含めて、金型遠心力鑄造法の特性を生かしたシリンダライナ材の研究開発を推進する。

参考文献

(1) 藤田修:「船用ディーゼルエンジン用シリンダライナの摩耗と材質について」*鑄物*, 34, 6, p.43~53  
 (2) 竹内栄一:「片状黒鉛を有する鑄鉄の潤滑り摩耗機構に

表3 耐久試験におけるシリンダライナ摩耗量比較

Table 3 Comparison of wear-volume of cylinder liner in endurance test



測定位置 (上面からの寸法) (mm)	金型遠心力鑄造材				型普通鑄造材			
	軸方向		垂直方向		軸方向		垂直方向	
	測定値*	平均	測定値*	平均	測定値*	平均	測定値*	平均
5	0	0	0.5	0.25	0	0	0	0.75
	0		0		1.5			
11	0	0	1.4	2.05	0.5	0.45	1.2	2.45
	0		2.7		0.4		3.7	
20	0.4	0.65	3.0	3.6	0.9	1.0	3.4	4.3
	0.9		4.2		1.1		5.2	
40	0.1	0.8	1.8	1.7	0.8	0.6	1.6	3.35
	1.5		1.6		0.4		5.1	
60	0	0.7	1.1	1.2	0.9	0.45	1.6	2.55
	1.4		1.3		0		3.5	
80	0.1	0.8	2.1	1.65	0.9	0.45	1.6	2.3
	1.5		1.2		0		3.0	
100	0	0.55	1.5	1.0	0.4	0.2	1.1	2.05
	1.1		0.5		0		3.0	
110	0	0.85	0.7	0.65	0.5	0.4	0.7	1.65
	1.7		0.6		0.3		2.6	

(注) (1) \*測定数値=(テスト前直径-テスト後直径)×100(mm)

(2) 1000時間運転後

関する考察」*鑄物*, 36, 12, p.39~47  
 (3) 川野, 井ノ山, 倉本:「セメントタイトの黒鉛化に及ぼす各種元素の影響に関する系統的的研究」, *鑄物*, 45, 1, p.17~30  
 (4) 近藤, 磯谷, 安江:「金型鑄造によるD型黒鉛」, *鑄物*, 46, 2, p.3~11  
 (5) 丸山益輝:「高磷鑄鉄の組織と摩耗の関係」, 日本鑄物協会第74回講演会  
 (6) 平, 大南, 白石:「鑄鉄の熱衝撃強度と熱疲労強度の相関性」, *材料*, 12, 114  
 (7) 高尾勲:「ボロン鑄鉄の特性」, *鑄鍛造*, 71, 11, p.33  
 (8) 中城忠彦:「シリンダライナの鼠鑄鉄の実験的研究」, 生産技術協会, 昭39.5  
 (9) A.Moore: Some Factors Influencing Inoculation and Inoculant Fade in Flake and Nodular Graphite Irons, (1973), p.268~277, British Cast Iron Research Associ-

- ation.
- (10) J.F.Wallace: 「Effects of minor elements on the structure of cast irons」, A.F.S Transaction, (1975), p.363~378
- (11) R.B.Gundlach: 「Elevated-Temperature Properties of Alloyed Gray Irons for Diesel Engine Components」, A.F.S Transactions, 88, (1978), p.55~64
- (12) Morton, K.U.P.Watson: 「The low cycle fatigue behaviour of grey cast iron and its application to fatigue problems in diesel engine cylinder liners」, Metals Technology, (1974), p.258~264
- (13) ZDZISLAW BIALEK, WIESLAW ORZECHOWSKI: 「A new method for making cast irons and cylinder liner castings」, KROTOSZYN

## 10. 遠心鑄造法による長尺 素材の生産技術の向上

(テーピ工業(株))





# 遠心鑄造法による 長尺素材の生産技術の向上

平成7年度  
技術賞受賞記念講演概要

平成7年7月20日

テーピ工業株式会社

木村秀皓

## 1.はじめに

当社は、1970年（昭和45年）、エンジン用シリンダライナの製造を主目的に帝国ピストンリング株式会社の協力会社として設立された。

シリンダライナはエンジンの最重要機能部品でありエンジンの耐久性の向上、オイル消費量の低減は勿論、エンジンの軽量小型高出力化、無公害等のエンジン性能に大きな影響を持つ。特に最近ではガソリンエンジンの軽量化が目的でアルミブロック化が進み、そのためシリンダライナ全体の需要が急速に増大し、技術的にも薄肉化、寸法精度向上等の要求が強くなってきている。その需要に応えるべく開発した長尺遠心鑄造設備と生産技術について紹介する。

### 会社概要

(1) 敷地面積	61,873m <sup>2</sup>	
(2) 建屋面積	17,999m <sup>2</sup>	(内鑄造関係 4,267m <sup>2</sup> )
(3) 従業員数	285人	( " 69人)

### 生産規模

シリンダライナ	・生産量……………700千本/月
	・生産ロットの大きさ……………12~150,000本

### 事業分野

#### 《売上構成》

1. シリンダライナ（内燃機関用）……………94%	1) 用途〈自動車用〉……………90% 〈陸・舶用〉……………10%
2. ピストンリング（内燃機関用）……………3%	
3. 遠赤外線機器……………3%	

### 主要設備の概要

	工 程	設 備 名	
(鑄造設備)	溶 解	エルー式電気炉 (2.0ton)	1基
		" (3.0ton)	2基
		低周波誘導炉 (3.0ton)	4基
	造 型	連続遠心鑄造機	2ライン
		長尺遠心鑄造機	4ライン
		ローラー遠心鑄造機	1ライン
(加工設備)	加 工	完成ライン	40ライン
		荒挽ライン	13ライン
	表面処理	パルホス設備	2基
		窒化処理設備	1基

### 3. 業界のニーズと当社の対応

ディーゼルエンジンでは従来よりボアの耐摩耗性向上を目的に硬質のシリンダライナが一般的に使用されていたが、エンジンの改良やブロック材の強化によって小型エンジンではライナレス化によるコストダウンが、また同時に中、大型陸用エンジンでは高出力化、エンジン軽量化のためライナの薄肉化、乾式化が進められてきた。

一方ガソリンエンジンでは逆にアルミブロックの普及に伴って、薄肉、低コストのシリンダライナの需要が急増した。

これらライナ全体の薄肉化、低コストの動向に対して、従来の鑄造法では対応が困難であり、種々検討の結果、保有する遠心鑄造の技術を活かし同時に高生産性と低コストを両立する長尺遠心鑄造法の開発に取り組んだ。そして設備設計から始め、生産技術の改良を重ね、量産化に成功することができた。

### 4. 長尺遠心鑄造設備技術開発への取り組み

工 程	技 術 的 課 題	対 策 ・ 取 り 組 み
材料秤量	・材料秤量を無人化。 (重筋作業の削除)	自動秤量による無人化。
溶 解	・鑄込能力増加に伴う溶解効率向上。  ・エネルギー、運搬作業ロスの削減。	溶解能力を向上させる為の対策。 1. 通電方法 2. 材料投入方法 3. 材料予熱方法  電気炉、保持炉のライン化。
保持、注湯	・成分の安定化。 ・長尺化しても湯流れ性を悪化させない設備。	炉前に分析装置設置。 注湯炉を設け一定温度で鑄込み湯流れ、品質の安定化を図る。
鑄 込 設 備	・手扱い作業の軽減による省人。  ・段取りのしやすい設備	鑄込重量の自動計測化。 自動接種装置の導入。 素材引抜作業の自動化。  ボルト締めや調整の少ない設計。
冷 却	・素材冷却の効率化。 (素材仕掛かりの減少)	鑄造後、断熱性の高い塗型材の早期除去。
素 材 突 切	突切工程の効率化(自動化)。	従来の方法にとらわれない加工設備の検討。

上記課題を明確にし、長尺遠心鑄造設備の開発、設置を行った。

## 5. 鋳造工場での実施事例

### 5-1) 溶解効率の向上

鑄込みラインの改善により従来の溶解能力では溶湯不足が生じることが分かってきた。その為溶解の能力を向上させる必要があった。

溶解能力を向上させるための問題点と対策内容を次に示す。

問題点	対策内容
1チャージ目のサイクルタイムが長い。	前日最終溶解後の炉熱の活用を行う。 (1チャージ目の材料は前日から電気炉に入れる)
通電を止めて、炉壁に溶け残っている材料の掻き落とし作業を2回実施しなければならない。	炉蓋と炉本体の隙間をなくすことにより、炉内の熱効率を良くし不溶解材を減少する。
	温度上昇の早い電極の下に材料を投入する。 (図3)
炉底の溶け残り材がある為、酸素を吹き込んでいた。	材料予熱装置を改善し熱交換効率を向上させることにより酸素吹き込みの工程を削除した。

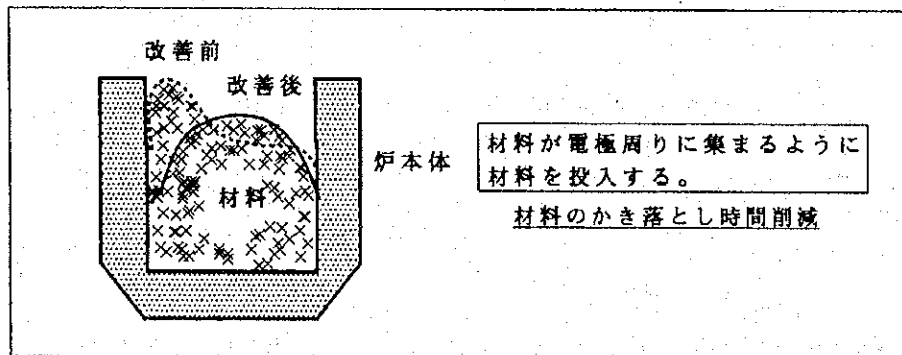


図3 材料投入方法の改善

以上の改善の効果として、

溶解サイクルタイム短縮によるチャージ数の増加

サイクルタイム 96分 → 75分 (1チャージ目:120分→90分)

9チャージ(27ton/日) ⇒ 12チャージ(36ton/日)

作業方法の改善により溶解能力が向上した。

5-2) エネルギーロス、運搬作業ロス削減

従来の工程設定として溶解ヤードと鑄込みヤードを離し、取鍋で溶湯を運搬していた。

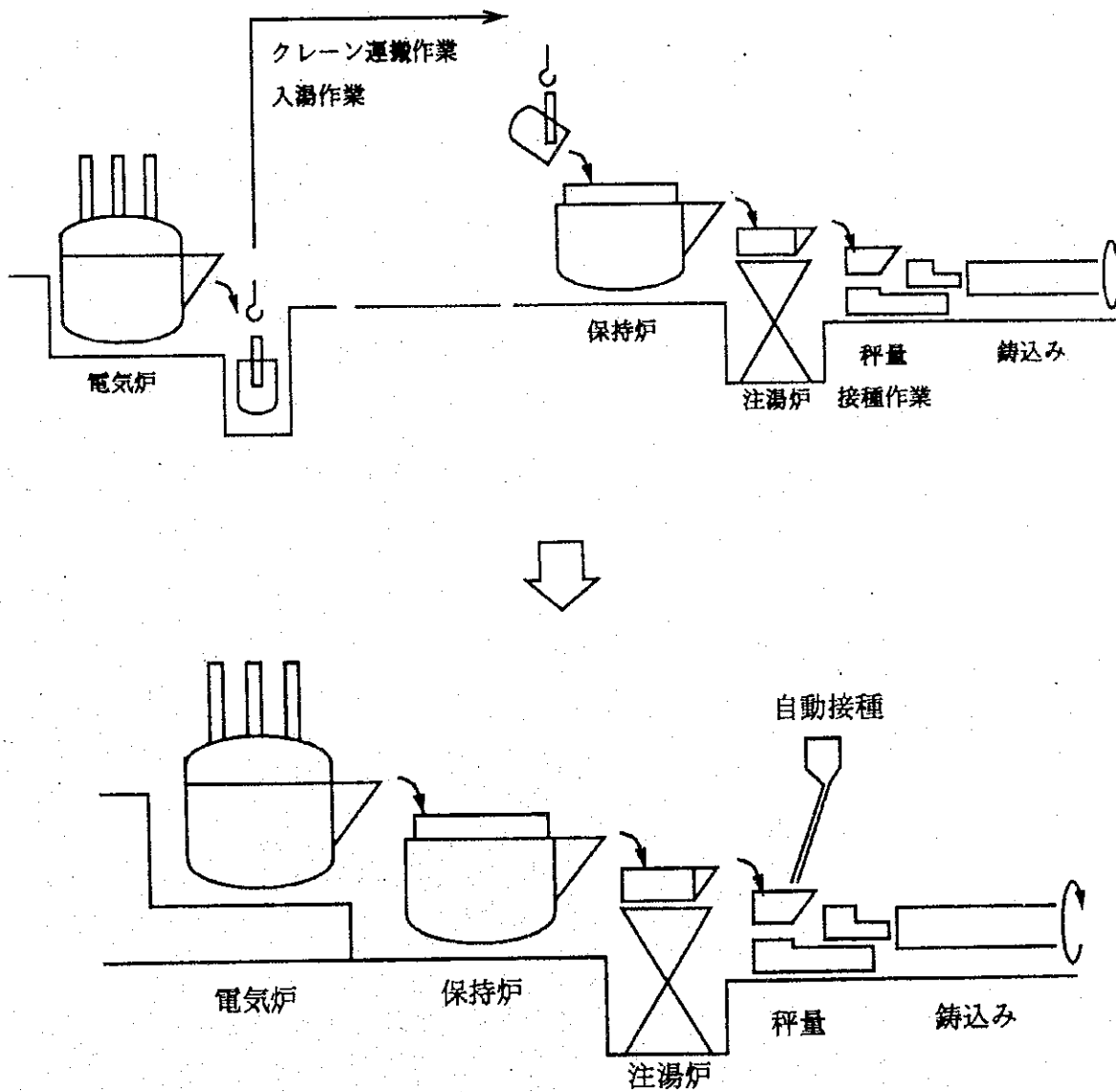


図4 溶解から鑄込み工程までの合理化

電気炉→保持炉→注湯炉→鑄込みとライン化して運搬作業ロスを無くした。

- a) エネルギーロス . . . . . 7%削減
- b) 溶湯運搬作業ロス . . . . . 工数1名削減

### 5-3) 段取り時間の短縮

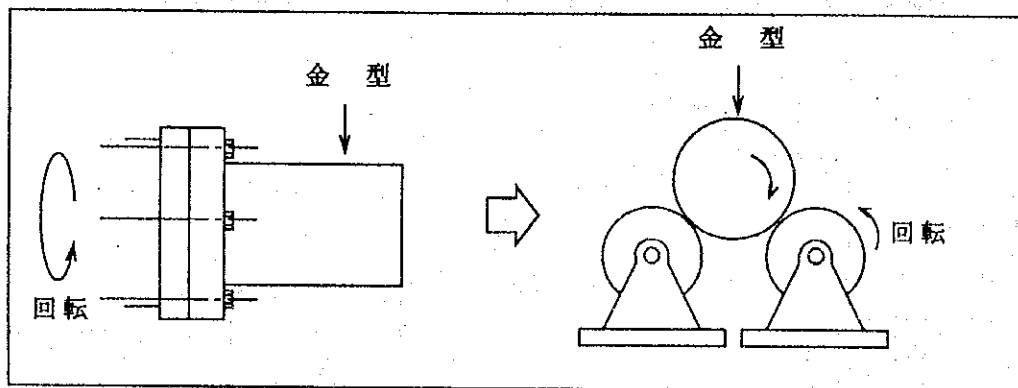
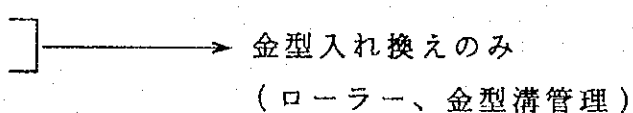


図5 長尺化による段取り時間の短縮

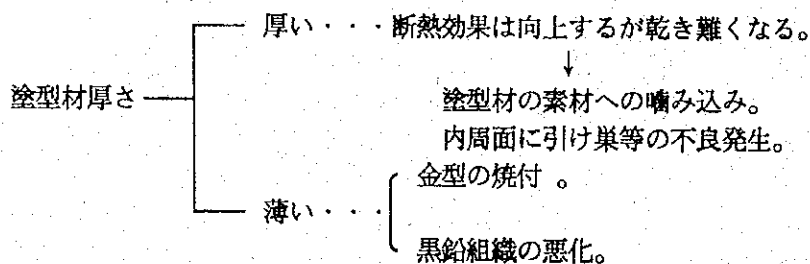
#### 段取作業

ボルトによる金型着脱  
金型芯出し作業



## 6. 長尺遠心铸造機開発後の改善

### 6-1) 塗型材厚さの均一化



以上のことより塗型材の厚さを一定する必要がある。その対策を図6に示す。

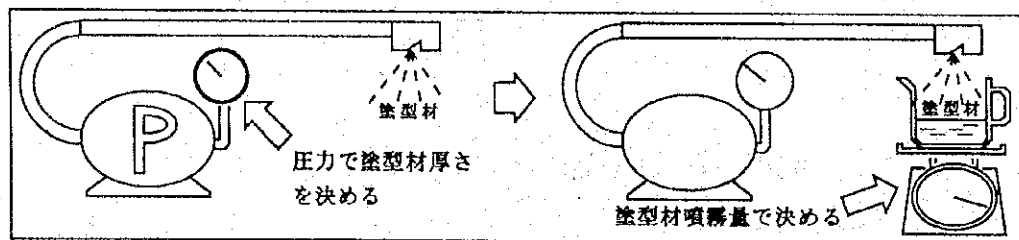


図6 塗型材厚さの一定化

上記改善結果により安定した黒鉛組織を得られる様になったのは勿論であるが、外周黒皮品のアルミ鋳包み用シリンダライナの外径寸法精度も大幅に向上し薄肉シリンダライナ製造技術が確立した。

6-2) 鑄造素材内外径の加工取り代減少による重量歩留の向上

鑄造素材のロス構造（余肉部分）を明確にし目標を設定した。

長尺素材と製品部分の略図

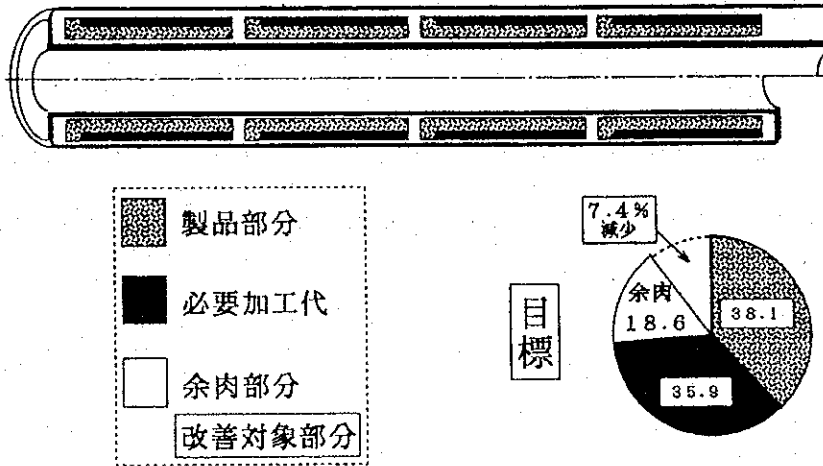


図7 素材重量の削減

(余肉部分を減少させる改善例)

・切削工程の改善

工程の省略：2工程 → 1工程

- ① 荒加工で鑄造欠陥を削除
- ② 仕上げ加工で寸法精度を確保する



- ① 1工程で荒、仕上げ加工を同時に行う。
- ② ワーククランプ方法の改善（ワーク芯出し精度向上）

工程間の偏肉加工目残りが無くなり、余肉減少ができる。

・塗型材の厚さを一定にする。

塗型材の厚さを一定にすることにより素材寸法、鑄造組織、硬度のパラツキが減少し、外径余肉部分が減少できる。

以上の改善例を含め余肉部分を減らした結果を図8に示す。

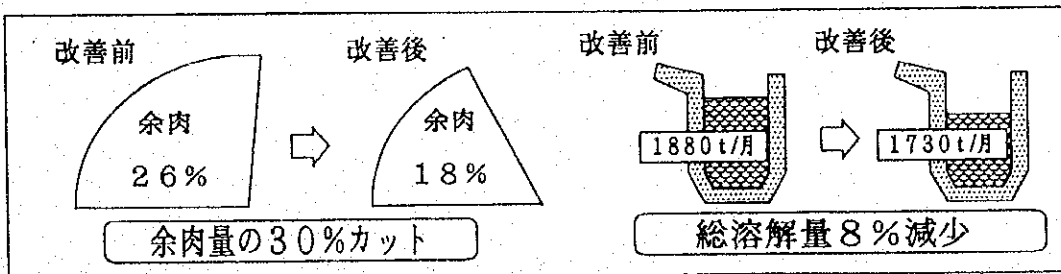


図8 重量歩留の向上

素材の余肉部分を減少させることで溶解量が減少し、変動費（原材料・電力量等）も削減できた。

## 7. まとめ

設備の開発に成功し、約5倍の生産性を達成する事が出来た。現在は、下記に示す内容に着手し更なる生産技術の向上を目指している。

- 1) 省人化（工程内の自動化推進による省人化）
- 2) 大幅なコストダウン
- 3) 業界ニーズに対応した素材薄肉化の実現（肉厚1.5mmの外周黒皮品の製造技術確立）

今後は品質、価格、納期を含めたトータルコストの低減を目標に鋭意努力していく所存である。



## 11. ガソリン車用シリンダー スリーブの生産性向上

(生型平込鋳造例：日本ピストンリング(株))



技術報告



# ガソリン車用シリンダスリーブの生産性向上

田中 隆\*

## Increase in Productivity of Cylinder Sleeve for Gasolin Engine

Takashi Tanaka

### 1. 緒言

(株)日ピス福島製造所は、日本ピストンリング(株)の川口工場移設に伴い、鑄造・焼結などの素材を製造する素材センターとして1982年に福島県の川俣町で生産を開始した。ここでは、エンジンの主要部品であるシリンダライナ・シリンダスリーブ・チルクムシャフト及びコンプレッサ部品などの特殊合金鑄鉄製品やバルブシートなど、動弁機構部品の焼結製品を生産している。

近年ガソリン車用エンジンの軽量化を目的としてシリンダブロックのアルミ化が急速に普及したが、その際使用されるガソリン車用シリンダスリーブの生産が急増するものと見込まれた。これに対応するため、1981年に専用ラインを導入し当時8万本/月の生産から現在45万本/月の生産能力に増強しアルミブロックエンジンの普及に貢献することができた。今回はこの専用ラインについて紹介する。

### 2. シリンダライナ・シリンダスリーブの概要

シリンダライナ・シリンダスリーブとは、図1に示したようにエンジンのシリンダ部分に使用される円筒形の部品である。シリンダライナ・シリンダスリーブは、(1)耐摩耗性・耐スカフティング性、(2)気密性(低潤滑油消費プロバイ)、(3)ピストンの放熱補助、などの機能を持たせて、中型、大型ディーゼル機関に使用されている。

当社は、直接冷却水に接触して使用されるものを湿式シリンダライナ、間接的に冷却水で冷却されるものを乾式シリンダスリーブと呼んでいる。さらにディーゼル用と比較して小さいサイズのガソリン用シリンダスリーブを小型スリーブと名付けて区別している(以後小型スリーブと呼ぶ)。図2に当社の小型スリーブの生産推移と今後の予測を示した。1990年には生産量が倍増し、今後も小型スリーブの生産は増加するものと考えられる。

### 3. 小型スリーブ専用ライン

従来より中型・大型ディーゼル機関のシリンダライ

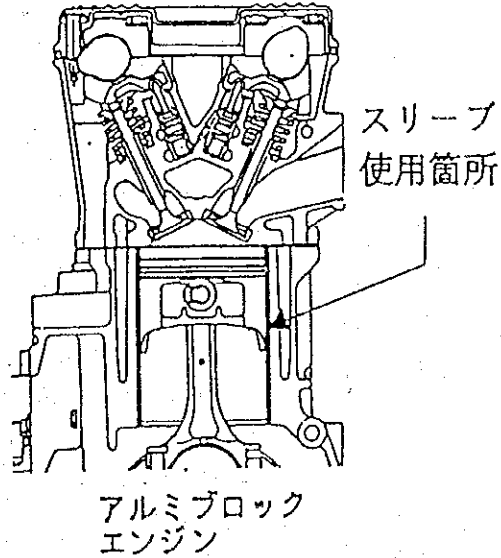


図1 ライナ・スリーブ使用場所

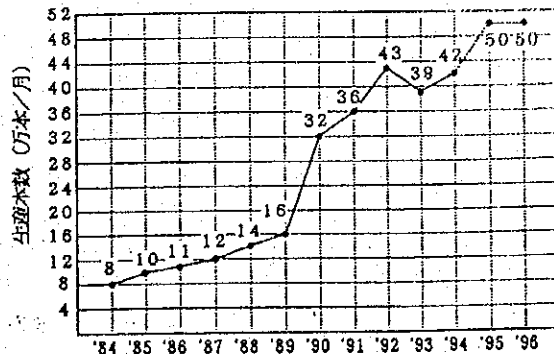


図2 小型スリーブ生産推移

ナ・シリンダスリーブを14万本/月程度生産していた。小型スリーブを同じラインで大量に生産するには、形状が小さく1型当たりの鑄込重量が少ないことから溶解能力と造型能力のバランスがくずれてしまうため現状のディーゼル用ラインで生産することが難しかった。表1にシリンダライナ・シリンダスリーブと小型スリーブの形状比較を示したが、中型・大型ディーゼル機関用のシリンダライナ・シリンダスリーブは、単重8~15kgであ

平成6年度豊田賞受賞者への依頼原稿 平成6年9月29日原稿受理  
\* 日本ピストンリング(株)栃木工場

り図3に示したようにシェル中子を使用し、生型自動造型ラインで生産している。取り本数は4~8本/枠であるが、鑄込重量は50~80kg/枠あり造型能力と溶解能力のバランスが良く生産効率は高い。小型スリーブについても当初同じラインを利用してシェル中子を使用した生産を実施していたが、これらの小型スリーブは、単重2~4kgでシェル中子をセットして生産していたのでは生産性が悪い上にコスト低減も難しく、将来の小型スリーブの生産量増加に対応できないと考え、品質・価格・納期を満足させることのできる小型スリーブの専用ラインを導入することにした。

表1 シリンダライナ・シリンダスリーブと小型スリーブの比較

系材	シリンダライナ・シリンダスリーブ	小型スリーブ
外径	110~160mm	80~100mm
内径	103~140mm	73~90mm
肉厚	7~20mm	7~10mm
全長	200~300mm	90~150mm
重量	8~15kg	2~4kg

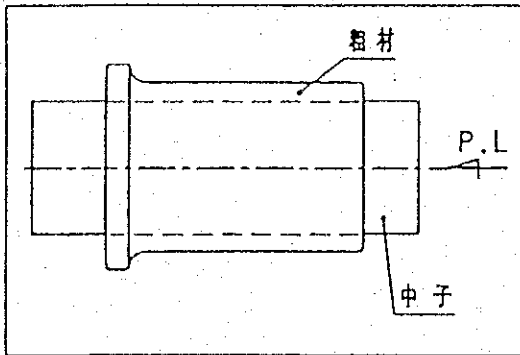


図3 中子を使用した造型

### 3.1 小型スリーブ専用ラインのポイント

- 小型スリーブ専用ラインの導入に当たり、
- (1) ガソリン車向けであるため生産数量が多いこと。
  - (2) シリンダブロックがアルミ化し高価になるため小型スリーブの価格は低くすること。
  - (3) シリンダブロックに鑄ぐるまれた後の加工で果不良等の欠陥が発生しないこと。
  - (4) モデルチェンジに対する試作対応が迅速にできること。

などを満足できるように各工程ごとに重要なポイントとその対応策について検討した。その結果を表2に示した。

### 3.2 専用ライン各工程ごとの具体的実施例

#### 3.2.1 溶解工程

溶解工程は電力費を低く抑えるためキュボラ溶解とし、保持炉や電気炉は一切使用しないこととした。

小型スリーブは単重2~4kgの小物で、かつ薄肉铸件であるため、出湯温度と溶湯成分の管理が非常に重要である。そのため、ダムにおける出湯温度を1823~1873Kで管理できることを条件に小型水冷熱風キュボラを採用した。本キュボラは炉頂より集塵するとともにコークスの燃焼熱を吸引する。これを熱交換器に通して送風機による送風を加熱し、熱風にしてキュボラに送るシステムである。図4に小型水冷熱風キュボラシステムについて示した。この方法は、(1)全流吸引型の熱交換機に比べて設備費が安い、(2)ランニングコストが安い、(3)設備が小さい、などのメリットがあり、熱風温度573~673Kでダムにおける出湯温度を1823K以上で管理できている。

小型スリーブ専用ラインの導入時は、16万本/月程度の生産を予測して2.5t/hのキュボラを導入したが、

表2 生産向上のための工程ごとのポイントと対応策

工程	ポイント	対応策
溶解工程	溶解原単位の低減	キュボラ溶解
		保持炉・電気炉を使用しない
		2直連統操業
造型工程	一枠当りの取り数増加	小型スリーブの系材を種に一体で抜き上げる造型方法とする
	シェル中子の廃止	
	抜けこう配の減少	抜けこう配を0.5°以下とする
	方案歩留の向上	1つの系材に1つの押湯を付けるのではなく複数の系材に1つの押湯を付ける
	試作対応の迅速化	量産品の中に1本の試作が入られるようにする
注湯工程	砂の巻込み防止	注湯時の注湯高さを一定にする
		上枠の高さを低くする
		砂処理設備が独立したものとする
後処理工程	せき欠き作業の簡素化 粗研作業の廃止	せきの位置を系材端面に設置、かつ形状を小さくする

189~1990 年にかけて小型スリーブの生産量が 16 万本/月から 32 万本/月に倍増した。この生産量に対応するため 1 直から 2 直の生産に切替える必要が生じた。その際、本キューボラのライニング材を変更するだけで 8 時間操業から 16 時間操業に延長することを考え表 3 に示した。各種耐火材を使用して予備テストを実施し、操業時間と耐火材の侵食度及び冷却水の温度で操業の可否を検討した。表 4 に耐火材使用予備テスト結果を示した。SiC 60% の耐火材を使用することにより 16 時間操業が可能であると推定された。実際に 2 直 16 時間操業

を実施したところ、出湯温度も 1823 K 以上保てること、出湯成分についても十分管理できることが分かった。表 5 に操業の状況について示した。現在は 20 時間の操業まで可能となっている。

さらに、6 気筒などの比較的素材重量の大きな小型スリーブ生産の増大に対応するため、水冷帯の定期的交換と同時に炉内径の拡大と送風ブロワの交換により、2.5 t/h キューボラを改造して 4 t/h キューボラに変更した。表 6 に改良前と改良後のキューボラの主要諸元を示す。以上のように、小型キューボラを使用して設備投資なしに 1 直(8 時間)操業から 2 直(16 時間)操業に延長でき、溶解能力を 1.6 倍に増大したことにより生産コスト 21% の低減が実現した。

3.2.2 造型工程

小型スリーブの生産に当たり生型造型を採用した。理由は、中型・大型ディーゼル機関のシリンダライナ・シリンダスリーブの生産で実績があり、多品種小量生産に

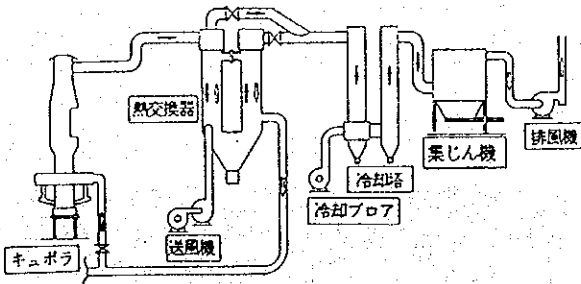


図 4 小型水冷熱風キューボラシステム

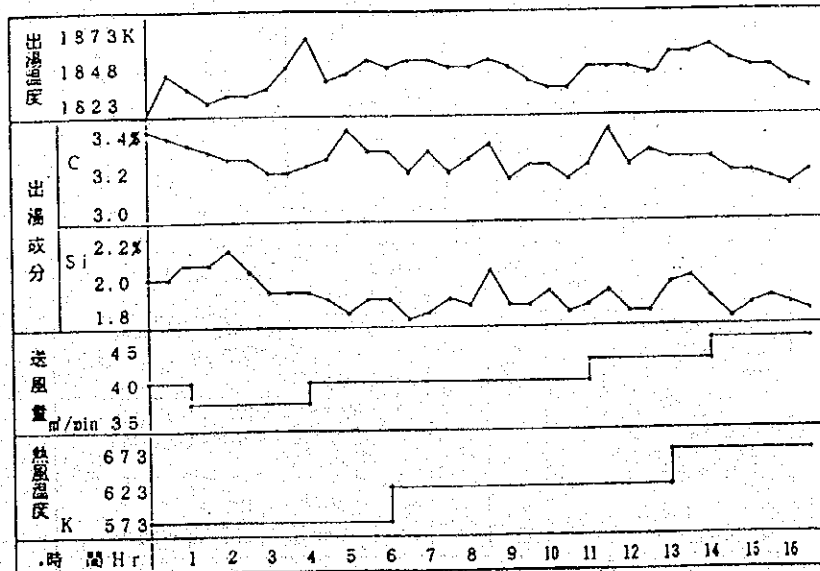
表 3 テストに供した耐火材の種類と性状

性状	ろう石	2 度焼き	SiC20%	SiC60%
耐火度 SK	27	28		
見掛け比重	2.52	2.44	2.35	2.83
かさ比重	2.13	2.05	1.95	2.45
気孔率 %	15.10	16~18	15.50	15.70
吸水率 %	7.40			
圧縮率 MPa	40.8	40.8	42.7	81.6
荷重软化点 K	1575	1578	1723	1833
熱膨張率 %	0.70			0.45
SiO <sub>2</sub> %	79.71	72~76	11	20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	15.48	20~24	1.70	15

表 4 耐火材使用予備テスト結果

れんが	検査時間	8Hr	10Hr	12Hr	14Hr
ろう石	侵食度	36mm	51mm		
	冷却温度	333K	332K	中止	中止
	評価	○	△		
2 度焼き	侵食度	21mm	50mm		
	冷却温度	322K	328K	中止	中止
	評価	○	△		
SiC20%	侵食度	60mm	65mm		
	冷却温度	333K	332K	中止	中止
	評価	x	x		
SiC60%	侵食度		30mm	20mm	49mm
	冷却温度	未実施	330K	331K	331K
	評価		○	○	○

表 5 長時間操業の状況



対応できるからである。この際、従来の中子使用の生産方式では1枠当たりの取り数に限界があるので、小型スリーブの素材を縦に中子一体で抜き上げる方法を検討し、表7に示した3通りの方法が考えられた。

C方で生産できれば中子を使用せずに生産ができ、中子使用の場合取り数が12個/枠であるが中子を使用しなければ24個/枠のレイアウトが可能である。しかし、本方案の場合抜け勾配を0.5度以下にしないと加工取代が増える問題が生じたので、当時1979年に発表されたばかりの静圧造型機に着目して中子なしの縦抜きによる抜型テストを実施し、以下のことが判明した。

(1) 生砂特性

表8に小型スリーブラインの適正な生砂特性を示した。全粘土分・活性粘土分をディーゼル用ラインに比べ高目に設定することにより中子部分の抜型不良発生防止とした。活性粘土分がMINを下回ると生型の強度不足

による抜型不良が発生し、活性粘土分がMAXを超えるとしみ付きによる抜型不良が発生する。

(2) ベントホールの位置と大きさ

図5にベントホールの配置を示す。静圧造型機であるためベントホールが必要となるが、中子部分のベントホール開口率が高過ぎても中子部分への砂の充てんが過ぎて金型との抜型抵抗が過大になり中子の抜型不具合が発生する。

(3) 金型の表面仕上げ状況

表8 小型スリーブライン生砂特性

	全粘土分	活性粘土分	水分	CB値	抗圧力	通気度
$\bar{x}$	14%	12%	4.8%	48	0.14MPa	120
MIN	13%	11%	4.3%	45	0.13MPa	110
MAX	15%	14%	5.3%	50	0.16MPa	150

表6 キュボラ主要諸元

溶断能力	2.5t/H	4.0t/H
砂中径	φ650mm	φ720mm
羽口	羽口径	66mm
	羽口数	6
	羽口比	16.2
送風プロア(メイン)	60m <sup>3</sup> /min×1450mAq	—
送風プロア(ブースト)	50m <sup>3</sup> /min×350mAq	60m <sup>3</sup> /min×1450mAq
送風量	37.5~42.5m <sup>3</sup> /min	65~75m <sup>3</sup> /min
熱風温度	573~673K	—

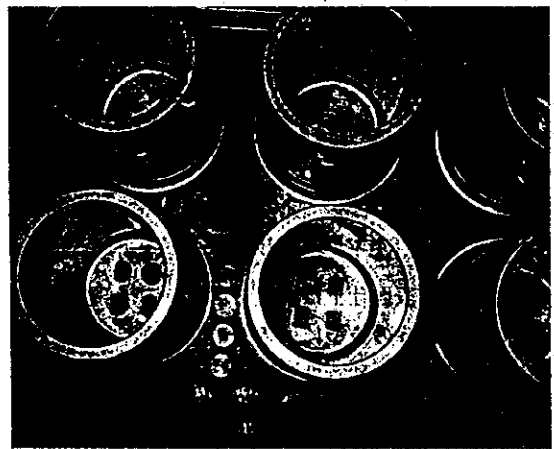
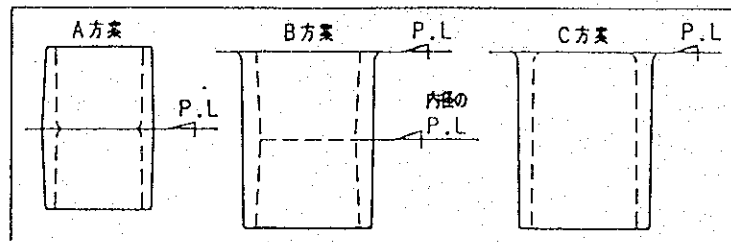


図5 ベントホール配置例

表7 小型スリーブ抜き上げ方法と評価



	作型	中子部分	中子部分	自作対応	備考
A 方案 素材の中央にP.L.設置	○	△	×	△	①中子の中央部にばりが発生 ②せきが素材の中央にあるため粗研が必要
B 方案 外周は一体 中子部分は2分割	○	△	○	×	①中子の中央部にばりが発生 ②ちみ上げ方案にして粗研なし可能
C 方案 外周部中子部とも 一体で抜き上げ	△	○	○	○	①造型時に100% 中子部分が抜き上げ可能か

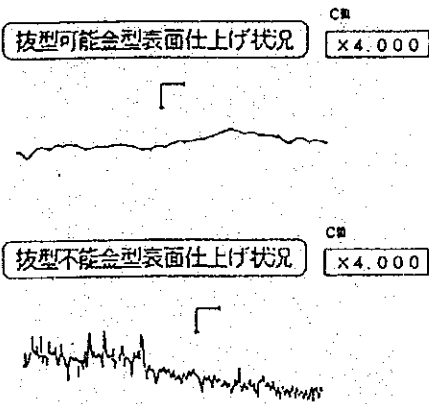


図 6 金型表面仕上げ



図 7 24 本取り縦抜きレイアウト

図 6 に金型の表面仕上げ状況を示す。内径部分の仕上げ状況は中子部分の抜型に大きく影響する。

以上のように、生砂特性の管理、ベントホールの位置と大きさの設定、金型の表面仕上げ状況の管理により、抜け勾配 0.5 度で 600×800 mm の枠サイズで 24 本の小型スリーブ素材の製造が可能となった。図 7 に 24 本取り縦抜きレイアウトを示す。

現在、本方法で抜型できるのは、内径寸法に対して全長が 1.8 倍までの素材であるが、小型スリーブの生産には全く問題がない。図 8 に抜型可能内径寸法と全長の関係を示す。

(4) 方案歩留り

従来の中子を使用した方案は、方案歩留り 65% 程度であった。図 9 に中子使用方案の素材重量と方案歩留りの関係を示す。小型スリーブの素材を中子を使用せずに縦に抜き上げる方案での製造により方案歩留りは 75% を超えるようになった。図 10 に縦抜き方案の素材重量と方案歩留りの関係を示す。方案歩留りが良くなったのは、中子入り方案では素材 2 本に 1 個の押湯が必要であったが、中子を使用せずに縦に抜き上げる方案の場合、素材 4 本に 1 個の押湯ですむレイアウトができたためである。図 11 に小型スリーブの押湯と素材の一つのブロックを示す。

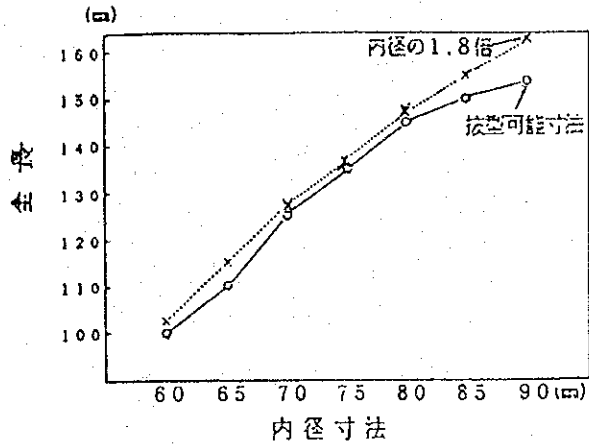


図 8 抜型可能内径寸法と全長の関係

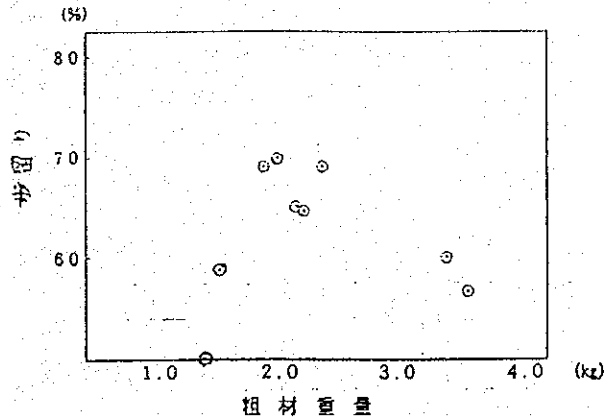


図 9 中子使用方案の素材重量と方案歩留りの関係

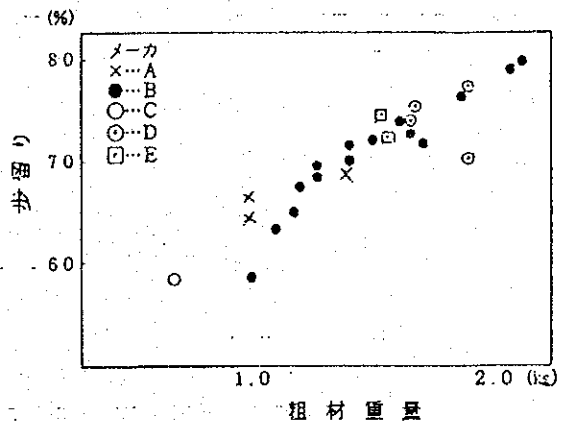


図 10 縦抜き方案の素材重量と方案歩留りの関係

(5) 試作対応

新型エンジンの開発時には試作品を作る必要がある。試作品の製作段階で 24 個取りの金型を作ることは費用がかかり過ぎる。また、短時間で作ることが難しい。試作品の場合は 1 本でも生産できることが必要である。本方案は、下型に素材、上型に押湯・湯道系があるため素材と押湯の堰の掛かり具合の調整ができれば、どのよ

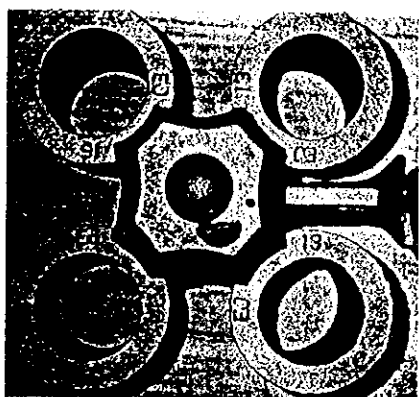


図11 小型スリーブ押湯と素材

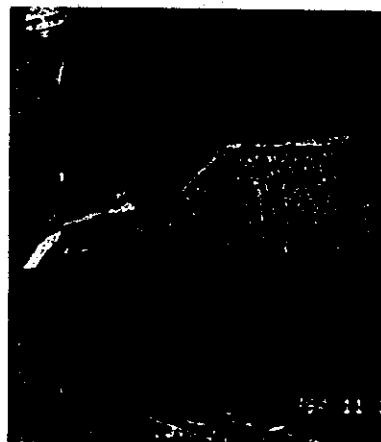


図13 扇形取鍋

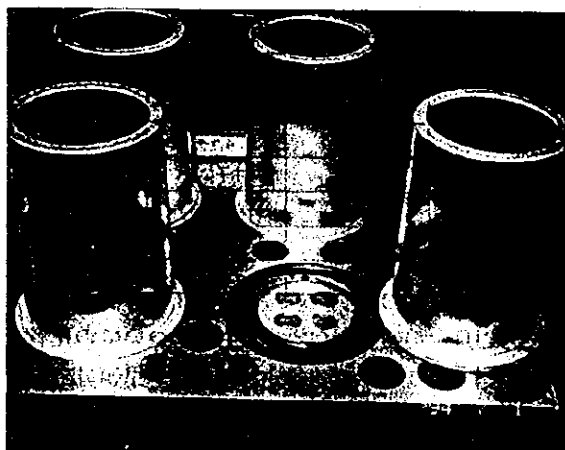


図12 試作時の対応方法

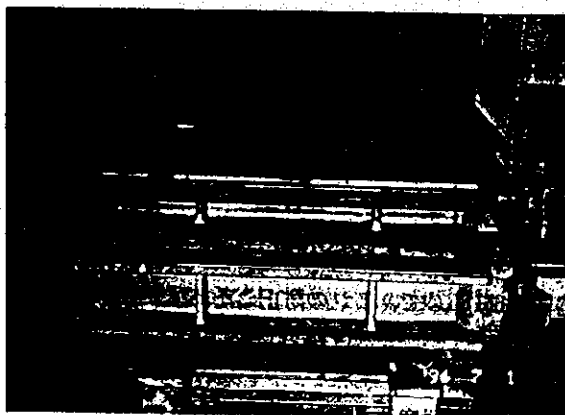


図14 枠合わせ後の鋳型の状態

うな試作品も製造可能である。試作品などの小ロット生産の場合には、図12に示すように量産金型のスリーブ1本分を取外し、堰の位置を合わせて試作の金型のセットにより、24本中1本でも2本でも試作品の量に応じて交換することで対応可能にしている。以上のように造型工程において一枠当たりの取り数を12本から24本にすることによるコスト低減37%、中子使用の廃止によるコスト低減7%、方案歩留りが60%から75%に向上したことによるコスト低減3%が達成された。

### 3.2.3 注湯工程

小型スリーブの場合、ほとんどが鋳ぐるみで使用されるが、シリンダブロックに鋳ぐるまれた後に、ホーニング加工が実施される。このホーニング加工後に小型スリーブに巣不良などの欠陥が発見されるとシリンダブロック全体が不良になってしまう。小型スリーブの使用数はエンジンの気筒数に応じて増えていくが、巣不良などの欠陥の発生する危険性も増えていく。このため品質に対する要求は高まっている。

小型スリーブの専用ラインを導入するに当たり専用の砂処理設備を導入したのは二つの理由がある。一つは小

型スリーブを中子なしで一体に抜き上げるために全粘土分・活性粘土分を他のラインに比べ高目に設定する必要であったこと、もう一つの理由は、砂型の強度を上げて砂の巻込みを防止することである。しかし、これらだけではなく巣不良などの欠陥防止として次のような対策を実施した。

#### (1) 注湯高さを一定にする

従来使用していたハンドル式の注湯取鍋は溶湯の残量によって注湯高さが変化する欠点があった。これの解決のため扇形の注湯取鍋を採用した。注湯高さが注湯始めと注湯終わりで変化せず、溶湯の落下距離が短くなるように設定した。図13に扇形取鍋を示す。

#### (2) 上枠の高さを低くする

小型スリーブは全長150mm程度あるため下枠の高さは250mmとしたが、上枠については押湯と湯道系のみであるため、上枠高さは150mmと低くした。図14に枠合わせ後の鋳型の状態を示す。

このようにして溶湯の落下距離を小さくして巣不良などの欠陥が発生しないように十分な注意を払った。このことにより8気筒などの気筒数の多いシリンダブロッ



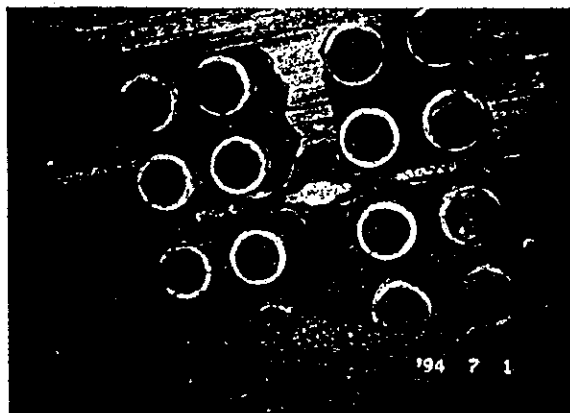


図 15 パンチアウト後の素材

クに採用されても品質的に満足できるものとなっている。以上のことにより合格率が 95% から 98% へと向上し 2% のコスト低減となった。

### 3.2.4 後処理工程

1 枠 24 個取りの小型スリーブが 50 秒/サイクルで製造される。図 15 にパンチアウト後の素材を示す。後工程の堰欠き作業が間に合わなかったり、粗研作業が追従できないと、堰欠き工程や粗研工程に負担がかかりラインが停止するので、これの防止のため以下の対策を実施した。

#### (1) 堰欠き工程の対策

方案がある程度ばらされて出てくるようにドラムクーラを導入した。これにより素材 4 個と押湯 1 個のブロックに分離されて堰欠き工程に出てくるようになった。また、堰の形状により押湯を 1 回たたくことにより粗材が 4 個に分離できるようにしたため、堰欠き作業者は 1 人でできるようになった。

#### (2) 粗研工程の対策

粗研工程は、50 秒で 24 個の素材を粗研するためには 2 秒/個の時間で実施する必要がある。これでは自動粗研機を何台も導入する必要があるので、堰の位置を素材の端面側にし、かつ、堰の形状をできるだけ小さくするという条件で、粗研なしで小型スリーブの素材を加工する方法を採用した。図 16 に加工機投入時の状況を示す。これにより粗研作業による工程に仕掛かりをなくせた。また、粗研作業の廃止により作業環境面も効果があり、これによるコスト低減効果は 9% となった。

### 3.3 効果のまとめ

小型スリーブ専用ラインの導入と各工程のポイントについて紹介した。その効果を、従来の中子方式での生産



図 16 加工機投入時の状況

表 9 従来方法と専用ラインの比較

	従来方法	専用ライン	コスト低減
1) キュボラ投薬	1 直	2 直	21%
2) 取放/枠	12本	24本	37%
3) 中子使用	中子使用	中子なし	7%
4) 方架滞留	60%	75%	3%
5) 合格率	95%	98%	2%
6) 粗研作業	あり	なし	9%

と小型スリーブ専用ラインでの生産についての比較を表 9 に示す。

## 4. 結 言

1981 年に 16 万本/月の小型スリーブの生産を目標として導入されたラインであるが、シリンダブロックのアルミ化が予想以上に進行し、現在 45 万本/月の生産になった。途中バブル景気による急激な増産に直面したが、これらに対しても小型キュボラの長時間操業(2 直化)などで対応し、生産設備を新規に導入することなく対処できたことは、大きな自信につながった。今後も小型スリーブの生産量は増加することが予想される。そして品質・価格・納期に対する要求は更に厳しくなると考えられる。現在、これらの要求に対し、更なる生産性の向上をめざしてラインの改造を実施している。その一つは、従来のエアシリンダからサーボモータを使用したサーボモータ化である。このことにより、省エネルギー・サイクルタイムの短縮・チョコ停の低減などの効果が実現しつつある。

日本国内だけでなく、世界を巻き込んだリストラの中で、品質・価格・納期を満足する鋳物作りに今後も努力する所存である。



## 12. 揚州工場における機械 加工精度・統計基礎資料



参考資料-12 揚州工場における機械加工精度・テストデータ (内径加工寸法)

NO. 1									
部品番号	粗加工寸法			中仕上げ寸法			仕上げ寸法		
	A点	B点	C点	A点	B点	C点	A点	B点	C点
1	0.105	0.1	0.11	0.045	0.05	0.04	0.03	0.035	0.03
2	0.1	0.1	0.09	0.04	0.06	0.04	0.03	0.035	0.03
3	0.11	0.105	0.102	0.04	0.04	0.03	0.01	0.015	0.01
4	0.11	0.115	0.095	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03
5	0.09	0.105	0.1	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
6	0.11	0.1	0.1	0.07	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04
7	0.09	0.09	0.095	0.065	0.05	0.045	0.06	0.045	0.025
8	0.115	0.105	0.105	0.04	0.055	0.04	0.035	0.05	0.03
9	0.1	0.1	0.09	0.045	0.055	0.05	0.035	0.045	0.025
10	0.1	0.11	0.1	0.06	0.06	0.055	0.035	0.04	0.04
11	0.105	0.11	0.09	0.05	0.05	0.04	0.04	0.035	0.03
12	0.12	0.115	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
13	0.11	0.115	0.095	0.04	0.045	0.035	0.035	0.035	0.02
14	0.07	0.11	0.095	0.05	0.05	0.035	0.05	0.04	0.02
15	0.105	0.105	0.095	0.045	0.045	0.04	0.03	0.04	0.03
16	0.12	0.09	0.11	0.04	0.055		0.035	0.04	0.03
17	0.08	0.09	0.095	0.05	0.045		0.02	0.03	0.03
18	0.1	0.11	0.1	0.05	0.06		0.03	0.035	0.035
19	0.1	0.1	0.08	0.04	0.055		0.03	0.05	0.04
20	0.1	0.1	0.1	0.03	0.035		0.02	0.03	0.02
21	0.12	0.1	0.11	0.04	0.045		0.03	0.025	0.015
22	0.1	0.11	0.09	0.04	0.04		0.05	0.06	0.04
23	0.11	0.11	0.1	0.055	0.06		0.02	0.03	0.015
24	0.1	0.11	0.09	0.05	0.045		0.04	0.04	0.04
25	0.1	0.1	0.1	0.05	0.065		0.045	0.055	0.045
26	0.13	0.1	0.1	0.025	0.04		0.03	0.05	0.04
27	0.12	0.1	0.1	0.05	0.05		0.045	0.045	0.035
28	0.1	0.1	0.1	0.03	0.04		0.03	0.035	0.025
29	0.11	0.1	0.1	0.055	0.06		0.05	0.05	0.04
30	0.1	0.1	0.1	0.04	0.055		0.035	0.05	0.05
31	0.12	0.1	0.1	0.055	0.07	0.07	0.055	0.055	0.05
32	0.11	0.1	0.1	0.02	0.025	0.005	0.01	0.03	0.03
33	0.12	0.11	0.11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
34	0.1	0.1	0.1	0.055	0.055	0.05	0.05	0.055	0.045
35	0.105	0.1	0.1	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.025
36	0.12	0.12	0.1	0.07	0.08	0.07	0.055	0.08	0.05
37	0.08	0.09	0.1	0.045	0.055	0.05	0.025	0.035	0.03
38	0.1	0.1	0.1	0.055	0.06	0.04	0.045	0.05	0.035
39	0.1	0.1	0.1	0.05	0.065	0.06	0.04	0.05	0.04
40	0.11	0.1	0.11	0.035	0.045	0.04	0.02	0.03	0.055
41	0.1	0.1	0.08	0.03	0.03	0.03	0.015	0.015	0.03
42	0.09	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04
43	0.12	0.11	0.11	0.04	0.045	0.04	0.035	0.04	0.02
44	0.1	0.11	0.09	0.035	0.05	0.045	0.03	0.05	0.03
45	0.1	0.11	0.11	0.055	0.055	0.055	0.045	0.045	0.035
46	0.11	0.11	0.11	0.035	0.035	0.04	0.02	0.025	0.025
47	0.1	0.09	0.11	0.03	0.03	0.03	0.025	0.025	0.02
48	0.105	0.1	0.105	0.04	0.045	0.05	0.045	0.045	0.03
49	0.1	0.11	0.11	0.035	0.04	0.035	0.03	0.035	0.025
50	0.1	0.1	0.09	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.025
合計	5.09	5.165	4.952	2.21	2.365		1.705	1.885	1.59
最大値	0.12	0.12	0.11	0.07	0.07		0.06	0.06	0.055
最小値	0.07	0.09	0.08	0.02	0.025		0.01	0.015	0.01
補正平均値	0.104	0.103	0.099	0.044	0.048		0.034	0.039	0.032
最頻値	0.1	0.1	0.1	0.04	0.04/0.055		0.03	0.05	0.03
最頻値(2)					0.055/0.06				
補正分散	0.000117	0.000049	0.000061	0.000124	0.00011		0.000146	0.000112	0.000097
補正標準分散	0.000119	0.00005	0.000062	0.000127	0.000112		0.000149	0.000115	0.000099
補正標準偏差	0.010798	0.006972	0.00782	0.011152	0.010476		0.01207	0.010606	0.009837
補正標準標準偏差	0.010908	0.007043	0.0079	0.011265	0.010582		0.012193	0.010714	0.009937
(補正個数)	1	0	0	0	1		0	1	0
SL	0.05	0.05	0.05	0	0		0	0	0
SU	0.09	0.09	0.09	0.03	0.03		0.035	0.035	0.035
工程能力指数	0.61	0.95	0.84	0.44	0.47		0.48	0.54	0.59

揚州工場における機械加工精度・テストデータ (内径加工寸法)

NO. 2									
部品番号	粗加工寸法			中仕上げ寸法			仕上げ寸法		
	A点	B点	C点	A点	B点	C点	A点	B点	C点
1	0.08	0.065	0.055	0.04	0.05	0.06	0.035	0.05	0.05
2	0.065	0.06	0.08	0.05	0.055	0.05	0.03	0.04	0.04
3	0.07	0.065	0.06	0.05	0.05	0.055	0.025	0.02	0.02
4	0.08	0.065	0.065	0.035	0.045	0.05	0.02	0.045	0.045
5	0.08	0.085	0.08	0.045	0.055	0.055	0.03	0.04	0.04
6	0.07	0.06	0.06	0.045	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03
7	0.07	0.06	0.07	0.03	0.04	0.04	0.015	0.035	0.035
8	0.08	0.08	0.08	0.02	0.035	0.045	0.01	0.035	0.035
9	0.07	0.065	0.065	0.05	0.03	0.04	0.01	0.035	0.035
10	0.07	0.065	0.065	0.03	0.03	0.045	0.02	0.04	0.04
11	0.065	0.06	0.08	0.025	0.035	0.03	0.02	0.03	0.03
12	0.08	0.07	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
13	0.08	0.05	0.05	0.02	0.035	0.045	0.04	0.05	0.05
14	0.075	0.08	0.08	0.03	0.04	0.035	0.025	0.035	0.035
15	0.07	0.08	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03	0.01	0.01
16	0.07	0.07	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04
17	0.07	0.07	0.065	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
18	0.07	0.07	0.06	0.02	0.035	0.035	0.01	0.03	0.03
19	0.085	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.065	0.065
20	0.09	0.085	0.08	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03
21	0.08	0.075	0.07	0.03	0.035	0.03	0.02	0.035	0.025
22	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.025	0.02	0.02
23	0.08	0.075	0.07	0.04	0.045	0.04	0.015	0.025	0.025
24	0.08	0.075	0.06	0.03	0.03	0.03	0.025	0.035	0.035
25	0.07	0.07	0.07	0.025	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
26	0.08	0.08	0.07	0.02	0.03	0.035	0.02	0.025	0.025
27	0.08	0.07	0.07	0.03	0.03	0.035	0.02	0.035	0.035
28	0.075	0.07	0.07	0.035	0.05	0.045	0.03	0.04	0.04
29	0.085	0.06	0.08	0.03	0.05	0.045	0.01	0.035	0.035
30	0.08	0.08	0.08	0.035	0.04	0.045	0.025	0.035	0.035
31	0.08	0.08	0.07	0.02	0.04	0.015	0.03	0.03	0.03
32	0.075	0.07	0.065	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
33	0.08	0.075	0.08	0.04	0.05	0.045	0.035	0.03	0.03
34	0.08	0.08	0.05	0.04	0.045	0.035	0.035	0.02	0.02
35	0.07	0.065	0.08	0.03	0.05	0.05	0.01	0.03	0.03
36	0.065	0.06	0.07	0.03	0.04	0.045	0.015	0.03	0.03
37	0.07	0.065	0.07	0.02	0.04	0.04	0.01	0.02	0.02
38	0.07	0.055	0.05	0.03	0.04	0.05	0.015	0.04	0.04
39	0.085	0.085	0.06	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04
40	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.035	0.04	0.04
41	0.08	0.075	0.08	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
42	0.08	0.08	0.07	0.03	0.025	0.02	0.005	0.015	0.015
43	0.07	0.065	0.06	0.12	0.09	0.06	0.085	0.03	0.03
44	0.085	0.07	0.07	0.05	0.05	0.055	0.04	0.05	0.05
45	0.085	0.07	0.07	0.045	0.045	0.04	0.04	0.04	0.04
46	0.065	0.06	0.07	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
47	0.08	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
48	0.08	0.07	0.055	0.05	0.055	0.055	0.04	0.045	0.045
49	0.065	0.08	0.07	0.035	0.05	0.035	0.02	0.02	0.02
50	0.08	0.075	0.065	0.04	0.045	0.04	0.03	0.025	0.025
合計	3.795	3.54	3.41	1.745	2.04	2.125	1.23	1.615	1.605
最大値	0.09	0.085	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.065	0.05
最小値	0.065	0.05	0.05	0.02	0.02	0.015	0.005	0.01	0.01
補正平均値	0.076	0.071	0.068	0.036	0.042	0.042	0.025	0.033	0.033
最頻値	0.08	0.07	0.07	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03
最頻値(2)								0.04	0.04
補正分散	0.000042	0.000068	0.000075	0.000124	0.000104	0.000119	0.000124	0.000081	0.000082
補正標準分散	0.000043	0.00007	0.000076	0.000127	0.000107	0.000122	0.000126	0.000082	0.000083
補正標準偏差	0.006457	0.008268	0.008646	0.011141	0.010221	0.01092	0.011134	0.008974	0.009039
補正標準標準偏差	0.006522	0.008352	0.008734	0.011254	0.010325	0.011031	0.011247	0.009065	0.00913
(補正個数)	0	0	0	1	1	0	1	1	1
SL	0.05	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0
SU	0.09	0.09	0.09	0.03	0.03	0.03	0.035	0.035	0.035
工程能力指数	1.02	0.80	0.76	0.44	0.48	0.45	0.52	0.64	0.64

揚州工場における機械加工精度・テストデータ (真円度・円筒度)

NO. 1	真円度				円筒度		
	粗リマ	中仕上	仕上		粗リマ	中仕上	仕上
1	0.0125	0.005	0.005	1	0.025	0	0.01
2	0.01	0.0125	0.005	2	0.01	0.015	0.01
3	0.0075	0.01	0.005	3	0.01	0.02	0.01
4	0.025	0.0125	0.0075	4	0.04	0.02	0.015
5	0.015	0.0125	0.0025	5	0.025	0.025	0.005
6	0.0075	0.0075	0.0025	6	0.015	0.015	0.005
7	0.03	0.0225	0.02	7	0.04	0.035	0.035
8	0.0075	0.0025	0.005	8	0.015	0.005	0.005
9	0.02	0.0075	0.0075	9	0.02	0.01	0
10	0.0125	0.01	0.0025	10	0.015	0.015	0.005
11	0.0125	0.01	0.01	11	0.025	0.01	0.005
12	0.0275	0.0075	0.005	12	0.05	0.015	0
13	0.0125	0.0075	0.005	13	0.015	0.015	0.01
14	0.035	0.005	0.015	14	0.05	0.01	0.02
15	0.0075	0.005	0.01	15	0.01	0.005	0.02
16	0.02	0.01	0.0075	16	0.03	0.02	0.015
17	0.025	0.02	0.01	17	0.035	0.03	0.005
18	0.0175	0.01	0.005	18	0.025	0.02	0.01
19	0.02	0.0075	0.0025	19	0.03	0.01	0.005
20	0.015	0.01	0.005	20	0.02	0.015	0.01
21	0.025	0.0075	0.0025	21	0.04	0.01	0.005
22	0.015	0.005	0.0175	22	0.03	0.005	0.025
23	0	0.0125	0.01	23	0.1	0.015	0.02
24	0.015	0.005	0.01	24	0.02	0.005	0.02
25	0.015	0.01	0.0075	25	0	0.01	0.01
26	0	0.0075	0.01	26	0.09	0.01	0.01
27	0.0125	0.005	0.0025	27	0.015	0.005	0.005
28	0.005	0.0025	0.01	28	0	0	0.015
29	0.0075	0.0025	0	29	0.01	0.005	0
30	0.005	0.0025	0.0225	30	0	0.005	0.035
31	0.025	0.01	0.005	31	0.03	0.02	0.015
32	0.0075	0.0025	0.015	32	0.02	0	0.02
33	0.005	0	0.0025	33	0.01	0.0025	0
34	0.0075	0.01	0.01	34	0.005	0.01	0.005
35	0.0125	0.005	0.0075	35	0.01	0.01	0.015
36	0.015	0.01	0.02	36	0.03	0.01	0.03
37	0.03	0.0025	0.0025	37	0.05	0	0.005
38	0.015	0.01	0.0025	38	0.02	0.015	0
39	0.005	0.01	0.01	39	0.01	0.005	0.01
40	0.01	0.0075	0.0175	40	0.01	0.015	0.03
41	0.035	0.01	0.0075	41	0.06	0.02	0.01
42	0.0075	0.015	0.0075	42	0.01	0.03	0.015
43	0.0075	0.0075	0.01	43	0.02	0.015	0.01
44	0.0075	0.0125	0.01	44	0.02	0.01	0.015
45	0.005	0.005	0.005	45	0.01	0.005	0.005
46	0.015	0.0125	0.0075	46	0.02	0.015	0.01
47	0.015	0.005	0.005	47	0.015	0.01	0.005
48	0.0075	0.005	0.01	48	0.01	0.005	0.02
49	0.005	0.0075	0.005	49	0	0.01	0.005
50	0.025	0.005	0.005	50	0.04	0.01	0.01
合計	0.7025	0.4075	0.395		1.02	0.5975	0.58
最大値	0.035	0.0225	0.0225		0.06	0.035	0.035
最小値	0	0	0		0	0	0
補正平均値	0.01405	0.00815	0.0079		0.02125	0.01195	0.0116
最頻値	0.0075	0.01	0.005		0.01	0.01	0.005
補正分散	0.000074	0.000018	0.000026		0.000203	0.000061	0.000075
補正標準偏差	0.008601	0.004296	0.005059		0.014234	0.007799	0.008686
補正標本分散	0.000075	0.000019	0.000026		0.000207	0.000062	0.000077
補正標本標準偏差	0.008688	0.004339	0.00511		0.014378	0.007878	0.008774
(補正個数)	0	0	0		2	0	0

揚州工場における機械加工精度・テストデータ (真円度・円筒度)

NO. 2	真円度				円筒度		
	粗リーマ	中仕上	仕上		粗リーマ	中仕上	仕上
1	0.0225	0.005	0.0025	1	0.035	0.005	0.005
2	0.01	0.015	0.01	2	0.01	0.03	0.01
3	0.02	0.01	0.0075	3	0.01	0.02	0.015
4	0.0175	0.01	0.005	4	0.025	0.01	0.01
5	0.01	0.005	0.005	5	0.015	0.01	0.01
6	0.01	0.005	0	6	0.015	0.005	0
7	0.02	0.01	0.0175	7	0.02	0.015	0.035
8	0.01	0.0075	0.0125	8	0.02	0.015	0.025
9	0.0125	0.01	0.01	9	0.01	0.005	0.02
10	0.02	0.0125	0.0125	10	0.02	0.025	0.025
11	0.025	0.01	0.005	11	0.045	0.01	0.01
12	0.005	0.01	0.01	12	0.005	0.02	0.02
13	0.03	0.0175	0.0025	13	0.04	0.03	0.005
14	0.0075	0.0075	0.005	14	0.005	0.005	0
15	0.02	0.0075	0.0175	15	0.02	0.01	0.035
16	0.0075	0.015	0.0075	16	0.01	0.03	0.005
17	0.0075	0.005	0	17	0.01	0.01	0
18	0.015	0.005	0.01	18	0.01	0.005	0.02
19	0.0125	0.02	0.02	19	0.02	0.02	0.005
20	0.0025	0.0025	0.0075	20	0.005	0.005	0.01
21	0.0025	0.005	0.0075	21	0.005	0.01	0.015
22	0.015	0.0175	0.005	22	0.01	0.015	0.01
23	0.005	0.0025	0.005	23	0.01	0	0.005
24	0.015	0.005	0.01	24	0.025	0.01	0.015
25	0.01	0.0025	0.0075	25	0.015	0.005	0.005
26	0.005	0.0025	0.005	26	0.01	0.005	0.01
27	0.01	0.005	0.0075	27	0.01	0.01	0.01
28	0.0125	0.0025	0.005	28	0.005	0.005	0.01
29	0.02	0.0125	0.015	29	0.035	0.015	0.025
30	0.01	0.0125	0.0125	30	0.02	0.01	0.025
31	0.005	0.01	0.005	31	0.01	0.02	0.01
32	0.0075	0.01	0.01	32	0.01	0.02	0.01
33	0.0075	0.0075	0.005	33	0.015	0.01	0.01
34	0.015	0.0075	0.0075	34	0.03	0.01	0.015
35	0.0225	0.015	0.0125	35	0.035	0.025	0.025
36	0.015	0.0025	0.01	36	0.02	0.005	0.015
37	0.015	0.01	0.0075	37	0.02	0.02	0.015
38	0.0175	0.0125	0.0175	38	0.015	0.02	0.03
39	0.015	0.005	0.0175	39	0.025	0.01	0.01
40	0.005	0.0025	0.0025	40	0.01	0.005	0.005
41	0.0075	0.005	0.005	41	0.015	0.01	0
42	0.01	0.005	0.0025	42	0.02	0.01	0.005
43	0.01	0	0	43	0.01	0 0.06	
44	0.005	0.0075	0.01	44	0.005	0.01	0.015
45	0.01	0.0075	0.01	45	0.015	0.01	0.015
46	0.015	0.005	0.0075	46	0.03	0.01	0.015
47	0.0025	0.0075	0.005	47	0.005	0.015	0.01
48	0.0175	0.005	0.005	48	0.03	0.01	0
49	0.02	0.015	0.0025	49	0.02	0.015	0.005
50	0.0075	0.0125	0.005	50	0.005	0.005	0.005
合計	0.62	0.41	0.395		0.84	0.61	0.61
最大値	0.03	0.02	0.02		0.045	0.03	0.035
最小値	0.0025	0	0		0.005	0	0
補正平均値	0.0124	0.0082	0.0079		0.0168	0.0122	0.012449
最頻値	0.01	0.005	0.005		0.02	0.01	0.01
補正分散	0.00004	0.000021	0.000023		0.000099	0.000055	0.000077
補正標準偏差	0.006324	0.004584	0.004779		0.009938	0.007427	0.008755
補正標本分散	0.000041	0.000021	0.000023		0.000101	0.000056	0.000078
補正標本標準偏差	0.006388	0.00463	0.004828		0.010039	0.007502	0.008844
(補正個数)	0	0	0		0	0	1



### 13. 機械加工の近代化計画・ 加工1案～4案の補足説明



「機械加工の近代化計画“加工1案～加工4案”についての補足解説」

1) 加工1案-設備レイアウトと生産方式の変更

現状での問題点に対する当面の改善点・対応策は前述したので、こゝでは、時系列的に分けた近代化計画を提言する。

a. 所要加工時間

当面の対策で処理しきれない問題点に対応し、且つ将来の高度な自動化、生産効率及び経済性をも考慮したものとする。端的に言う「生産の流れを作る」ことで、1ヶのライナーが前工程から次工程へとつながり、初工程から最終工程まで、切れ目のない状態を保つことが基本思想である。この場合、工程間の滞留品は1～2本を厳守することになる。

因みに二車間の粗加工工程を省略し、三車間の95系列を例に取ると表1のようになる。

表1 95系列の所要加工時間

工程No	工程名称	加工時間	手作業含むサイクル	サイクル80" とした 所要台数比
5	外径・端面中仕上げ加工	01分05秒	70秒	1
6	水切板の旋削り仕上げ加工	01 04	70	1
7	内径リマ仕上げ加工(2軸)	02 15	$150/2 = 75$	1
8	外内径・端面仕上げ加工	01 16	85	1
9	溝加工・センター長手加工	50	60	1
10	内径粗仕上げホニング	30	75 (含測定)	1
11	内径中仕上げホニング	30		
12	外径研磨	01 30	90	1
13	内径仕上げホニング加工	20	30	1/2

b. 製品の流れ

図1のように現状レイアウトaを、bのように変更した縦の流れとして一本ずつ流す工程間の仕掛りは1～2本を厳守し、サイクルタイムは1.2分～1.5分とする。

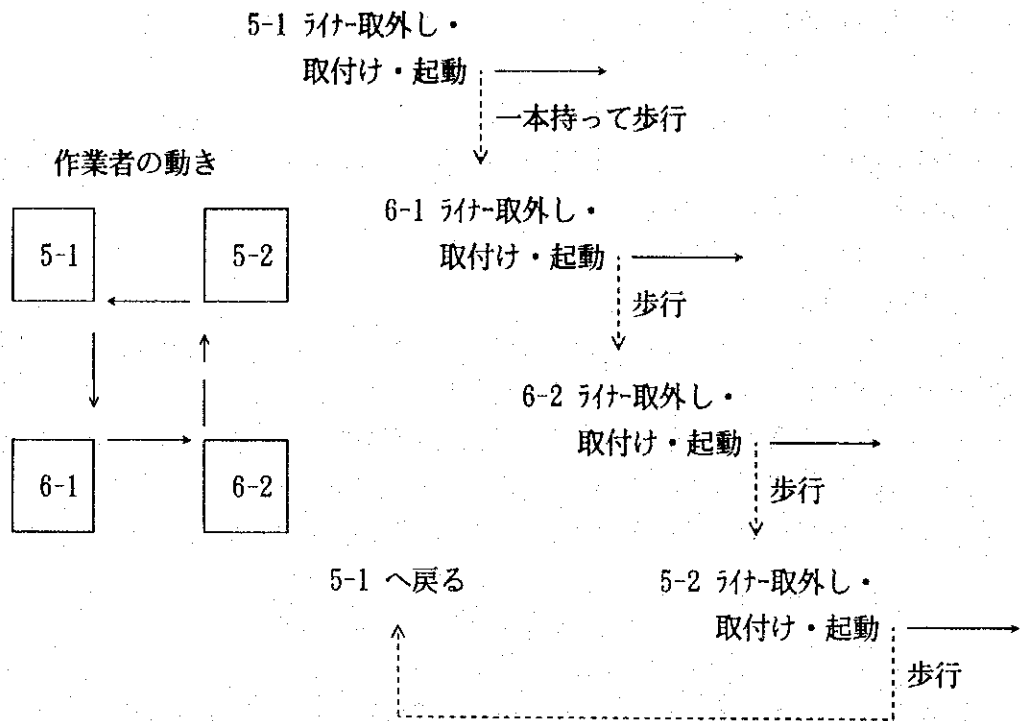
c. 作業者の働き

作業者の働きは、研磨工程、即ち10+11、12と13の工程は手動であり、一人一台の作業であろう。その他の工程5、6、7、8と9は全自動サイクルとなる。もし汎用旋盤で機械送りの手作業の設備があれば、油圧・手動に改造すれば良い。即ち送りネジを外し、油圧シリンダーに切替え油圧タンクを備えたユニットを装着する。改造は社内実施する。

また加工物のクランプが機械式の場合も油圧方式に替える必要がある。

この結果、作業者の手作業は製品の取り付け、取り外し、起動ボタン操作のみとなる。

(例)



このような方式を取れば、機械が自動サイクルとなり、手作業が簡単であり、70～90秒サイクルであれば一人4～5台の機械操作が容易となる。7、8および9工程も同様であり、組み合わせを工夫すれば良い。

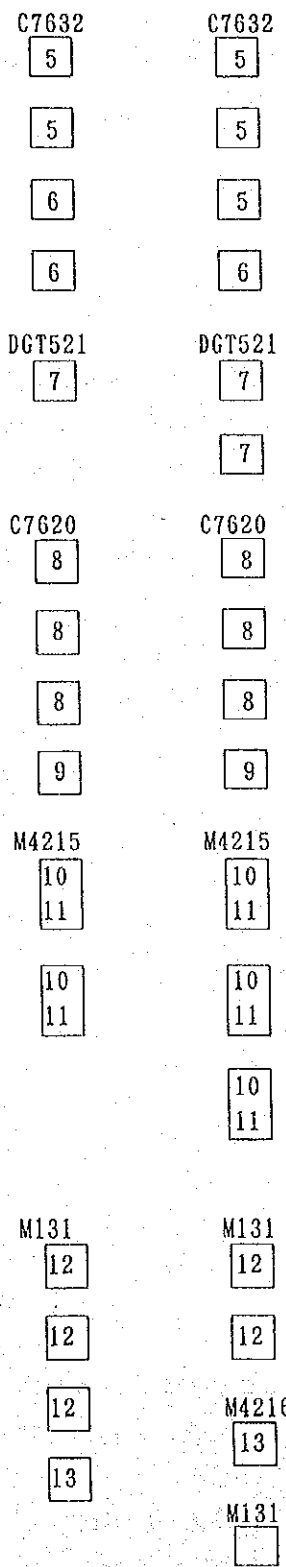
以上は飽くまで、配列や組み合わせの概要であり、これを十分理解した上、現実的な配列や組み合わせを考えなくてはならない。

#### d. 作業の分担

現在は、研磨工程は測定しつつ、手作業を行うため、熟練者を当てる必要があるが、その他の工程は単純工程なので未熟練者でも良い。但し、刃具の交換と寸法決めは専任者を当て、高度の熟練者として機械の整備・調整をも分担する。各工程の品質の責任は、この専任者が追うことになる。なお刃具の取替えは、予め交換のサイクルを決めておき、休憩時間を利用して一斉に行う。

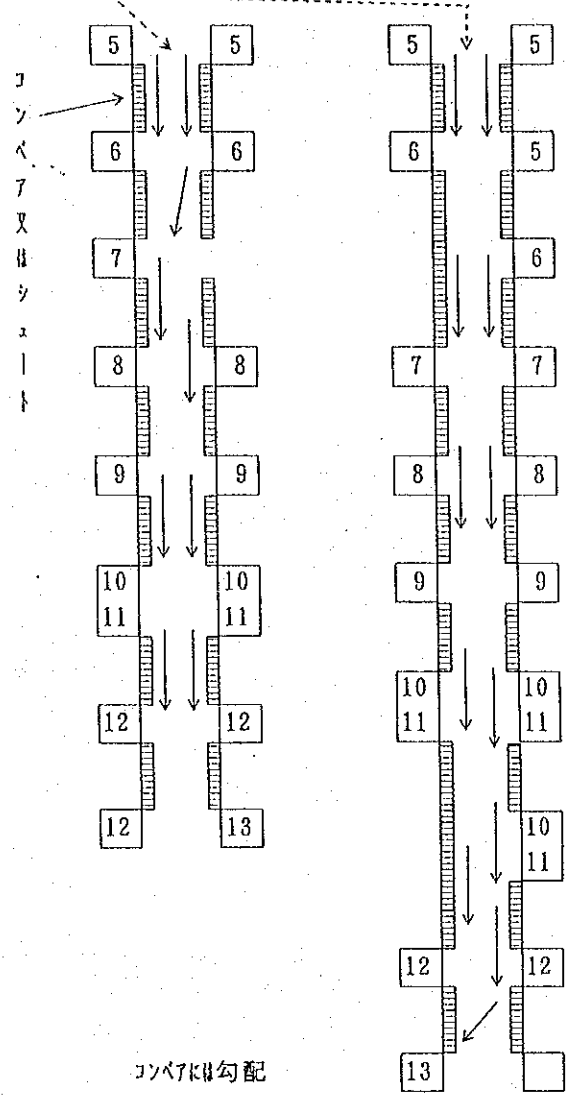
#### e. 製品の運搬

工程間にはローラーコンベアまたはシュートを補助手段として、作業者が次工程への歩行時に運ぶかローラーの傾斜によって自走させる。この場合、搬送と機械への取り付け高さは差がないようにすることがポイントである。機械加工において、製品は高低差ない移動できるのが基本である。特に、機械への取り付け高さが一定であれば、自動搬送（ロボット）を導入した場合でも設備費は安くなる。目下の処、不良と労働力の低減に役立つ。即ち、仕掛りを次工程へ容易に移動でき、製品に打痕や傷が付く心配は皆無となり、従来のように大量に仕掛品を台車に積み、きつい思いをしながら移動する手間も不要となる。



三車間の現在の配列

製品の流れ



改善された配列

図1 現有機械の配置換え（加工1案）

#### f. 中間検査

作業の組み合わせを密に行っても、必ず手待ちが生ずるところがある。それを利用して中間検査を行うのが良い。また必要ならば、手待ちがなくとも検査工程を敢えて設け、加工工程と同一の重要度で扱い、不良品の早期発見や未然の防止を図る。

#### g. 本方式採用の理解を深めるためのQ&A

旧習慣を打破する改善・改革については、常に保守的な人々からの抵抗と誤解に基づく反対が付きまとうものである。主な反対理由は以下の如くとなろう。

〔問1〕 設備は貴重なものであるから完全稼働させて1ヶでも多く作るべきである。

〔答1〕 ある工程の加工の能力が高いから、他の製品業種と併用するという場合は、正にこの質問の通りで、他機種少量生産の様式である。（ただし、流れ生産に十分熟達してきた時は、なるべくライン化したい）

95系統および4102ではネタの製品機能と混用して加工する訳ではない。ライナーの製作数は、ネック工程の加工数で決まってしまう。他の工程は作りたくても作れないので、手待ちを生ずる点では本案と違いはない。一個ずつ小刻みに手待ちが出るのと、まとめて手待ちになるという差異でしかない。（図2）

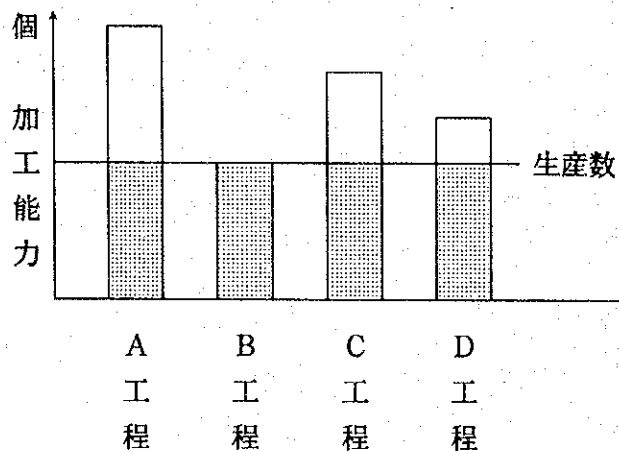


図2 生産数と機械稼働率の関係模式図

〔問2〕 ネック工程だけ残業すれば良い。他の工程まで一緒に残業するのは不合理。

〔答2〕 それぞれの工程の生産能力は、大体平均化されており、残業を必要としない工程は数少ない。従って、大部分の工程が残業することになる。

残業の経費は、主として労務費と動力費であろう。労務費については一人で多工程を受け持つ、即ちネックの工程の人が他の工程まで受け持つので、原則的には増えない。動力費も生産数に相違がなければ、機械の稼働時間は原則的に同じとなる。つまり、1000本/日の加工数に変わりがなければ、どちらも1000本分の稼働時間となる。強いて言えば補助動力費、光熱費が多少増えるかも知れないが、その分は他の効用によって十分補える。

〔問3〕 多工程を受け持つことは、労働者に余計な負担を強いるものだ

〔答3〕 工作機械が手動の場合、作業者が機械に張り付いて、操作しながら加工を進めるので、その場から離れることはできない。

一方自動盤では、加工は全て機械が行い、作業者は製品の取り付け、取り外しと押しボタン操作のみで、後は機械の行う加工を待つだけである。

これは、待ち時間を旨く利用して、4台でも5台でも機械に命令を与えてやれば良いし、寸法測定が必要ならば中間測定の形で正規に入れるべきである。

決して、余裕時間を利用してなどと消極的乃至サービスという考え方ではなく必要な工程として、積極的に遵守させるべきである。

一頭立てと四頭立ての馬車を比べた場合、後者の御者は前者の4倍の労働をしているとは言わないであろう。最もそれに相応しい技能を磨く必要があるが機械の場合は関係ない。

〔問4〕 ラインの中の、例え一台でも機械が故障したら、全部が止まってしまう

〔答4〕 全くその通りであり、一台止まれば大騒ぎになる。従って不断の予防保全が必要不可欠となる。現行では、この重大さが作業員全員に伝わらず、損失を見逃してしまうのである。このことが、全員参加の設備保全 (Total Productive Maintenance:TPM) の考え方である。

以上から一本流し生産の効果を現状の方法と比較して下記に示す。

- ①生産数 (完成品) の把握が楽になる (スタッフが管理しやすい)
- ②不良品の発見が早くなり、原因もつかみやすい
- ③刃具交換の専任技能者と作業者を分けることで、人為的ミスを減少できる
- ④新人作業員の訓練が容易となる
- ⑤必然的に合格率が向上する
- ⑥前後の工程が拘束される為、作業員の技能差による遅速がなくなり、生産が安定する
- ⑦作業員各人が完成数を意識するようになる
- ⑧設備の予防保全に注力せざるを得なくなり、故障回数が減少する
- ⑨目立たなかった無駄が見えるようになる

本提案は生産性と品質を包含した合理化の原点であり、多額の費用を必要としない、実現可能なプロセスである。また、次の近代化ステップに向けての基本となり、設備新設による近代化が実行される。

## 2) 加工4案の機械内容の説明

近年になり、製品単価の中に占める労務費の高騰と熟練技能者の減少を補うため、ATC付CNC機械とロボットによる品物の搬送および機械の取付け、取外し、加工品の自動計測と工具補正等の導入を計画し、品質の安定とコストの低減と安定を図っている。

上記の①および②については、揚州工場において既に一部採用しているので、ここでは自

動搬送と自動ローディング、アンローディング、自動計測を取入れたCNC旋盤を主体としたラインについて述べる。

#### ①旋削加工、ホーニング加工ライン

##### a. 旋削加工ラインの機器構成

- ・CNC横型旋盤 4台 (タレット刃物台 12本用)
- ・ローダー1ビーム縦横2方向用ハンド付きキャリー 2
- ・集中クーラント・チップコンベヤー
- ・機外計測装置 1セット

##### b. ホーニングライン

- ・テーブルチェンジャー付き  
ホーニング盤 1~2台
- ・ローダー 1ビーム  
キャリー 1機
- ・クーラント装置
- ・機外計測装置 1セット

#### ②ラインの各機器の仕様

図3に本提案ライン構成詳細を示す。これらの各機器の仕様は次のようになっている。

##### ・A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> : 材料ストッカー

材料は図の如くストッカーに並べて置く。ストッカーには材料内径の位置決め用のボスを付け、ローダーのキャリー爪が隣の品物に干渉しないようにする。

##### ・B : 材料の一時置場

ストッカーから材料を取出し、前の材料の1工程が終わる迄一時待機させて置く。1個を加工機械の近くに置くことにより、キャリーの移動時間が減少できる。ストッカーからの持出しは前からの被加工物の加工中に行うようにプログラムを組む。

##### ・C : 反転装置

前加工で、先ず他面を加工する為に被加工物を180°反転させると共に待機させる。

##### ・D : CNC旋盤

##### ・E : 機外計測装置

機外計測装置では図中の3ヶ所を計測して「D<sub>3</sub>D<sub>4</sub>」の工程機に補正値をフィードバックする。計測で不良の時は、単独で払出しをする。

##### ・F<sub>1</sub> : 縦横2方向付き2キャリーローダー 全長約20m

##### ・F<sub>2</sub> : 1キャリーローダー 全長約5m+α

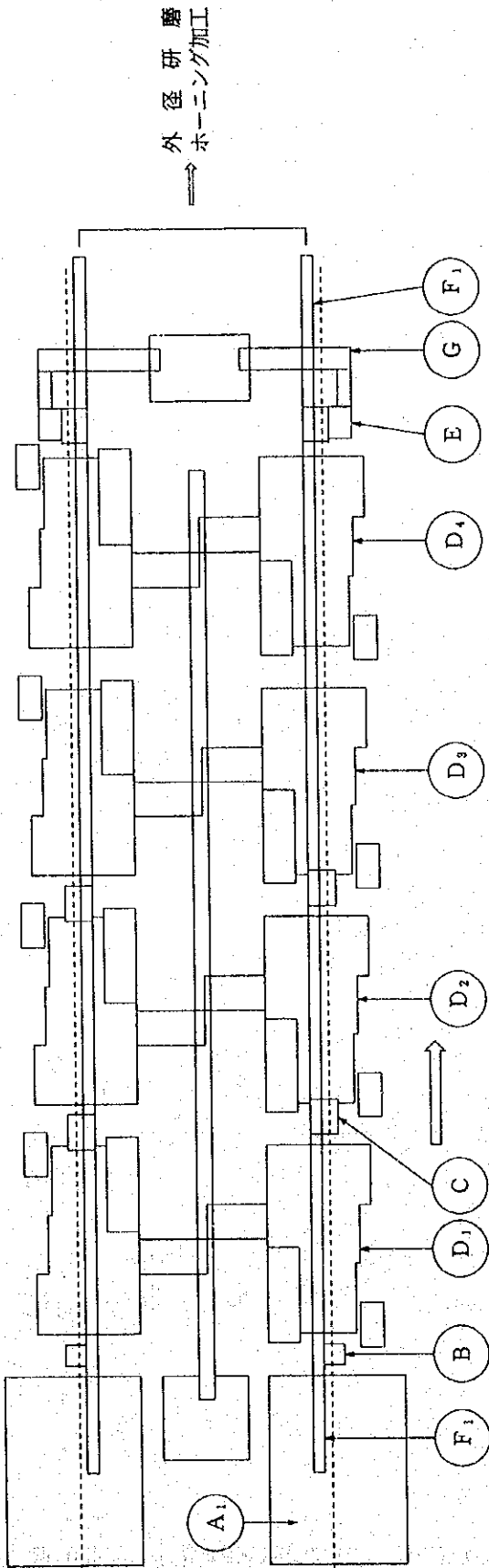
##### ・G : 加工不良品OUTコンベア

Eの機外計測器で精度不良となった加工品の払出しを行う。

##### ・H : テーブルチェンジャー付ホーニング盤

##### ・I : 集中クーラント・チップコンベア





	第1工程 (D <sub>1</sub> )	第2工程 (D <sub>2</sub> )	第3工程 (D <sub>3</sub> )	第4工程 (D <sub>4</sub> )	第5工程 (E)
加工箇所	内径加工	外径・端面加工	内径仕上げ	端面・外径仕上げ	検査
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・油圧6爪チャック</li> <li>・クーラントエアブロー切替</li> <li>・チャック高低圧切替</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コレットチャック</li> <li>・先平回転センター</li> <li>・チャック高低圧切替</li> <li>・芯押推力高低圧切替</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フィンガーチャック</li> <li>・クーラントエアブロー切替</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コレットチャック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・切込取出装置</li> </ul>

図3 シリンダーライナー全自動加工ライン (加工4案)

機械のカバーの外に切粉が出ないようにすると共に、工程での加工が終わった時、主軸の内部よりエアを噴射し、主軸内の切粉を除去すると共に、切換により、チャックや品物の内径に付着した切粉を洗浄する。本体からの切粉はマグネティックローラーで集中クーラント・チップコンベア（スクレパー式）に集め、切粉およびクーラント槽に送る。クーラント槽はクーラント液中の微細な切粉を除去するためマグネットまたは遠心分離機を備えている。

・J：ホーニング用クーラント液排出樋

大体機械用と等しいが、切粉の堆積をなくすため、傾斜をやや強めに取る。

上記中「H」のホーニング盤はホーニング時間を60秒とし、ホーニングヘッドの圧力切換を5秒、ワークの交換を10秒とすると、旋削ラインのサイクルタイムが約2分40秒なので機械に待ち時間が発生するが、量産の場合、旋削ライン2ラインとホーニング盤1台をセットにするとラインバランスが取れる。

### ③切削加工工程および加工条件

製品の精度および加工時間を左右するのは最終工程の前加工の旋削（現状の当工場ではリーマによる穿孔加工を含む）加工である。そこでこの旋削加工を少し詳細に検討し、加工条件を選定し、所要時間を算定した。その検討を次に示す。時間算定には切削の始めと終りに各1mmの余裕を取った。また粗材は、ノロ、スラグ、砂の焼付、バリ等は完全に取れているものとし、削り代は片肉3～4mmとして計算した。

精度については旋削加工公差を

内、外径公差	: 0.03mm以下
円筒度	: 0.03mm以下
真円度	: 0.03mm以下

としたが、JISでは、大体この1/2の精度を目標としている。

これらの加工に使用する切削工具は、カムロックおよびクランプ式のスローアウェイ方式のバイトとし、切刃の材質は鏝裏仕上げと帯部溝加工は超硬を使い、他は窒化チタンまたはセラミックのコーティング材とした。粗削、中仕上げ、仕上げ加工で、それぞれ切刃先端Rおよび切刃のホーニングを変えている。

旋削ライン設定に際し最も注意を払ったのは、取付けの際の変形で、特に中仕上げ以降の加工での加工歪や取付けによる変形をなくすために、チャックの把握力を高圧から低圧に切り換えたり、切削条件を変えて加工するようにした。

### 3) 加工4案ライン—自動化ライン

#### ①ラインの組合せ

自動化のための1単位について述べたが、この単位では1日に20時間稼働として450個生産可能である。即ち1ヶ月25日稼働とすると、11,250個生産能である。しかし量産の場

合、ただ単にライン数のみ増すのではなく、ラインの組合せによる設備費の低減も考慮しなくてはならない。

図4は、前述の「旋削加工・ホーニング加工ライン」を2ライン背中合わせに設置した全自動加工ラインである。このような形にラインを設置することによって、

- a. ホーニング盤が1台で良く、設備費の削減とラインバランスが取れる。
  - b. 集中クーラント・チップコンベアが少しの容量増で1セットで済む。
- 等が考えられる。

## ②ラインバランス

量産のための設備計画を進める理由は、如何に早く、安く、良い物を作るかであるが、早く、良くだけ考えると、製品のモデルチェンジや生産量の変化に対応できず、柔軟性のないシステムとなってしまう。ある程度機械に自由度を持たせ、状況に合わせた対応ができるようにしなければならない。

この検討を進めるのに先ず考えることはラインバランスである。即ちどこまでを一台の機械で加工し、どこから他の機械に移し、どんな被加工物（同種）が投入されてもラインバランスを崩すことなく機械を稼働させられるのか、ということである。

### a : 工程設計

品質、機械の操作を最良な状態にするには、どのような手順で製品を作り上げていくかを先ず決定する。

### b : 加工条件

機械台数と機械の型式を決めるには、加工物の取付法と切削の条件が大きく影響を与える。例えば外径φ 100mm、長さ210 mmの鋳鉄を切削速度100m/min (40分寿命) で超硬工具を用いてそれぞれ削るのに、送りを1回転当り0.2 mmとするか、0.3 mmがで切削時間は3秒と2秒になる。

また、工具材質をセラミックあるいは窒素チタンとすると切削速度は300m/min以上となり、送りを0.15mmにしても、切削時間は1.5秒となる。

このように工具材質を変えたり、同じ材質の工具でも送りを変えたりすることによって加工時間は変わってくる。因みに日本国の自動車関連企業では、製品の機械加工単価を1秒いくらで計算しているところもある。

加工条件には加工物の取付、取外し、計測も含まれる。それらを人手によるか、ロボットを導入するかも検討しなくてはならない。

